КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

XXVI ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ НАУЧНЫЙ СЕМИНАР, ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА

Казань, 6-7 декабря 2022 г.

Материалы докладов

В трех томах

Том 2

Направление: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

СЕКЦИЯ 1. Атомные и тепловые электрические станции

УДК 661.183.12

ПРОТИВОТОЧНАЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ИОНООБМЕННЫХ ФИЛЬТРОВ

Олег Евгеньевич Бабиков[1], Наталия Дмитриевна Чичирова[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]Olegsey1998@yandex.ru, [2]ndchichirova@mail.ru

Аннотация. Применение современных ионообменных технологий на тепловых электрических станциях позволяет получать питательную и подпиточную воду высокого качества. В данной статье рассмотрены способы противоточной регенерации ионитов, выделены основные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: водоподготовка, ионообменные смолы, ионообменный фильтр, регенерация, регенерационный раствор, тепловые электрические станции.

ION-EXCHANGE FILTERS COUNTER-CURRENT REGENERATION

Oleg E. Babikov[1], Natalia D. Chichirova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]Olegsey1998@yandex.ru, [2]ndchichirova@mail.ru

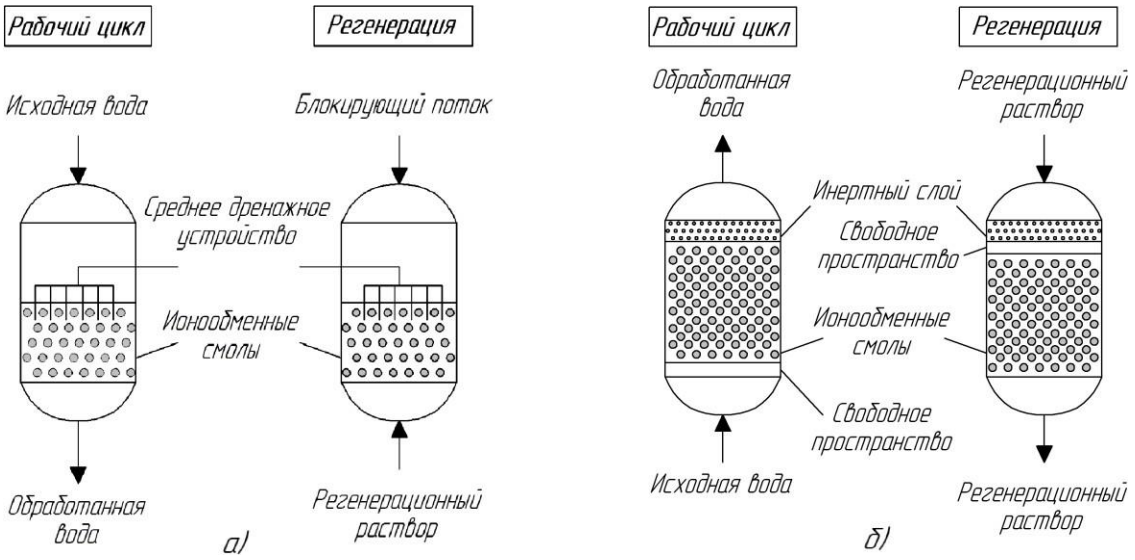
Abstract. The use of modern ion-exchange technologies at thermal power plants makes it possible to obtain high-quality feed and make-up water. This article discusses the methods of counter-current regeneration of ion exchangers, the main advantages and disadvantages are highlighted.

Keywords: water treatment, ion-exchange resins, ion-exchange filter, regeneration, regeneration solution, thermal power plants.

В процессе противоточной регенерации потоки регенерационного раствора и отмывочных вод имеют противоположное направление. Отмывочные воды проходят сначала через слои наиболее регенерированных ионообменных смол, чем обеспечивается высокое качество очистки ионитов и уменьшение расхода необходимого количества отмывочных и регенерационных потоков.

Особенностями конструкции противоточных фильтров являются создание плотного слоя ионитов и обеспечения отсутствия перемешивания

слоев при ионообменных процессах и регенерации [1]. Это существенно повышает стоимость оборудования, усложняет конструкцию и увеличивает затраты на эксплуатацию. Существует несколько основных вариантов ионообменных фильтров с противоточной регенерацией (см. рисунок) [2].



Принцип работы и регенерации противоточных ионообменных фильтров: а) с внутренней блокировкой слоя ионита, б) по технологии Schwebebett

Первым вариантом исполнения являются ионитные фильтры с внутренней блокировкой слоя ионита. В 1960-х годах компания «Steinmulfer GmbH» разработала и успешно протестировала фильтры, в которых регенерация ионитов осуществлялась снизу вверх, подача отмывочных вод осуществлялась сверху вниз, а также проводилась блокировка ионообменного слоя с помощью подачи воды или воздуха под давлением с верхней части фильтра [3]. Данная конструкция фильтров имеет некоторые недостатки, среди которых большой расход воды на собственные нужны при блокировки ионообменного слоя для предотвращения перемешивания слоев ионита. Несмотря на это, по сравнению с прямоточными фильтрами расход регенерационного раствора уменьшается в 1,5 раза и обеспечивается возможность избавиться от взвешенных примесей и разрушенных частиц ионитов путем взрыхления ионообменного слоя [4].

Второй вариант включает в себя ионообменные фильтры, в которых регенерация осуществляется сверху вниз, а отмывка происходит снизу-вверх. В 1960–1970-х годах фирмой Bayer была разработана революционная противоточная технология Schwebebett, имеющая различные вариации (Liftbett, Rinsbett, Multistep). Впервые было предложено заполнить почти весь

объем фильтра ионнобменной смолой. Верхнюю часть объема ионита занимает инертный слой, в результате между ионитом и инертным материалом остается небольшое свободное пространство.

С 1970-х годов в мире изготовлено более 4000 ионообменных фильтров по технологии Schwebebett. Данная технология противоточной регенерации с взвешенным слоем ионита в восходящем потоке обрабатываемой воды также реализована в системах AMBERPACK фирмы Rohm & Haas и PUROPACK фирмы Purolite [5]. Отличие регенерации по данному методу от прямоточной регенерации заключается в отсутствии взрыхления слоя ионита. Технология Schwebebett позволяет увеличить время фильтроцикла и применять фильтры меньшего размера, так как в ионообменной колонне находится больший объем ионита, чем в прямоточных ионообменных фильтрах. Но существуют и недостатки, к которым можно отнести чувствительность к изменению расхода обрабатываемой воды, необходимость периодических взрыхляющих промывок для удаления разрушенных частичек ионита, а также неравномерное распределение гранул ионообменных смол вследствие силы тяжести в объеме ионообменной колонны.

Источники

1. Рябчиков Б.Е. Сравнительные исследования эффективности регенерации ионообменного фильтра различными способами. Энергосбережение и водоподготовка. – 2006. – №. 5. – С. 2-6.

2. Чичирова Н.Д., Ахметова И.Г. Традиционные и современные решения методов водоподготовки промышленной теплоэнергетики. Энергосбережение и водоподготовка. – 2016. – № 3(101). – С. 8-14.

3. Громов С.Л., Пантелеев А.А. Технологии противоточной регенерации ионитов для водоподготовки. Часть 2 //Теплоэнергетика. – 2006. – №. 11. – С. 50-55.

4. Чичиров, А.А., Филимонова, А.А., Чичирова, Н.Д., Минибаев, А.И. Приемы системного анализа и ресурсосберегающие электромембранные технологии при создании малосточной системы водопользования объектов энергетики Республики Татарстан. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. – 2022. – Т. 24. – №. 3. – С. 70-86.

5. Я.Е. Резник. Оптимизация ионообменной технологии: фильтрование с противоточной регенерацией // АкваТерм, 2003, №4.– С. 42-44.

УДК 621.36

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА АЭС С РЕАКТОРОМ ТИПА БН

Ксения Дмитриевна Вьюгова [1] , Егор Сергеевич Майоров [2]
Науч. рук. к-т техн. наук Н. В. Богданова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]vjugova.k@yandex.ru, [2]timetolegend@gmail.com

Аннотация. В статье приводится расчет термоэлектрического генератора, работающего в системе с трубой теплоносителя БРЕСТ ОД 300. В качестве материалов для термопары используются тугоплавкие металлы, такие как теллурид висмута и твердый оксид сурьмы. Произведен расчет мощности 9-ти последовательно соединенных термоэлементов, а также описана схема по реализации выработанной мощности в собственных нуждах электростанций.

Ключевые слова: атомные станции, альтернативные источники энергии, эффект Пельтье, термоэлектрический генератор.

EFFICIENCY OF THERMOELECTRIC GENERATOR APPLICATION AT NPP WITH BN-type REACTOR

Ksenia D. Vyugova [1], Egor S. Mayorov [2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]vjugova.k@yandex.ru, [2]timetolegend@gmail.com

Abstract. The article presents the calculation of a thermoelectric generator operating in a system with a BREST OD 300 coolant pipe. Refractory metals such as bismuth telluride and solid antimony oxide are used as materials for the thermocouple. The power of 9 series-connected thermoelements is calculated, and a scheme for the implementation of the generated power in the own needs of power plants is described.

Keywords: nuclear power plants, alternative energy sources, Peltier effect, thermoelectric generator.

Разнообразие областей использования электрической энергии возрастает с появлением передовых технологий. На сегодняшний день лидирующие позиции в области выработки электрической энергии занимают тепловые электростанции (ТЭС), гидроэлектростанции (ГЭС), атомные электростанции (АЭС), а также различные альтернативные источники (солнечные, ветровые и т.п) [2, 5]. Несомненно, с ростом энергопотребления

возникает необходимость в развитии и модернизации уже имеющихся технологий выработки электроэнергии.

Одним из актуальных на сегодняшний день направлений в области энергосбережения является попутное получение электрической энергии в процессе генерации тепловой энергии, основанное на эффекте Т. И. Зеебека/Ж-Ш. Пельтье [3].

Реализация эффекта Зеебека в энергетике может быть организована посредством термоэлектрического генератора (ТЭГ) (см. рисунок), работа которого основана на явлении возникновения в замкнутой цепи, образованной двумя разнородными проводниками с разной температурой спаев, термо-электродвижущей силы, вызывающей электрический ток в цепи.

Термоэлектрический генератор типа p-n

Наибольшей энергоэффективностью обладают ТЭГ, установленные в местах наивысших градиентов температур. Примером может послужить: стенки котлов, трубы тепломагистралей и теплоносителей. В данной работе рассматривается возможность установки ТЭГ на стенку трубы теплоносителя на реакторе типа БН. Градиент, создаваемый между трубой и окружающей средой, даст возможность генерации электроэнергии. Основными факторами, влияющими на мощность вырабатываемого ТЭГа, являются: род используемых в термопаре металлов, количество пар и температурный градиент [1].

Установка представляет собой систему, состоящую из каскада элементов Пельтье и радиаторов подсоединенных, соответственно, к каждому из элементов.

Данная установка будет бесперебойно генерировать постоянный ток,

который, в свою очередь, может быть использован в собственных нуждах электростанции: в питании освещения, для питания насосов в случае аварийного отключения от основной линии электроснабжения.

Авторами данной статьи был выполнен расчет каскадной системы элементов Пельтье, с целью вычисления значения мощности, которая может дополнительно вырабатываться на собственные нужды АЭС [4].

Исследуемая термоэлектрическая батарея состоит из прямоугольных термоэлементов размерами 30×30 мм, в качестве термоэлектрических элементов взят сплав полупроводников висмут-сурьма. Данный выбор обособлен высокой тугоплавкостью полупроводников, которая тесно коррелирует с коэффициентом добротности, влияющим на максимальную разность температур горячих и холодных спаев. Исходные данные для расчет представлены в таб. 1.

Таблица 1.

Параметр	Величина
Температура холодной стенки (T_X)	40 °C
Температура горячей стенки ($T_Г$)	576 °C
Коэффициенты термоэдс - для висмута (α_p) - для сурьмы (α_n)	 4,7 мВ -6,5 мВ
электрическое сопротивление ветви А (R_A)	0,002 Ом · см
электрическое сопротивление ветви В (R_B)	0,003 Ом · см
Количество термопар (n)	127
Количество термоэлементов (N)	9

Ввиду того, что исследуемая термоэлектрическая батарея состоит из полупроводников различной проводимости коэффициент термоэлектродвижущей силы будет находиться как сумма абсолютных значений отдельных коэффициентов каждого полупроводника:

$$\alpha = |\alpha_p| - |\alpha_n| \quad (1)$$

В таком случае ЭДС одной термопары:

$$\varepsilon = U_{OC} \cdot n \quad (2)$$

где $U_{\text{ос}} -$ напряжение, проходящее через каждую термопару, которое находится по формуле:

$$U_{oc} = \int_{T_x}^{T_г} \alpha dT \quad (3)$$

С учетом последовательного соединения элементов, сила тока будет находиться по формуле полного тока в цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{(R_A + R_B) \cdot n \cdot N} \quad (4)$$

Расчетная мощность выбранного термоэлектрического генератора составила 2 кВт.

Источники

1. Синицин А.М., Уланов В.А. Измерительная камера прибора контроля основных характеристик материалов, используемых в термоэлектрических генераторах. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2016;(5-6):110-115. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2016-0-5-6-110-115

2. Паздерин А.В., Самойленко В.О., Мухлынин Н.Д., Крючков П.А. Ценовые характеристики источников электроэнергии мини и микрогрид // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №1 (53). С. 122-139.

3. Бернштейн А. С. Термоэлектрические генераторы. – Рипол Классик, 2013.

4. Марченко О. В. и др. Методы расчета термоэлектрических генераторов. – 1995.

УДК 621.039-78

О ОСОБЕННОСТЯХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВЗРЫВООПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Ляйсан Фаритовна Гайфиева
Науч. рук. к-т тех. наук, доц. Р.Р. Вилданов
ФГБОУ ВО "КГЭУ" г. Казань, Республика Татарстан
lasana01@mail.ru

Аннотация. В статье проанализированы отличительные признаки аварий, происходящих на объектах ядерного топливного цикла (ОЯТЦ). Подчеркнута специфика воздействия ионизирующего излучения для показателей пожаров зрывоопасности веществ и материалов технологических сред ОЯТЦ.

Ключевые слова: квалифицирование взрывов, радиолиз, авария, технологическая среда.

ON THE SPECIFICS OF PREVENTING THE EXPLOSION HAZARD OF NUCLEAR FUEL CYCLE FACILITIES (NFC)

Lyaysan F. Gaifieva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
lasana01@mail.ru

Abstract. The article analyzes the distinctive signs of accidents occurring at nuclear fuel cycle facilities. The features of the influence of ionizing radiation on the fire and explosion hazard indicators of substances and materials of technological environments of the SNF are highlighted.

Keywords: qualification of explosions, radiolysis, accident, technological environment.

Анализ произошедших аварий показывает, что взрывы при ОЯТЦ характеризуются рядом характерных признаков, к которым можно отнести следующие:

1. Наличие постоянного распада радиоактивных элементов, который может послужить источником возникновения взрыва.

2. Возникновение пожаров различных масштабов, в следствие образования взрывоопасных смесей, происходящие в результате процесса радиолиза[4].

Данные признаки говорят о квалифицировании взрывов на ОЯТЦ как самостоятельного специфичного вида, а технологическую среду на ОЯТЦ как радиационно-химическую технологическую среду. Среди всех факторов, вызванных взрывом объекта радиационно-химической технологической среды, однако наиболее опасными являются ядерная, а также радиационная опасность.

Радиационно-химический взрыв - это процесс экзотермической реакции в радиационно-химической технологической системе с выделением энергии тепла путем нагретых и сжатых продуктов реакции. Радиохимические взрывы характеризуются начальными событиями, их направлениями и последствиями [1].

Исходным событием является образование в системе критической концентрации химически активных частиц, которые провоцируют неконтролируемую реакцию, самоускоряющаяся из-за роста температуры и концентрации веществ. Реакция выражается в длительном отклонении контролируемых показателей от показателей нормальной эксплуатации. Процесс аварии зависит от его мощности, количества выделяемых продуктов нагретого и сжатого газа, повышения давления в системе и переноса газов в окружающую среду технологической среды ОЯТЦ.

В научной и учебной литературе содержится информация о взрывоопасных химических соединениях, к ним относятся: NH_4NO_3, N_2O_4, HNO_3, NH_4CO_4 [1]. Не менее взрывоопасными средами являются соединения, которые включают в себя органические вещества, такие как экстрагенты и разбавители, высокие концентрации азотных кислот и нитраты металла. Данные соединения включают в себя смеси горючих веществ с окислителями.

При оценке пожаровзрывоопасности ОЯТЦ следует учитывать тот факт, что ионизирующее излучение изменяет показатели пожаровзрывоопасности веществ или материалов технологических сред ОЯТЦ. Значения показателей могут варьироваться в зависимости от типа ионизирующего излучения, поглощенной дозы ионизирующего излучения, способа облучения [3].

Особенности радиационного воздействия на технологические среды ОЯТЦ:

1. Во время обработки водных растворов облученного ядерного топлива экстракционная система подвергается воздействию радиации, в основном из-за гамма- и бета-излучения продуктов деления урана;

2. Основным вкладом в дозу, поглощаемую экстрактором, является излучение бета-активного элемента, остальным вкладом в радиационную нагрузку за цикл является воздействие альфа-излучения актинидов в органической фазе до их повторного извлечения[5].

Таким образом, в случае возникновения пожара или взрыва, необходимо учитывать влияние ионизирующего излучения на показатели пожарной опасности и взрывоопасности технологических сред.

В 2014 г. были введены “Общие положения обеспечения безопасности ОЯТЦ”, свидетельствующие о совершенствовании мер по предотвращению взрывоопасности ОЯТЦ [2].

Среди ряда научных проблем, решение которых должно способствовать повышению безопасности ОЯТЦ, следует выделить:

1. Определение условий процесса перехода самовоспламенения материалов и радиоактивных веществ в режим взрыва и создание комплекса мер по предотвращению взрывов;

2. Разработка классификации систем и элементов ОЯТЦ по их влиянию на взрывоопасность;

3. Аргументирование особых мер и требований по предотвращению взрывоопасности ОЯТЦ.

Источники

1. Илюшин М.А., Мазур А.С., Савенков Г.Г., Промышленные взрывчатые вещества. Учебное пособие. Издательство: Лань, 2021 – 33с.

2. Постановление. "Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ)". 02.12.2005 (изм. 28.07.2014).

3. Назина Е.Р., Зачиняева Г.М., Рябовой Е.В., Родина А.В., Положение об оценке пожаровзрывобезопасности технологических процессов радиохимических процессов производств. 2010г. – 21 с.

4. О специфике предотвращения взрывоопасности объектов ядерного топливного цикла: [Электронный ресурс]. – https://www.atomic-energy.ru/science/74488 (дата обращения: 10.11.2022)

5. И.П.Соколов, Р.Б.Шарафутдинов. Введение в обеспечение взрывобезопасности объектов ядерного топливного цикла / 2019 .- 200 с.

УДК 620.92

ПРОБЛЕМЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Данис Маратович Гилазов
Науч. рук. асс.: Р.И. Разакова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gilazov.danis@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые барьеры развития водородной энергетики, прогнозы экспертов по развитию водородной энергетики.

Ключевые слова: водородная энергетика, экологические преимущества, получение водорода, потребление водорода.

PROBLEMS OF HYDROGEN ENERGY

Danis M. Gilazov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gilazov.danis@mail.ru

Abstract. The article discusses the key barriers to the development of hydrogen energy, forecasts of experts on the development of hydrogen energy.

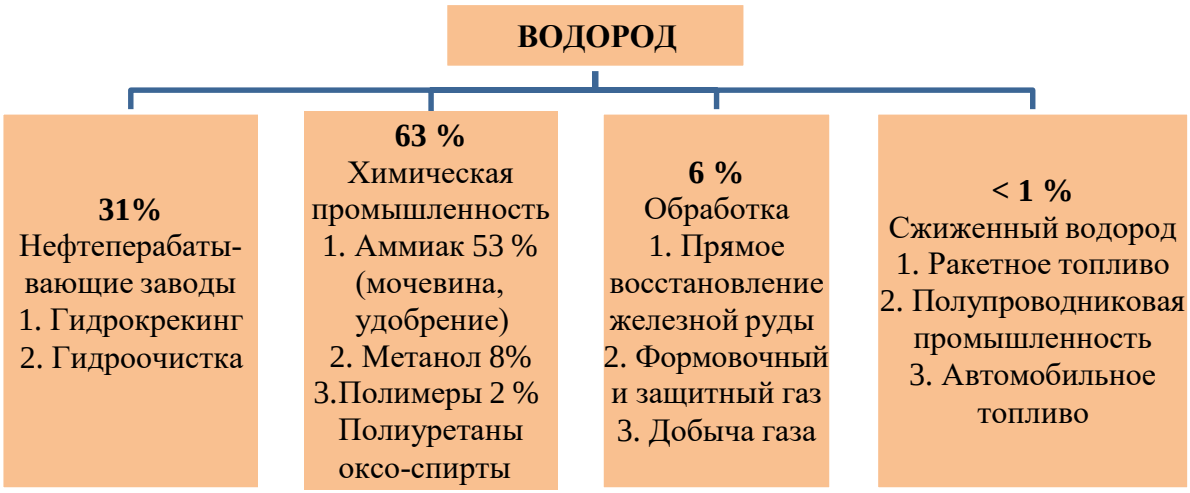
Keywords: hydrogen energy, environmental benefits, hydrogen production, hydrogen consumption.

Проблема энергетических ресурсов, а именно невозобновляемых, связанная с ситуацией, складывающейся в мире, и ведущая к тому, что к середине XXI века выработка электроэнергии с использованием нефти и газа будет резко снижаться и потребуется замещение данных энергоресурсов для целей электроэнергетики.

Единственный способ справиться с данной проблемой – перескочить на новый технологический уровень, гарантирующий более высокие показатели КПД, защиту окружающей среды и большую надежность. На водородную энергетику возложены большие надежды, ее развитие поможет выполнить цели по сокращению эмиссии парниковых газов [1]. Все больше его используют как экологически пригодное автомобильное топливо.

По прогнозу Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (МАВИЭ), к 2050 году 8% валового энергопотребления во всем мире будет обеспечивать именно водород, а для его производства будет использовано чуть более 15% всей вырабатываемой электроэнергии. Крупномасштабный переход на систему водородной энергетики способен избавить мир от ряда экологических проблем. Для успешного широкомасштабного внедрения водородных технологий требуются изменение нынешних моделей распределения и потребления энергии, развитие технологий и изменение инфраструктуры производства [2].

Основные направления использования водорода представлены на рисунке.



Структура потребления водорода

Ключевые барьеры развития водородной энергетики связанны со следующими факторами: снижение себестоимости производства водорода, необходимость в создании масштабируемой технологии крупнотоннажной

транспортировки водорода, значительный спад цен на выработку электроэнергии, основанной на водородных топливных элементах [1, 3].

Существует более сотни способов получения водорода, среди них выделают три способа получения традиционными методами: химический, термохимический и электролиз. При каждом способе затрачиваются природные ископаемые, поэтому они не всегда экономически и экологически эффективны. Производство большого количества водорода является не маловажной проблемой: невзирая на наличие большого количества всевозможных способов его получения, среди них нет ни одного экономически эффективного способа получения водорода в промышленном масштабе. Более того, при масштабировании производства электролизеров их стоимость может снизиться с нынешних 1000 до 200 $/кВт уже через 30 лет, а по оценке J.P. Morgan даже до 100 $/кВт. В таком случае к 2050 году стоимость электролизеров, по прогнозам, снизиться менее, чем до 2 $/кг. Для достижения таких прогнозов необходимо применение различных программ государственного субсидирования водородной энергетики [4].

Сложность при транспорте и хранении заключается еще и в том, что при хранении жидкого водорода в специальных термически изолированных контейнерах трудно поддерживать его стабильность при той низкой температуре, которая требуется для сохранения в жидком состоянии [5]. Прокачка водорода по трубам на большие расстояния также не выгодна, так как требует огромных затрат энергии.

Процессы производства, транспортировки и использования водорода в первую очередь требуют наличия высококвалифицированных кадров, разработки требований, стандартов и нормативов для обеспечения безопасного функционирования данных систем [3].

Источники

1. Проблемы водородной энергетики. Гайнутдинов Ф.Р. XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика. Материалы конференции. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 182-184.

2. Попадько Н.В., Панков С.В., Попадько А.М. Водородная энергетика: этапы развития, проблемы и перспективы // Инновации и инвестиции. 2020. №1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodnaya (дата обращения: 10.11.2022).

3. Плетнев М.А., Копысов А.Н. Социально-экономические проблемы развития водородной энергетики // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 36 – 45.

4. Текст научной статьи «Перспективы и недостатки водородной энергетики». Автор статьи: Вадим Кизимов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/19194 (дата обращения: 10.11.2022).

5. Литвиненко В.С., Цветков П.С., Двойников М.В., Буслаев Г.В. Барьеры реализации водородных инициатив в контексте устойчивого развития глобальной энергетики. Записки Горного института, 2020, С.428-438.

УДК 004.94

ПОСТРОЕНИЕ 3D- ГЕОМЕТРИИ ЦИКЛОНА ЦН-15 ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИИ

Рустем Ренатович Даминов[1], Сергей Викторович Горбунов[2],
Науч.рук.: д-р техн. наук, профессор М.Г. Зиганшин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]rusdaminov2@gmail.com, [2]gorbunovserega88@gmail.com

Аннотация. Очистные устройства с циклонированием двухфазных газовых потоков широко распространены в мире. Нашей задачей было усовершенствование способа построения модели циклона для максимального приближения к конструкции ЦН-15. После построения усовершенствованной модели была сгенерирована расчетная сетка. Далее были проведены расчеты сепарации взвешенных частиц из потока.

Ключевые слова: Очистные устройства, циклонный сепаратор, трехмерная модель, эффективность очистки.

CONSTRUCTION OF 3D GEOMETRY OF CYCLONE TsN-15 FOR NUMERICAL INVESTIGATION OF SEPARATION EFFICIENCY

[1]Rustem R. Daminov, [2]Sergei V. Gorbunov,
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]rusdaminov2@gmail.com, [2]gorbunovserega88@gmail.com

Abstract. Purification devices with cyclonation of two-phase gas flows are widespread in the world. Our task was to improve the method of constructing a cyclone model for maximum approximation to the design of the TSN-15. After building the improved model, a calculation grid was generated. Further calculations of the separation of suspended particles from the stream were carried out.

Keywords: Cleaning devices, cyclone separator, three-dimensional model, cleaning efficiency.

Очистные устройства с циклонированием двухфазных газовых потоков широко распространены в мире, и исследования по повышению их эффективности интенсивно ведутся во многих странах. Как за рубежом, так и в РФ выполняются также численные исследования работы циклонных аппаратов [1, 2, 3]. В данной работе проводится численное исследование эффективности осаждения взвешенных частиц из дисперсного газового потока в циклонных сепараторах. Для исследования был использован многофункциональный программный продукт Ansys Fluent. Он позволяет моделировать одно- и многофазные ламинарные и турбулентные потоки в устройствах с геометрией любой сложности. К числу объектов с непростой геометрией и, соответственно, с очень сложной структурой течения, относятся и исследуемые в данной работе циклонные сепараторы возвратно-поточного типа.

В КГЭУ на кафедре «Теоретические основы теплотехники» разработано пособие [4] для построения и численного исследования трехмерной геометрии циклонного сепаратора на базе программного обеспечения ANSYS с использованием геометрического препроцессора ANSYS SpaceClaim Direct Modeler (SCDM). В задачу данной работы входило усовершенствование способа построения модели циклона так, чтобы его конструкция была максимально приближена к наиболее широко распространенной и серийно выпускаемой в настоящее время в РФ конструкции циклона типа ЦН-15. Ее отличие от приведенной ранее в [4] заключается в отклонении от горизонтали входного патрубка аппарата (рис. 1).

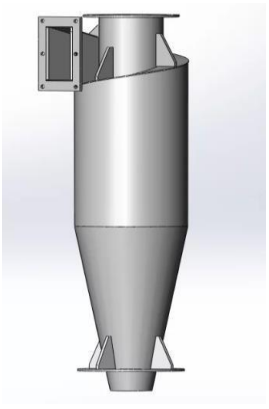


Рис.1 Конструкция циклона типа ЦН-15

Циклоны с горизонтальным патрубком имеют повышенную степень осаждения взвешенных частиц из-за увеличения времени пребывания

запыленного потока, но также и более высокие потери давления при его прохождении. Поэтому конструкция, представленная на рис. 2, построенная в соответствии с рекомендациями [4], будет давать в результате численного исследования более высокие значения эффективности очистки, чем циклоны, используемые в реальных условиях. Кроме прочего, это расхождение не позволяет выполнять верификацию результатов расчетов по опытным данным реальных циклонов, например, получаемых по программному комплексу [5], построенному на основе таких данных.

Рис.2 Модель циклона с горизонтальным входным патрубком

После построения усовершенствованной 3D-модели циклонного сепаратора типа ЦН-15 во встроенном моделере SpaceClaim**,** была сгенерирована расчетная сетка и проведена ее адаптация для устранения сеточной зависимости. Далее были проведены расчеты сепарации взвешенных частиц из потока в солвере Ansys Fluent, которые показали заметное различие результатов, получаемых на модели, построенной по [4].

Источники

1. Zhao B., Wang D., Su Y. Gas-Particle Cyclonic Separation Dynamics: Modeling and Characterization // Separation and Purification Reviews. 2018. pp. 3-31.

2. Chu K. W., Chen J., Wang B. Understand solids loading effects in a dense medium cyclone: effect of particle size by a CFD-DEM method // Powder Technology. 2017. N320. pp. 112-174.

3. Замалиева А.Т., Зиганшин М.Г. Усовершенствованная установка фильтрации газа на ТЭС при подготовке топлива для городских энергетических систем // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019. Т.21. №5. С.124-131. doi:10.30.724/1998-9903-2019-21-5-124-131.

4. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Бадретдинова Г.Р. Компьютерные технологии при проектировании технологических процессов : практикум – Казань : КГЭУ, 2021.

5. Замалиева А.Т., Зиганшин А.М., Зиганшин М.Г. Государственная регистрация программы для ЭВМ «Программа расчёта газоочистных устройств с циклонно-фильтрующими аппаратами» RU 2020615612. Опубл. 27.05.2020 Бюл. № 6

УДК: 621.039.73

СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА В РОССИИ

Айрат Эдуардович Залаев
Науч. рук. Ст. преп. Р.В. Бускин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ajrat.zalaev@bk.ru

Аннотация. Данная статья рассматривает способы переработки отработанного ядерного топлива с последующим преобразованием в другие виды топлива.

Ключевые слова: РН-процесс, ОЯТ (отработанное ядерное топливо), пирохимическая переработка, гидрометаллургическая переработка.

METHODS OF REPROCESSING SPENT NUCLEAR FUEL AT RUSSIAN NUCLEAR POWER PLANTS

Airat E. Zalaev
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ajrat.zalaev@bk.ru

Abstract. This article examines the ways of reprocessing spent nuclear fuel with subsequent conversion to other types of fuel.

Keywords: PH process, SNF (spent nuclear fuel), pyrochemical processing, hydrometallurgical processing.

Сегодня во всем мире стоит проблема уменьшение углеродного следа, из-за чего атомные станции приобретают все больший вес в энергетике. Но у АЭС есть и недостатки, например, хранение отработанного ядерного топлива (ОЯТ), содержащее большое количество радиоактивных отходов. Для решения этой проблемы необходимо переработка отработанных

тепловыделяющих сборок (ТВС). Эту проблему решает замкнутый (или закрытый) ядерный топливный цикл (ЯТЦ), процесс создания нового топлива для АЭС из ОЯТ.

На сегодняшний день работают или сооружаются несколько предприятий по переработке ОЯТ тепловых и быстрых реакторов: ПО «Маяк», ФГУП «ГХК» (сооружается установка для переработки топлива для ВВЭР-1000), АО «СХК» (разрабатывается). Эти предприятия работают на разных технология переработки, о которых далее [1].

На данный момент в России представлен только один метод переработки – гидрометаллургический с ПУРЕКС-процессом (регенерации урана и плутония посредством экстракции), представленный на РТ-1 ПО «Маяк». На этом комбинате перерабатывается ОЯТ с реакторов ВВЭР-440, БОР-60, БН-600. Данный метод предполагает создание раствора солей РАО (радиоактивные отходы) при помощи азотной кислоты. Далее раствор обрабатывается флокулянтами (в-во для создания осадка) с последующий фильтрацией, из этого фильтрата при помощи 30% раствора ТБФ (трибутилфосфат) в легком н-парафиновом деароматизированном разбавителе РЭД-1, из-за чего фильтрат очищается от ВАО (высокоактивных отходов). После происходит реэкстракция урана и плутония, и на выходе получаются оксиды урана и плутония. У данного метода есть и недостатки. Если глубина выгорания топлива достигнет 55 гВт·сут/т в количество продуктов деления и урана станет пропорциональным, что требует дополнительной очистки. Вторая проблема – необходимость дополнительных механизмов переработки ТВС (тепловыделяющая сборка) или его содержимого при помощи волоксидации. Третья – жидкие радиоактивные отходы. Так как входе экстракции, РАО взаимодействую с экстрагентом, из-за чего происходит его активация. Стоит отметить, что данный метод пригоден для переработки большего объема ОЯТ [2].

Другой метод очистки, предложенный советскими учеными – пирохимический. Одним из основных преимуществ применения данных процессов в технологии переработки ОЯТ РБН (реактор на быстрых нейтронах) при замыкании ЯТЦ является возможность сокращения сроков выдержки ОЯТ до 1 года и менее. В процессе пирохимической переработки оксидного топлива отработанное ядерное топливо растворяют в солевом расплаве, а затем с помощью электролиза осаждают и собирают оксиды урана или плутония в гранулированном состоянии. Главным плюсом такого процесса будет возможность переработки ТВС от реактора ВВЭР-1000, хотя общий коэффициент очистки будет меньшим, чес у гидрометаллургического способа. Крупных комбинатов с пирохимическим методом очистки ОЯТ в

России нет, но частично этот процесс будет реализован на модуле переработки ОДЭК («СХК») с помощью РН-процесса.

РН-процесс – метод переработки, комбинирующий пирохимический и гидрохимический способы. Комбинированная схема позволяет перерабатывать с высоким выгоранием топлива, низкой выдержкой и достичь высокого уровня очистки. После создания из ТВС порошка с РАО и предварительной волоксидации, полученный продукт очищают от ВАО, и создают из него раствор. Далее раствор проходит аффинаж и экстракцию, в результате которого получаются оксиды урана, нептуния, америция и плутония [3].

Из рассмотренных методов переработки можно сделать вывод, что наиболее распространенный метод очистки – гидрометаллургический, так как он имеет наилучшую степень очистки и способен перерабатывать большой объем топлива. Но наиболее перспективный – РН-процесс, который имеет лучший метод очистки и безопасность. Единственный минус в недостатке опыта эксплуатации данного метода очистки.

Источники

1. Белая книга ядерной энергетики. Замкнутый ЯТЦ с быстрыми реакторами / под общ. ред. проф. Е.О. Адамова. – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2020. – 502 с.

2. Ядерные технологии: учебное пособие для вузов/ О.Л.Ташлыков; под научной редакцией С.Е.Щеклеина. – Москва: Издательство Юрайт, 221 – 210 с.:[12] с.цв. вкл. – (высшее образование). – Текст: непосредственный.

3. История ядерной физики: Учебное пособие/ А.И.Абрамов; Изд. 2-е, испр. – М.: КомКнига, 2006. – 232 с.

УДК 620.93

УЛАВЛИВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ТОПЛИВНОМ ЭЛЕМЕНТЕ НА ОСНОВЕ РАСПЛАВЛЕННОГО КАРБОНАТА

Рузина Фарсиловна Камалиева
Науч. рук. к.м.н., доцент А А. Филимонова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
rruzzi@yandex.ru

Аннотация. Дымовые газы, выделяемые газотурбинными электростанциями, содержат CO_2, который необходимо улавливать. В статье предложена система с высокотемпературным топливным элементом, позволяющая перерабатывать дымовые газы, выделять из них CO_2 и с последующим термическим превращением его в CO возвращать угарный газ в газовую турбину в качестве топлива. Система позволяет удалять большое количество CO_2, повышать энергоэффективность установки и вырабатывать дополнительно электроэнергию и тепловую энергию, которая затрачивается на собственные нужды.

Ключевые слова: углекислый газ, топливный элемент на расплавленных карбонатах, газовая турбина, энергоэффективность.

CAPTURE AND PROCESSING OF CARBON DIOXIDE IN A FUEL CELL BASED ON MOLTEN CARBONATE

Ruzina F. Kamalieva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
rruzzi@yandex.ru

Abstract. Flue gases emitted by gas turbine power plants contain CO2, which must be captured. The article proposes a system with a high-temperature fuel cell that allows processing flue gases, releasing CO2 from them and, with its subsequent thermal transformation into CO, returning carbon monoxide to a gas turbine as fuel. The system allows you to remove a large amount of CO2, increase the energy efficiency of the installation and generate additional electricity and thermal energy, which is spent on your own needs.

Keywords: carbon dioxide, fuel cell on molten carbonates, gas turbine, energy efficiency.

Отходящий газ современной газотурбиной установки имеет в своем составе 75,8% N_2, 18,3% O_2, 3,4% CO_2 и 2,5% H_2O по массе и температуру 550°C. Такую газовую смесь можно подавать в качестве окислителя на катод топливного элемента на основе расплавленного карбоната (см. рисунок). При этом анионы, состоящие из одного атома кислорода, одной молекулы углекислого газа и двух электронов, переносятся через карбонатный расплавленный электролит. А карбонат-ион состоит из одного моль углекислого газа и половины моля кислорода. Во время этого процесса топливный элемент на основе карбонатов может работать как генератор энергии и одновременно как сепаратор CO_2 из выхлопного газового потока, образующегося в процессе сгорания и направленного на катод. Это открывает путь к широкому применению топливных элементов для удаления углекислого газа и преобразования энергии в ТЭЦ. Фактически, они могут

питаться выхлопными газами газотурбинной электростанции [1] или интегрироваться в парогазовую электростанцию комбинированного цикла [2]. Поскольку при переносе углекислого газа топливный элемент производит дополнительную энергию, не содержащую углекислый газ общий энергетический баланс для отделения CO_2 становится положительным, и удельные выбросы могут быть снижены [3].

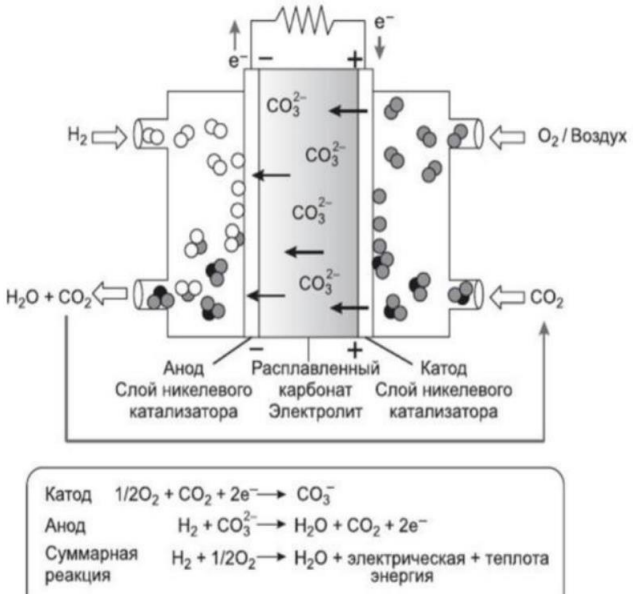


Схема работы топливного элемента на основе расплавленного карбоната

С помощью такой гибридной системы можно снизить выбросы углекислого газа более чем на 80% и увеличить выработку электроэнергии примерно на 20%.

Выделяющийся при этом чистый углекислый газ можно пропускать над раскаленным углем. При работе топливный элемент на основе расплавленного карбоната выделяет не только электрическую, но и тепловую энергию. Выделенное тепло используется для термического превращения углекислого газа в CO [4-5]. Полученный угарный газ является горючим веществом, которое можно подавать в качестве топлива в газотурбинную установку, замыкая при этом цикл работы системы.

Таким образом, в данной работе представлена технология для полного удаления углекислого газа и повышения эффективности работы энергоустановки.

Источники

1. Roberto Carapellucci [et al.] / Modeling and characterization of molten carbonate fuel cell for electricity generation and carbon dioxide capture // Energy

Procedia 126. 2017, P. 477–484;

2. Филимонов А.Г., Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д. / Глобальное энергетическое объединение: новые возможности водородных технологий // ИЗВУЗ «Проблемы энергетики» 2021;23(2):3-13;

3. J. Rosen [et al.] / Molten Carbonate Fuel Cell Performance for CO2 Capture from Natural Gas Combined Cycle Flue Gas // Journal of The Electrochemical Society. 2020. V. 167;

4. L. Duan [et al.] / Study on a Novel Pressurized MCFC Hybrid System with CO2 Capture // Energy. 2016. Vol. 196. P. 737–750;

5. S. Jolly [et al.] / Novel Application of Carbonate Fuel Cell for Capturing Carbon Dioxide from Flue Gas Streams // ECS Transactions. 2015. V. 65. P. 115–127.

УДК 621.039.5.01/.08

СРАВНЕНИЕ ВОДО-ВОДЯНЫХ РЕАКТОРОВ ТИПА PWR И BWR

Василий Андреевич Лавриков
Науч. рук. Ст. прер. Р.В. Бускин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
g_system@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются основные сходства и различия между двумя наиболее распространёнными типами реакторов в мире – PWR (реактор с водой под давлением) и BWR (кипящий водо-водяной реактор). Выявлены причины, по которым водо-водяные реакторы типа PWR получили большее распространение по сравнению с реакторами типа BWR. Представлены основные сравнительные характеристики российских ВВЭР и зарубежных PWR.

Ключевые слова: водо-водяной энергетический реактор, кипящий реактор, реактор с водой под давлением.

COMPARISON OF PWR AND BWR PURPOSE REACTORS

Vasiliy A. Lavrikov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
g_system@bk.ru

Abstract. The article deals with the main similarities and differences between two common types of reactors in the world: PWR (a pressurized water reactor) and BWR (a boiling

water reactor). The reasons why water reactors of PWR type have become more common in comparison to the reactors of BWR type are revealed. Key comparative characteristics of Russian water power reactor are given.

Keywords: a water power reactor, a boiling reactor, a pressurized water reactor.

На сегодняшний день в ядерной энергетике наибольшее распространение получили реакторы типа PWR. Их доля в мировой ядерной энергетике составляет 65%. Помимо этого, немалое распространение получили реакторы типа BWR, доля которых составляет 17%.

Рассмотрим сходства и отличия реакторов PWR и BWR. В качестве примера рассмотрим PWR для АЭС Sequoyah (фирма Westinghouse), штат Теннесси, имеющую два энергоблока общей мощностью 2280 МВт (эл.), и реактор с кипящей водой типа BWR/6, спроектированный фирмой General Electric для АЭС Grand Gulf, штат Миссисипи мощностью 1250 МВт (эл.).

Рассмотрим схожести этих легководных реакторов:

1. Активная зона с обогащенным топливом заполнена водой, выполняющей функцию теплоносителя. Также практически во всех легководных реакторах используется принудительная циркуляция теплоносителя, так как необходимо обеспечить нужную скорость теплоносителя.

2. Благодаря использованию воды в качестве теплоносителя с высокой замедляющей способностью, активная зона реакторов получается относительно компактной, по сравнению, например, с реакторами, использующими газовый теплоноситель.

3. Общей проблемой для всех легководных реакторов является высокая коррозийная активность воды [1].

Таким образом, сходства этих двух реакторов базируются на использовании в качестве теплоносителя воды.

К основным же отличиям реакторов PWR и BWR можно отнести следующее:

1. Самое весомое отличие между двумя данными реакторами заключается в том, что в реакторах BWR кипение воды происходит прямо в активной зоне, в то время как в реакторах PWR парообразование происходит непосредственно в парогенераторе.

2. АЭС, использующие реакторы BWR являются одноконтурными. Благодаря этому на подобных реакторах можно организовать более простой контур теплоотвода, но при этом уровень радиоактивности в турбине и другом внешнем оборудовании достаточно высок из-за выноса

радиоактивных веществ из активной зоны, но в реакторах PWR такой проблемы нет, так как для них используются два контура, что, хоть и усложняет конструкцию и эксплуатацию АЭС, но при этом делает её максимально безопасной. Так же на АЭС Sequoyah в качестве защитной системы безопасности используются ледяные конденсаторы.

3. Поскольку в реакторах BWR вода кипит в активной зоне, это улучшает естественную конвекции теплоносителя, что делает требования к системе принудительной циркуляции менее жёсткими, чем в реакторах PWR.

4. Так как в PWR парообразования происходит непосредственно в парогенераторе, в первом контре необходимо поддерживать достаточно высокое давление, однако в BWR пар образуются прямо в активной зоне, что не только упрощает схему АЭС, но и удешевляет её за счёт отсутствия парогенераторов. Также из-за отсутствия необходимости в поддержании высокого давления в реакторах BWR, корпус реактора меньше, по сравнению с корпусом PWR [2].

Одной из главных причин, по которым водо-водяные реакторы, использующие воду под давлением, распространены шире, чем кипящей реакторы, является большая безопасность реакторов PWR.

В плане конструктивного оформления, эксплуатационных характеристик и используемых материалов PWR и отечественные ВВЭР весьма схожи, однако есть некоторая разница между зарубежными PWR и текущими ВВЭР поколения 3+, и эта разница заключается в системе безопасности, которая делает ВВЭР поколения 3+ самыми безопасными реакторами, по мнению наших ученых.

Безопасность российских АЭС с реакторными установками поколения 3+ базируется на 4-х барьерах:

Перый барьер — это сама топливная таблетка, прочность которой должна предотвратить выход продуктов деления за пределы оболочки ТВЭЛов.

Второй барьер — оболочка ТВЭЛ.

Третий барьер — корпус реактора, изготовленный из стали толщиной 20 сантиметров.

Четвёртый барьер — защитная оболочка (контейнмент) [3].

В совокупности наличие всех четырёх барьеров сводит риск прорыва радиоактивного вещества наружу минимальным, что, несомненно, является важным фактором в развитии современной ядерной энергетики не только РФ, но и всего мира.

Источники

1. Камерон И. Ядерные реакторы: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат,

1987. – 320 с.

2. Технологии и безопасность // Аккую нуклеар URL: http://www.akkuyu.com/tekhnologii-i-bezopasnost (дата обращения: 9.11.2022).

3. Ядерные энергетические установки: Учеб. пособие для вузов / Б. Г. Ганчев, Р. С. Демешев, Л. Л. Калишевский и др.; Под ред. Н. А. Доллежаля.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат. 1990.-37л.: ил.

УДК 621.311.2

РАСЧЕТ РЕАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИОНИЗАЦИИ В МГД-ГЕНЕРАТОРЕ ЧЕРЕЗ СИСИТЕМУ ТЕРМОПАР

Егор Сергеевич Майоров
Науч. рук. к.т.н. доцент Н.В. Богданова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
timetolegend@gmail.com

Аннотация. В данной статье предлагается эмпирический способ по выявлению реального значения коэффициента ионизации в МГД-генераторе, работающем на расплавленном свинце, через систему термопар высокой теплостойкости. За счет воздействия магнитного поля на заряженные частицы поток будет постепенно нагреваться из-за теплового взаимодействия заряженных частиц. Снятие показаний с термопар позволит при известной теплоте одиночного взаимодействия заряженных частиц рассчитать реальный коэффициент ионизации, что позволит производить более точный расчет мощности МГД-генератора в реальном времени.

Ключевые слова: МГД-генератор, термопара, коэффициент ионизации.

CALCULATION OF THE REAL VALUE OF THE IONIZATION COEFFICIENT IN THE MHD GENERATOR THROUGH THE THERMOCOUPLE SYSTEM

Egor S. Mayorov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
timetolegend@gmail.com

Abstract. In this article, there is an empirical method for determining the real value of the ionization coefficient in an MHD generator operating on molten lead through a system of high heat resistance thermocouples. Due to the influence of the magnetic field on the charged particles, the flow will gradually heat up due to the thermal interaction of the charged particles.

The removal is taken into account with a thermocouple, which allows us to assume a more accurate calculation of the power of the MHD generator in the atmosphere of time.

Keywords: MHD generator, thermocouple, ionization coefficient.

В 1832 Майкл Фарадей доказал, что в движущемся проводнике, находящемся под действием магнитного поля, возникает электрический ток, что послужило началом для создания первого магнитогидродинамического генератора (МГД-генератор)

МГД-генератор-энергетическая установка, в которой энергия рабочего тела, движущегося в магнитном поле, преобразуется непосредственно в электрическую энергию.

Рабочим телом является жидкий металл - свинец, используемый на АЭС типа БН «Брест» ОД 300[1] в качестве теплоносителя, из чего мы можем сделать вывод о его скорости, которая будет составлять 3-5 м/с [2], к тому же свинец, который находится в установке, является облученным, из-за чего можно считать, что практически все молекулы являются заряженными. [3]

Мощность данной установки будет зависеть от силы тока, которая в свою очередь зависит от значения силы Лоренца, действующей на поток.

Сила Лоренца будет рассчитываться по формуле:

$$F_л = B \times k \times W \times N \times e \quad (1)$$

где B- магнитная индукция, k- коэффициент ионизации, W- скорость рабочего тела, N- кол-во молекул, прошедшее через сечение за единицу времени, e- заряд электрона [4].

Сегодня рассчитать коэффициент ионизации возможно лишь эмпирическим путем.

Заряженные частицы, попадающие в магнитное поле, создаваемое магнитами МГД-генератора, буду вращаться по окружности определенного радиуса, зависящего от массы заряженной частицы, её скорости и значения магнитной индукции.

Из-за того, что в потоке содержится множество частиц, вращение вызовет соударения, что приведет к замедлению и нагреву потока.

Снимая изменения температуры в потоке и зная теплоту, выделяемую при контакте двух частицы, мы можем рассчитать реальное значение коэффициента ионизации.

В таком случае температура должна отслеживаться из середины потока. так как на пограничных слоях потока температура воздействия будет минимальна из-за поглощения заряженных частиц электродами.

Из-за высокой температуры потока (576-590 С) для снятия показаний требуется использовать термостойкие термопары типа К (ТХА) с длиной рабочей части L=12.5 см.

Термопары будут устанавливаться на входе перед МГД-генератором (перед соплом при его наличии) и между магнитами.

Такая система позволит проводить постоянный мониторинг показаний коэффициента ионизации, что позволит производить более точный расчет мощности МГД-генератора. При этом из-за возникающих местных потерь вокруг термопар, увеличится нагрузка на насос теплоносителя [5], что может сказаться на КПД МГД-генератора. В таком случае будет более разумно устанавливать съёмные термопары. Данное решение приведет к уменьшению местных напряжений на рабочей части термопары и к менее точному расчёту точности мощности МГД-генератора.

Источники

1. Брест ОД 300 URL: https://www.ippe.ru/nuclear-power/fast-neutron-reactors/120-brest-300-nuclear-reactor (дата обращения 28.03.2022)

2. Принципы получения ядерного топлива для АЭС А.И Минибаев. // Материалы докладов XV аспирантско - магистерского семинара, посвященного «Дню энергетика» / Под общей редакцией д-ра физ.-мат наук, проф. А.В. Голенищева-Кутузова. В 2 т.; Т.I.- Казань: Казан. гос. энерг.ун-т, 2012-256с.

3. Электростатический способ обогащения урана А.И. Минибаев, С.М. Власов // Материалы докладов VII Международной молодежной научной конференции «Тинчу-ринские чтения» / Под общ. ред. канд. техн. наук Э.Ю. Абдуллазянова. В 4-ч т.; Т. 2. – Ка-зань: Казан. гос. энерг. ун-т., 2012. – 250 с.

4. Султанов М.М., Курьянова Е.В. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021;23(2):46-55.

5. Гурьянов. Д.А., Ланкин К.А., Тимербаев Н.Ф. Анализ современного состояния технологий эксплуатаций малых ГЭС. ВЕСТНИК КАЗАНСКОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. Том:12, Номер:4, Год: 2020, Страницы: 73-84, УДК: 621.311

УДК 621.039

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОКС-ТОПЛИВА НА АЭС

Алия Рунаровна Миниханова[1], Рустем Ренатович Вилданов[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]minihanova2002@gmail.com, [2]rustrenat@rambler.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются процесс получение МОКС-топлива, как один из этапов замыкания ядерного топливного цикла.

Ключевые слова: АЭС, атомная энергетика, энергетическое топливо, МОКС-топливо, замкнутый цикл, реакторы на быстрых нейтронах, уран, плутоний, отработавшие ядерные отходы.

PROSPECTIVE USE OF MOX FUEL IN NPPs

Aliya R. Minikhanova[1], Rustem R. Vildanov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]minihanova2002@gmail.com, [2]rustrenat@rambler.ru

Abstract. This article discusses the process of obtaining MOX -fuel as one of the stages of closing the nuclear fuel cycle.

Keywords: NPP, nuclear power, energy fuel, MOX-fuel, closed cycle, fast neutron reactors, uranium, plutonium, spent nuclear waste.

В настоящее время потребление электроэнергии во всем мире увеличивается с каждым днем. При этом энергетика развивается быстрее других отраслей и требует значительных и стабильных темпов роста.

Мировые сообщества на сегодняшний день ведут активную борьбу с выбросами углекислого газа, так как наблюдается ежегодное повышение средней температуры, связанное с возникновением парникового эффекта. По этой причине выбросы CO_2 пытаются сократить до нуля при помощи процесса декарбонизации. Также остро стоит вопрос об исчерпании природных ископаемых, которые равным образом являются невозобновляемыми. Решением указанных проблем может стать альтернативная (геотермальная, солнечная, ветровая, водородная и т.д.) или ядерная энергетика.

Оказывая минимальное воздействие на окружающую среду по сравнению с другими видами генерации энергии, атомная станция сочетает в себе экологичность, мощность и стабильность. При этом для стабильной

работы важным фактором является выполнение технических требований и постоянный контроль состояния оборудования, установок и элементов атомной станции.

Основное топливо, используемое на АЭС - это U-235. Неэффективное использование урана быстро сокращают его запасы. Соответственно, на данный момент все специалисты ядерной энергетики сходятся в общем суждении об использовании реакторов на быстрых нейтронах, работающих по замкнутому циклу [1]. В данных реакторах происходит деление изотопов U-235. Большую часть массы в реакторе составляет U-238, который образуется в результате захвата нейтронов. После образуется U-239. Он испытывает бета-распад в Np-239. В результате следующего бета-распада возникает природный Pu-239. Если продолжать облучение, атомы Pu-239 способны захватить нейтроны и превратиться в тяжелый изотоп: Pu-240, Pu-241 и Pu-242, а также другие трансурановые изотопы. Pu-239 и Pu-241 являются делящимися, как U-235. По своему поведению Pu-239 схож с U-235, так как при делении выделяет такое же количество энергии.

Чем выше степень выгорания, тем меньше делящегося плутония остается в отработавшем топливе. Около 1% выгружаемого из реактора ОЯТ (отработавшее ядерное топливо) - плутоний. Приблизительно 2/3 этого количества - делящийся плутоний (около 50% Pu-239, 15% Pu-241). По известным данным, ежегодно 70 тонн плутония удаляется из отработавшего топлива при дозаправке реакторов. Переработка ОЯТ приносит экономические и экологические выгоды, так как, по предположительным анализам, 252 тонны энергетического плутония достаточно для замены 30240 тонн природного урана [4]. Так, в нашей стране проводится активная работа по налаживанию полномасштабного промышленного производства МОХ топлива (далее - МОКС-топливо) (в переводе с английского Mixed-Oxide fuel), получаемого при переработке ОЯТ [2]. Следовательно, применение МОКС-топлива на атомных электростанциях является перспективным направлением развития ядерной энергетики.

МОКС-топливо – это ядерное топливо, а точнее смесь оксидов плутония с природным, обогащённым или обеднённым ураном. При делении данной смеси выделяется такое же количество энергии, как при делении низкообогащенного урана.

Данный вид топлива может быть использован в качестве дополнительного для самого распространенного типа ядерного реактора - легководного на тепловых нейтронах. Тем не менее, более эффективным способом использования МОКС-топлива является его сжигание в реакторах на быстрых нейтронах [3]. Подчеркнем, что современные методы с использованием МОКС-топлива по некоторым предположениям снижают

потребность в уране примерно до 30%.

МОКС-топливо можно производить следующими методами: механическое смешивание и совместный размол порошков PuO_2 и UO_2; золь-гель технология; гранулирование осадков гидроксидов; аммоний-карбонатное соосаждение; плазмохимическая конверсия; пироэлектрохимический процесс получения гранулированного смешанного диоксида (твердого раствора) с последующей виброупаковкой в оболочке ТВЭЛов и др. [5]

В наибольшей степени оптимальной химической формой плутония при использовании его повторно в закрытом цикле на АЭС является двуокись плутония PuO_2 в смеси с двуокисью природного либо обедненного урана UO_2.

Данный вид топлива давно и успешно применяют во многих ядерных державах (Россия, Япония, Англия, Франция) для водо-водяных реакторов. На 2022 год реактор на быстрых нейтронах БН-800 на Белоярской АЭС первым в мире уже почти полностью переведен на МОКС-топливо. По мнению специалистов, система атомной станции работает стабильно в заданных параметрах.

Можно подвести итог, что использование МОКС-топлива увеличивает эффективность сырьевых топливных ресурсов атомной энергетики в десятки раз, а также может избавить топливный цикл на АЭС от необходимости разрабатывать новые труднодоступные месторождения урана и проводить его дорогостоящее обогащение.

Источники

1. Адамов Е. О. и др. Переработка отработавшего ядерного топлива и рециклирование ядерных материалов в двухкомпонентной ядерной энергетике //Атомная энергия. – 2021. – Т. 130. – №. 1. – С. 28-34.

2. Алексеев С., Зайцев В. Нитридное топливо для ядерной энергетики. - Москва: Техносфера, 2013. - 240 с.

3. Кравченко Г. А. и др. Получение МОКС-топлива как один из этапов замыкания ядерного топливного цикла //Космические аппараты и технологии. – 2014. – №. 1 (7). – С. 60-64.

4. Бровцев В. В., Коптелов М. В. Использование мокс-топлива на реакторах на быстрых нейтронах //TECHNICAL SCIENCE. – 2019. – С. 14.

5. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник КГЭУ. – 2017. - №2(34). – С. 58-67.

УДК 621.039.5

ПРЕИМУЩЕСТВО РЕАКТОРОВ ВВЭР НАД РБМК

Вячеслав Владимирович Титенков
Науч. рук. Ст. преп. Р.В. Бускин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
VyacheslavT90@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме перехода ядерных электростанций с реакторов РБМК на ВВЭР в России. Выявлена специфика работы ВВЭР и РБМК, показаны их конструктивные достоинства и недостатки.

Ключевые слова: конструктивные особенности, ВВЭР, РБМК, специфика работы.

THE ADVANTAGE OF WWPR REAKTORS OVER HPCR

Vyacheslav V. Titenkov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
VyacheslavT90@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to the problem of the transition of nuclear power plants from HPCR reactors to WWPR in Russia. The specifics of the work of WWPR and HPCR are revealed, their advantages and disadvantages are shown.

Keywords: design features, WWPR, HPCR, specifics of the work.

После катастрофы на ЧАЭС развитие ядерной энергетики и реакторов большой мощности канальных стало под вопросом. На замену ему пришел водо-водяной энергетический реактор. Он обрел популярность во многих странах и стал заменой РБМК.

Основным преимуществом Водо-водяного энергетического реактора является безопасность, которая осуществляется за счёт его технических особенностей.

Основные различия заключаются в том, что:

1. Наличие цельного корпуса у ВВЭР, который держит давление в реакторе. у РБМК давление держится независимо в каждом отдельном канале.

2. Вокруг ВВЭР можно построить защитную оболочку, которая не допустит выхода радиации за пределы, а вокруг РБМК это сделать невозможно из-за огромного количества труб реакторного контура.

3. ВВЭР является двухканальным реактором, поэтому пар образуется во втором контуре и не подвергается заражению радиации, как происходит в РБМК.

4. У ВВЭР замедлителем и теплоносителем является вода, а у РБМК замедлителем является графит (горящее вещество).

5. Наличие топливной ловушки в конструкции, которая в случае чрезвычайной ситуации не даст топливу просочиться в почву [1,2].

Помимо положительных характеристик у ВВЭР имеются недостатки такие как:

1. Сложность производство реактора. На создание корпуса реактора требуется большие денежные и производственные затраты.

2. Потребление более дорогого и качественного топлива. Для работы реактора требуется более высокообогащенное топливо.

3. Сложность в обслуживании и наличие высококвалифицированного персонала.

4. Сложность перевозки реактора, а затем увеличение его в размерности в связи с конструктивными изменениями, из-за ограниченности рельсовых путей [3].

Несмотря на некоторые недостатки ВВЭР основой для развития атомных электростанций стали водо-водяные энергетические реакторы, за счет их безопасности, компактности и технического превосходства над реакторами большой мощности канальными.

Источники

1. Лескин, С. Т. Физические особенности и конструкция реактора ввэр-1000 : учебное пособие / С. Т. Лескин, А. С. Шелегов, В. И. Слободчук. — москва : нияу мифи, 2011. — 116 с. — isbn 978-5-7262-1492-4. — текст : электронный // лань : электронно-библиотечная система. — url: https://e.lanbook.com/book/75760 (дата обращения: 8.11.2022). — режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Шелегов, А. С. Физические особенности и конструкция реактора рбмк-1000 : учебное пособие / А. С. Шелегов, С. Т. Лескин, В. И. Слободчук. — москва : нияу мифи, 2011. — 64 с. — isbn 978-5-7262-1488-7. — текст : электронный // лань : электронно-библиотечная система. — url: https://e.lanbook.com/book/75767 (дата обращения: 7.11.2022). — режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Солонин, В. И. Ядерные реакторные установки : учебное пособие / В. И. Солонин. — москва : мгту им. Н.Э. Баумана, 2010. — 87 с. — текст : электронный // лань : электронно-библиотечная система. — url: https://e.lanbook.com/book/222971 (дата обращения: 5.11.2022). — режим

доступа: для авториз. пользователей.

УДК 621.165

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ТУРБОУСТАНОВКИ ПТ-60/75-130/13

Адель Марселевич Тухбатуллин
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Е. Безруков
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
adel.tukhbatullin@bk.ru

Аннотация. В статье рассмотрен пример теплового расчета с использованием функций по вычислению свойств воды и водяного пара в программе Mathcad.

Ключевые слова: паровая турбина, тепловой расчет, свойства воды и водяного пара, Mathcad, WaterSteamPro, экономичность.

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS AND DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR CALCULATION OF THE THERMAL SCHEME OF TURBO PLANT PT-60/75-130/13

Adel M. Tukhbatullin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
adel.tukhbatullin@bk.ru

Abstract. The article considers an example of a thermal calculation using functions for calculating the properties of water and steam in the Mathcad program.

Keywords: steam turbine, thermal calculation, properties of water and steam, Mathcad, WaterSteamPro, economy.

Основной задачей теплоэнергетики является обеспечение надежности, безопасности и экономичности работы оборудования в электростанциях [1]. На сегодняшний день огромное количество теплоэнергетических предприятий и учебных заведений энергетического и энергомашиностроительного профиля пользуются программой WaterSteamPro при расчетах тепловых схем, энергетических показателей паротурбинных установок ТЭС для планирования, анализа и совершенствования работы [5].

Внедрение WaterSteamPro в программный пакет Mathcad дает

возможность более облегченно произвести расчеты за счет размерности переменных [2]. Пользователь обращается к соответствующей функции с префиксом WaterSteam и появляется число с его единицей измерения в качестве результата (см. рисунок 1).

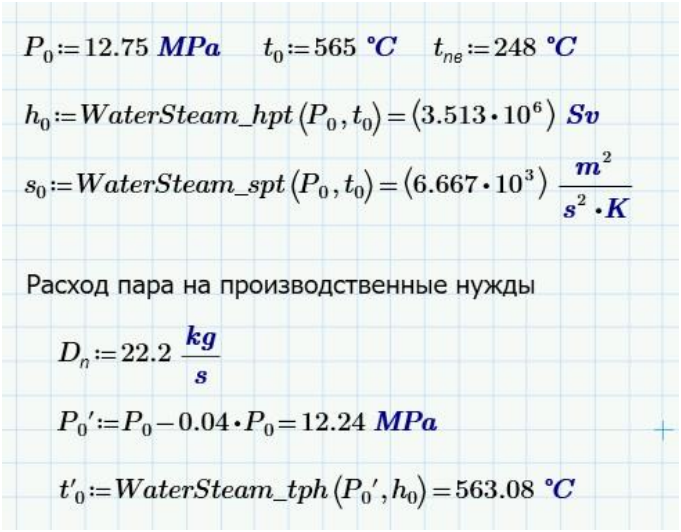


Рис. 1. Функции и формулы, задействованные при расчете тепловой схемы турбоустановки ПТ-60/75-130/13 с использованием функций программы WaterSteamPro

На рисунке 2 в *h*, *s*-диаграмме представлен процесс расширения пара в проточной части турбины, созданный через массив данных [4].

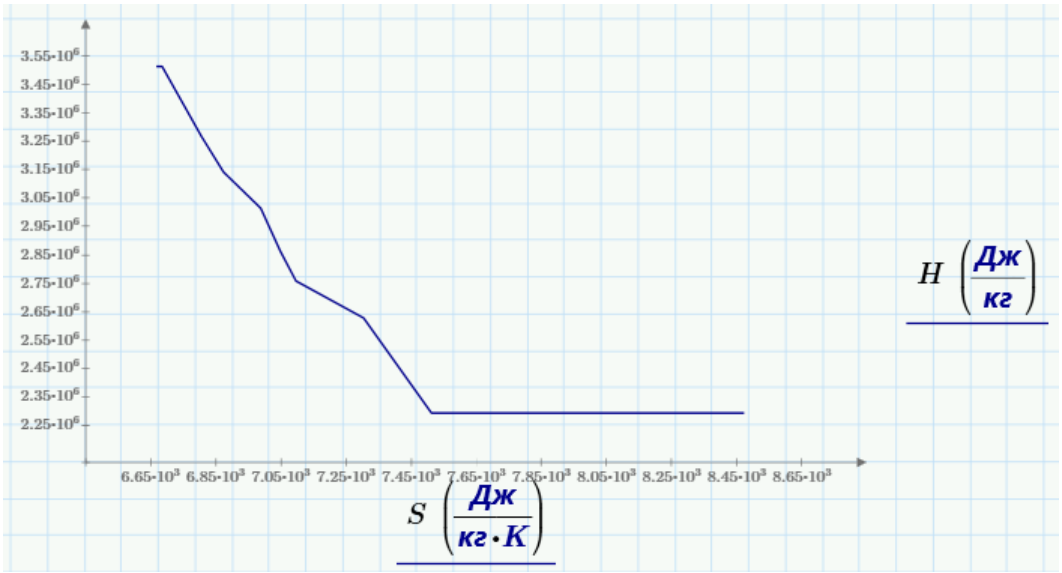


Рис. 2. Процесс расширения пара в турбине ПТ-60/75-130/13 в *h*, *s*-диаграмме

Результаты выполненной работы могут быть применены студентами инженерных специальностей при освоении учебных дисциплин, относящихся к расчету паровых турбин, а также инженерно-техническими работниками в случае реконструкции тепловой схемы энергоблока [3].

Источники

1. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.

2. Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math. New York: Academic Press, 2009.

3. Сосновский А.Ю., Мурманский Б.Е., Бродов Ю.М. Исследование универсальных условий устойчивости систем тепловых расширений паровых турбин к внешнему воздействию // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. №6. С. 61-71.

4. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблица теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 168 с.

5. Капанский А.А. Методы решения задач оценки и прогнозирования энергетической эффективности // Вестник КГЭУ. 2019. № 2 (42). С. 103-116.

УДК 620.9

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПГУ-450 И РБМК-1000

Андрей Артемович Филимонов[1], Рузина Фарсиловна Камалиева[2]
Науч. рук. доцент, А.А. Филимонова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]vip.jokermigel@mail.ru, [2]rruzzi@yandex.ru

Аннотация. В статье предложено сравнение рабочих показателей между парогазовой установкой и реактором с графитовым замедлителем.

Ключевые слова: мощность, КПД, безопасность, турбина, экологичность, экономичность, реактор.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TECHNICAL FUNCTIONS OF CCGT-450 AND PWR-1000

Andrey A. Filimonov[1], Ruzina F. Kamalieva[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]vip.jokermigel@mail.ru, [2]rruzzi@yandex.ru

Abstract. The article proposes a comparison of performance between a combined cycle plant and a graphite moderated reactor.

Keywords: power, efficiency, safety, turbine, environmental friendliness, efficiency, reactor.

Увеличение спроса на электроэнергию связано с развитием экономики и повышением уровня жизни в каждой стране. Основными конкурентами за неограниченное производство электрической энергии являются электростанции на ископаемом и атомные электростанции. Электростанции на возобновляемых источниках характеризуются низким КПД и высокими затратами [1], а крупные гидроэлектростанции конкурентоспособны при условии наличия подходящих площадок для их строительства. Поэтому планирование будущего производства электроэнергии должно основываться на ископаемых и ядерных технологиях.

Развитие реакторов с графитовым замедлителем мотивировалось возможностью создания систем с топливом из природного урана при использовании легкодоступного и недорого теплоносителя. Большая длина диффузии нейтронов в чистом графите L = 56,4 см приводит к значительным размерам реакторов с графитовым замедлителем. Тепловой КПД с ядерным топливом из природного урана не превышает 30%. РБМК-1000 состоит из активной зоны, бокового отражателя, верхнего и нижнего торцевых отражателей нейтронов. Реактор размещен в бетонной шахте [2].

Электростанция с парогазовой установкой имеет экологические преимущества по сравнению с другими тепловыми электрическими станциями. Также среди преимуществ следует выделить высокий КПД, который может достигать 60%. А применение парогазового цикла снижает удельный расход топлива примерно на 6 – 12% [3].

Проводя сравнение атомной и парогазовой электрических станций, необходимо в первую очередь учитывать экономические затраты, удельный расход топлива и мощность, выдаваемую электростанцией [4-5]. Технико – экономические показатели приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика технико – экономических показателей РБМК – 1000 и ПГУ – 450

№	Наименование	РБМК – 1000	ПГУ – 450
1	Электрическая мощность, МВТ	1000	450
2	Тепловая мощность, МВт	3200	407,05
3	КПД %	31,25	58
4	Затраты на строительство, млрдруб	8 млрд.долларов	20 млрд. рублей
5	Технологические выбросы, %	0	23

В результате сравнительного анализа, можно заметить, что при высоком КПД ПГУ – 450 РБМК – 1000 выдает более высокие электрические и тепловые мощности. В связи с практически нулевыми технологическими выбросами выработка энергии на ядерном реакторе является гораздо экологичней по сравнению с использованием парогазовой установки. С экономической точки зрения, затраты на строительство ПГУ намного ниже, однако в долгосрочной перспективе строительство РБМК окупается уже через несколько лет. Таким образом, генерация электроэнергии на атомных электростанциях, является более перспективным направлением в развитии энергетической области.

Источники

1. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Филимонов А.Г., Печенкин А.В / Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020. Том 22. №6. С. 79-91;

2. «Правила оценки соответствия оборудования, комплектующих, материалов и полуфабрикатов, поставляемых на объекты использования атомной энергии» Постановление Ростехнадзора от 05.09.2006 N4// ФНП в области использования атомной энергии, применяется с 01.07.2007 НП-071-06;

3. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электростанции / Стерман Л.С., Тевлин С.А., Шарков А.Т. – М.: Энергоиздат, 1982. – 456 с.;

4. Воздействие на окружающую среду при эксплуатации ПГУ [Электронный ресурс]. URL: https://www.goodstudents.ru/organization-examples/986-vozdejstvie-okruzh-sreda.html (дата обращения 10.11.2022);

5. Сравнительный анализ газоаэразольных выбросов АЭС и ВВЭР и РБМК [Электронный ресурс]. https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=603623 (дата обращения 10.11.2022);

СЕКЦИЯ 2. Промышленная теплоэнергетика. Эксплуатация и надежность энергоустановок и систем теплоснабжения

УДК 662.99

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Анна Алексеевна Аверьянова
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.В. Ваньков
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
annaannaaver@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются основные методы снижения энергопотребления, выявлены их достоинства, недостатки и сделаны выводы.

Ключевые слова: энергоэффективость, пинч-анализ, потоки, теплообменный аппарат.

STUDY OF METHODS FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTION

Anna A. Averyanova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
annaannaaver@gmail.com

Abstract. The article discusses the main methods of reducing energy consumption, their advantages and disadvantages are identified and conclusions are drawn

Key words: energy efficiency, pinch analysis, flows, heat exchanger.

С целью соответствия современным экологическим требованиям и обеспечения конкурентоспособности предприятия в условиях рыночной среды необходимо проводить мероприятия по повышению их энергоэффективности.

Согласно статье [1] выделяют следующие виды снижения потребления энергоресурсов и повышения эффективности процесса:

– пинч анализ;
– вовлечение в рекуперацию максимального количества потоков;
– использование высокоэффективных теплообменных аппаратов.

Пинч-анализ – метод, позволяющий снизить потребление ресурсов

путем организации наиболее эффективного взаимодействия технологических потоков [2]. Достоинством является возможность проектирования в специализированных программах, что упрощает процесс и уменьшает время работы над проектом. Применение пинч-анализа позволяет уменьшить количество теплообменных аппаратов и оптимизировать гидравлические характеристики в цикле.

Вовлечение в рекуперацию максимального количества потоков позволяет рационально использовать отработавшие ресурсы, для получения вторичных ресурсов с меньшим потенциалом, недостатком является усложнение технологического цикла, проведение реконструкции, что влечет за собой капитальные и эксплуатационные затраты [3].

В качестве теплообменных аппаратов применяют кожухотрубчатые и пластинчатые теплообменники. В современных кожухотрубчатых аппаратах применяют трубки со специальными шероховатыми, ребристыми поверхностями и вставками, которые увеличивают теплопередачу [4]. Их недостатком является повышение гидравлического сопротивления, что сказывается на затратах электроэнергии на собственные нужды [5].

Можем сделать вывод, что представленные методы позволяют повысить энергоэффективность производства и повысить экономичность цикла. Максимальный эффект будет достигнуть при одновременном использовании нескольких методов в тандеме. Например, проведенный пинч-анализ позволит повысить энергоэффективность за счет перераспределения технологических потоков, а рекомендованные в дополнение мероприятия по замене или реконструкции существующих теплообменников позволят повысить теплопередачу и снизить потребление энергетических ресурсов.

Источники

1. Яицких Г.Ц. Способы снижения энергопотребления технологических установок / Яицких Г.Ц., Вахрушин П.А., Исхаков В.Р., Краснов А.В. // Электронный журнал: Проектирование установок и НПЗ. ТПА 3 (84), 2016. – с. 44-47.

2. Юшкова Е.А. Эксергетический анализ котла посредством пинч-метода / Юшкова Е.А., Лебедев В.А. // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики, том 21, №4, 2019. – С. 58-65.

3. Илюшина С.В. Методы оптимизации технологических процессов / Илюшина С.В. // Вестник Казанского технологического университета. – С 323-327.

4. Бродов Ю.М. Теплообменники энергетических установок. Екб: Изд-во «Сократ», 2003. – С. 965.

5. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин: Учебн. Пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1994. – 288 с, ил.

УДК 620.91

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ГЕЛИОСИТЕМЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Лев Дмитриевич Анпилогов
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
lev.anpilogov.03@mail.ru

Аннотация. В статье представлен обзор различных типов гелиосистем, их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: солнечный коллектор, абсорбер, теплоноситель, гелиосистема.

THE PRINCIPLE OF OPERATION OF THE SOLAR SYSTEM FOR HEATING

Lev D. Anpilogov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
lev.anpilogov.03@mail.ru

Abstract. The article presents the principle of solar system in house heating advantages and disadvantages of this system, problems associated with the operation of the system.

Keywords: solar collector, absorber, heat carrier, solar system.

Гелиосистема представляет собой один из перспективных альтернативных источников тепловой энергии. Эти системы используются в промышленности во многих странах, с не давнего времени стали популярны и в частном секторе.

В её состав входят: коллектор и отопительный контур. Необходимо учитывать, что для нагрева воды, гелиосистемы не всегда способны обеспечить достаточный и полноценный обогрев [1]. Различные

конструкции солнечных коллекторов обладают достоинствами и эффективностью:

1. Трубчатые – их основой является стеклянные коаксиальные трубки, между которыми создаётся вакуум.

2. Открытые – являются емкостями, окрашенными в черный цвет, наполненными водой

3. Плоские – конструкции с прозрачной крышкой

Также можно использовать метод теплового насоса – в герметичной емкости находится жидкость, которая при нагреве испаряется [2].

Одним из важнейших элементов солнечного коллектора является абсорбер, с его помощью поступающая тепловая энергия аккумулируется и в дальнейшем передается потребителю. Абсорбер делают из меди, алюминия и стекла, впоследствии из них создаётся специальное покрытие. От покрытия зависит КПД абсорбера. Здесь необходимо находить оптимальное соотношение цены и качества. Удорожание абсорбера не всегда компенсируется его КПД.

Принцип работы коллектора заключается в том, что под действием солнечных лучей происходит нагрев теплоносителя. Классическим примером можно считать нагревание вещей на подоконнике. Но следует учитывать, что любая гелиосистема имеет ограниченные возможности, так как перепад температур не должен составлять более 20 градусов [3].

Гелиоустановки могут быть одно- и двухконтурными. Первые выполняют функцию нагрева теплоносителя для отопительной линии. Отопительные системы, построенные по двухконтурной схеме, не только нагревают воду для отопления, но и производят подогрев воды [4]. Учитывая особенности применения таких отопительных систем, необходимо детально разобрать их преимущества и недостатки.

К плюсам можно отнести:

1) пользование неиссякаемой и бесплатной солнечной энергией;
2) отсутствие зависимости от ресурсов;
3) возможность изменять конструкцию по своему желанию;
4) большой срок службы с дешёвым ремонт.

Их минусами являются:

1) система работает только в дневное время, расходуя ночью накопленное тепло;
2) зависимость от погодных и климатических условий;
3) низкий КПД и общая эффективность гелиоустановок;
4) возможность создания системы имеется не у всех домовладельцев;

Таким образом гелиосистемы позволяют уменьшить затраты на отопление и подогрев воды в доме. Сроком окупаемости такой системы считается 30 лет. Удешевить же эту систему можно, если вложить часть этой системы ещё на этапе строительства дома, тогда срок окупаемости станет меньше. Наиболее целесообразно часть крыши жилого дома монтировать как солнечный коллектор [5].

Источники

1. Кондратьев, А. Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка / А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 417-419. – EDN JFPHGG.

2. Гилазова, Г. Р. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления / Г. Р. Гилазова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2020. – № 2. – С. 25-27. – EDN TBANLT.

3. Горбунов, К. Г. Законодательные проблемы теплоэнергетики / К. Г. Горбунов, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2019. – № 2. – С. 111-113. – EDN LJVNRC.

4. Гатауллина, И. М. Применение теплового насоса для утилизации снежной массы в городских условиях / И. М. Гатауллина, А. Е. Кондратьев // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация" : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 82-85. – EDN FXZZBA.

5. Макуева, Д. А. Использование систем теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 420-422. – EDN MZKBFE.

УДК 620.1

ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Екатерина Дмитриевна Волкова
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. С.Р. Саитов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ekaterinavolkova20.00@mail.ru

Аннотация. Потребность в материале, обладающем низкой теплопроводностью, ставит перед наукой цель найти его. Существует большое количество перспективных материалов, которые годятся на эту роль, поэтому важной задачей является мониторинг новейших разработок этой отрасли и анализ характеристик инновационных материалов. В данной статье рассматриваются 6 новейших теплоизоляционных материалов, которые могут получить широкое распространение в будущем.

Ключевые слова: теплопроводность, материал, газ, параметры, теплоизоляция, структура.

REVIEW OF PROMISING THERMAL INSULATION MATERIALS

Ekaterina D. Volkova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ekaterinavolkova20.00@mail.ru

Abstract. The need for a material with low thermal conductivity sets the goal for science to find it. There are a large number of promising materials that are suitable for this role, so it is important to monitor the latest developments in this industry and analyze the characteristics of innovative materials. This article discusses 6 of the latest thermal insulation materials that may become widespread in the future.

Keywords: thermal conductivity, material, gas, parameters, thermal insulation, structure.

В настоящее время не существует единого теплоизоляционного материала, которым можно было удовлетворить все потребности в теплоизоляционных характеристиках. На сегодняшний день появляются новые перспективные материалы, которые в скором времени могут стать традиционными. Поэтому важно знать, какими ограничениями и возможностями они обладают, для более полного использования данных

материалов.

Вакуумный изоляционный материал (далее – ВИМ) представляет собой однородный материал с закрытой мелкопористой структурой, заполненной вакуумом, с общей теплопроводностью менее 4 мВт/мК. Изменение толщины или нарушение целостности материала ведут лишь к увеличению локальному мосту без потери низкой теплопроводности [3].

Газоизоляционный материал (ГИМ) похож на вышеупомянутый ВИМ, однако ГИМ является однородным материалом, заполненным газом с низкой теплопроводностью (в основном рассматриваются благородные газы) менее 4 мВт/мК [2].

Наноизоляционный материал (НИМ) представляет собой однородный материал с открытой или закрытой мелкопористой структурой, в которой размер пор уменьшен до минимального значения, равного 40 нм, для достижения минимальной теплопроводности в 4 мВт/мК. Создание сетчатой структуры в НИМ способствует неэффективности разрушения структуры материала за счёт непредвиденного попадания в поры влаги или воздуха (что свойственно ВИМ и ГИМ), из чего следует его преимущество перед предыдущими материалами – срок службы НИМ может достигать 100 лет. Своей низкой теплопроводности НИМ достигает путём использования эффекта Кнудсена, с учётом которого теплопроводность газа может быть записана в виде выражения (1):

$$\lambda_{газ} = \frac{\lambda_{газ,0}}{1 + 2\beta K_{н}} = \frac{\lambda_{газ,0}}{1 + \frac{\sqrt{2}\beta k_{в} T}{\pi d^{2} p \delta}} \qquad (1)$$

Проводимость решетки НИМ должна быть как можно ниже, чтобы получить наименьшую общую теплопроводность. Если будет достигнуты твёрдотельная решетка с низкой проводимостью и низкой теплопроводностью газа, то НИМ может стать наиболее высокоэффективным теплоизоляционном материалом в будущем [1, 5].

Динамический изоляционный материал (ДИМ) является материалом, чью теплопроводность можно регулировать в желаемом диапазоне путём контролируемого изменения некоторых параметров. Термоизоляционные регулирующие способности ДИМ открывают огромный потенциал использования данного материала во многих сферах технологического процесса. Однако для дальнейшего развития необходимо продемонстрировать способность создания ДИМ в реальных условиях.

Совместное использование НИМ и бетона также является одним из перспективных теплоизоляционных материалов [4]. Смешивание НИМ с бетоном позволяет уменьшать количество выбросов CO_2 при изготовлении цемента, что сокращает негативное влияние цементной промышленности на экологию, а также уменьшает теплопроводность бетона (1700-2500 мВт/мК – в зависимости от наличия арматуры в бетоне). Но необходимо учитывать, что при комбинировании этих материалов важно сохранить большую часть конструкционных свойств бетона.

Последним из рассматриваемых материалов рассмотрим НаноКон, который представляет собой однородный материал с закрытой или открытой нанопористой структурой с общей теплопроводностью менее 4 мВт/мК, т.е. представляет собой НИМ с конструкционными свойствами бетона и высокой прочностью.

Окончательный вариант наилучшего теплоизоляционного материала всё ещё не найден, однако существует множество вариантов, которые могут им стать в ближайшем будущем.

Источники

1. B.P. Jelle. Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities. URL:https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2473737/Traditional+State-of-the-Art+and+Future+Thermal+Building+Insulation+Materials+and+Solutions+-+Properties+Requirements+and+Possibilities57823.pdf?sequence=5 (Дата обращения 06.11.22)

2. Дмитриев А. В. Анализ прогрева форм из различных материалов / А. В. Дмитриев, С. Ф. Лорай, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 20. – С. 52-53.

3. Патент № 2658725 C1 Российская Федерация, МПК F16L 59/065, F25D 23/06. Вакуумный теплоизоляционный материал, теплоизоляционный короб, использующий теплоизоляционный материал, и способ производства теплоизоляционного материала: № 2016135626: заявл. 08.01.2015: опубл. 22.06.2018 / Т. Мукайяма, К. Фудзимура, Т. Инудзука [и др.]; заявитель МИЦУБИСИ ЭЛЕКТРИК КОРПОРЕЙШН. – EDN WANAYW.

4. Патент на полезную модель № 92933 U1 Российская Федерация, МПК F16L 59/00, F16L 59/02. Комбинированный теплоизоляционный материал и изделие из него: № 2009147355/22: заявл. 22.12.2009: опубл. 10.04.2010 / А. Е. Кузнецов. – EDN MWHJWC.

5. Тубаева Ю. В. Наноизоляционные материалы для использования в зданиях с нулевым потреблением энергии (NZEB) / Ю. В. Тубаева // Теория. Практика. Инновации. – 2018. – № 8(32). – С. 27-32. – EDN UZUGJI.

УДК 621.311:620.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Алсу Рузилевна Галимова
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.О. Гапоненко
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
galimovaar00@mail.ru

Аннотация. На сегодняшний день система теплоснабжения является ключевым комплексом в промышленной энергетике по производству, распределению и потреблению тепловой энергии. Для повышения эффективности процесса транспортирования тепла применяют современные технологии для своевременного обнаружения неисправностей трубопроводных транспортов. В работе рассмотрен виброакустический метод неразрушающего контроля как способ оценки технического состояния трубопроводных транспортов. Было выявлено, что исследуемый метод позволяет эффективно решать задачи поиска дефектов и оценивать техническое состояние исследуемого объекта.

Ключевые слова: теплоснабжение, неразрушающий контроль, виброакустический метод, техническое состояние.

THE USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF HEAT SUPPLY SYSTEMS

Alsu R. Galimova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
galimovaar00@mail.ru

Abstract. The heat supply system is a key complex in the industrial energy sector for the production, distribution and consumption of thermal energy. To increase the efficiency of the heat transportation process, modern technologies are used to detect pipeline transport

malfunctions in a timely manner. The paper considers the vibroacoustic method of non-destructive testing as a way to assess the technical condition of pipeline transports. It was revealed that the method under study allows to effectively solve the problems of searching for defects and assess the technical condition of the object under study.

Keywords: heat supply, non-destructive testing, vibroacoustic method, technical condition.

Система теплоснабжения представляет собой комплекс мероприятий по производству тепловой энергии для дальнейшей ее транспортировки и распределения конечным потребителям. Система теплоснабжения состоит из источника теплоты, тепловых сетей и комплекса инженерного оборудования и коммуникаций для эффективного использования теплоты потребителям [1]. Зачастую, значительная протяженность трубопроводных транспортов систем теплоснабжения приводят к большим значениям потерь тепловой энергии, что влияет на экономическую эффективность производства. Рассматриваемая тематика является актуальной в промышленной теплоэнергетике и требует решений по устранению возможных утечек теплоносителя в трубопроводных транспортах. [2].

Целью данной работы является мониторинг технического состояния систем теплоснабжения с применением современных технологий методов неразрушающего контроля.

На сегодняшний день, эксплуатация трубопроводных тепловых систем неразрывно связана с мониторингом их технического состояния [3]. Контроль за состоянием тепловых сетей включает в себя процесс наблюдения и диагностирования с помощью современных технологий методов неразрушающего контроля. Одним из наиболее эффективных методов неразрушающего контроля является виброакустический, основанный на измерении и анализе параметров виброакустичских сигналов [4]. Вибродиагностирование объектов получило наибольшее распространение, так как обработка полученных сигналов позволяет получить высокую чувствительность и точность результатов [5]. На обследуемый объект устанавливают измерительную аппаратуру, позволяющая обнаруживать дефекты контролируемого объекта на основе данных виброакустических колебаний. Наличие повреждений на корпусе трубопроводных транспортов обуславливается наличием сигналов большой амплитуды и их пиковых значений.

Таким образом, снижение тепловых потерь в системах теплоснабжения возможно благодаря эффективному контролю трубопроводных транспортов на наличие неисправностей. С помощью

виброакустического метода неразрушающего контроля мониторинг позволит обнаружить дефекты и спрогнозировать своевременную замену тепловых сетей.

Источники

1. Костюченко А.Ю. Анализ существующих методов неразрушающего контроля строительных конструкций // Аллея науки. 2018. Т. 1. № 6 (22). С. 264–268.

2. Старчук Д.В., Дьяков Д.А., Бавыкин О.Б. Анализ комплексного применения методов неразрушающего контроля // В сборнике: Инновационные разработки в обработке материалов давлением и аддитивном производстве. Качество выпускаемых изделий. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. 2019. С. 356–359.

3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 4. С. 3–15.

4. Роберов И.Г., Шкатов П.Н., Грама В.С., Иванов В.О., Зыбин Е.Ю., Киселев М.А., Кузуб И.Г. Применение неразрушающих методов контроля для мониторинга технического состояния конструкционных материалов в процессе эксплуатации // В сборнике: Дополнение к материалам КИМИЛА-2020. Дополнение к материалам IV Отраслевой конференции по измерительной технике и метрологии КИМИЛА-2020. Жуковский, 2021. С. 144–152.

5. Гапоненко С.О. Математическая модель вынужденных колебательных процессов для определения динамического отклика дефектных трубопроводов // В книге: Энергия-2022. Семнадцатая всероссийская (девятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Материалы конференции. В 6-ти томах. Иваново. 2022. С. 65.

УДК 621.31

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Венера Ринатовна Гараева
Науч. рук. кандт техн. наук, доц. Э.А. Ахметов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
vera.garaeva.1999@mail.ru

Аннотация. В статье изучается эффективность применения солнечной энергии в качестве возобновляемого источника тепла с помощью солнечных коллекторов для систем горячего водоснабжения и отопления жилого дома.

Ключевые слова: теплоэнергетика, энергетическая эффективность, солнечные коллекторы, отопление жилого дома, солнечная энергия.

APPLYING OF SOLAR COLLECTORS IN THE SYSTEMS OF HEATING AND HOT WATER SUPPLY OF A RESIDENTIAL HOUSE

Venera R. Garaeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
vera.garaeva.1999@mail.ru

Abstract. The article studies the efficiency of using solar energy as a renewable heat source using solar collectors for hot water supply and heating systems of a residential building.

Keywords: thermal power engineering, energy efficiency, solar collectors, residential building heating, solar energy.

Солнечный коллектор (СК) представляет собой устройство, которое собирает солнечную энергию, а затем преобразует ее в тепло. Солнечные коллекторы используются для обеспечения дома горячей водой в летний период, а также для нагрева воды в бассейне. А в зимний период данные установки применяются для отопления в комбинации с котлами на твердом топливе, жидком топливе или с электрическим обогревом. Солнечные коллекторы могут снизить затраты на систему отопления на пятьдесят процентов. СК продолжает работать и в пасмурные дни, однако в этом случае для покрытия тепловой нагрузки системы теплоснабжения и обеспечения дома горячей водой необходим дополнительный источник тепловой энергии. Для нагрева воды площадь солнечного коллектора берется меньше, чем в случае покрытия тепловой нагрузки отопления жилого здания [1].

Технологические достижения значительно улучшили солнечные коллекторы, и ожидается, что основная концепция этих устройств не изменится в ближайшие годы. Только такие детали, как используемые материалы, могут быть улучшены [2].

Главным для экономической и функциональной привлекательности солнечного нагрева воды является высокий КПД, то есть возможность

собрать с ограниченной площади и с минимальными потерями передать достаточное количество энергии, достаточное для того, этот источник стал основным для горячего водоснабжения и отопления, а классические системы стали аварийными [3].

К основным преимуществам использования солнечных коллекторов в качестве источника тепловой энергии можно отнести: независимость от других генераторов тепла, возобновляемый неиссякаемый источник энергии, относительно долгий срок службы гелиосистем и отсутствие вредного воздействия на экологию. Недостатками использования СК является влияние климатических условий, формы кровли, протяженности светового дня, характерных черт ландшафта на их КПД, а также большие начальные расходы [4].

С целью достижения максимально возможного коэффициента полезного действия немаловажно предварительно обдумать как, в каком месте, и какой тип солнечного коллектора устанавливать. Даже незначительная неточность в планировании способно существенно уменьшить эффективность гелиосистемы. К примеру, если вблизи планируется стройка или растут деревья и создают тень и если неверно выбран угол наклона, то на коллектор будет попадать меньшее количество солнечных лучей [5].

Применение СК в качестве источника тепловой энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения для жилых домов имеет экономическое обоснование. Несмотря на большие сроки окупаемости, такие установки позволяют экономить значительную часть энергоресурсов. Это будет особенно интересно для частных домов и фермерских хозяйств, не имеющих технической возможности подключения к газовым сетям и использования природного газа в качестве источников тепловой энергии [6].

Внедрение солнечных коллекторов в системы отопления и горячего водоснабжения жилых домов обосновано с экономической точки зрения, так как несмотря на длительные сроки окупаемости, такие устройства позволяют сэкономить значительное количество энергетических ресурсов. Особый интерес это будет представлять для индивидуальных жилых домов и ферм, которые не имеют технической возможности подключения к магистральным сетям газоснабжения и теплоснабжения с помощью природного газа в качестве главного источника тепла [7].

Источники

1. Алхасов, А. Б. Комбинированная солнечно-геотермальная система

отопления и горячего водоснабжения / А. Б. Алхасов, Д. А. Алхасова, М. Г. Дибиров // Теплоэнергетика. – 2021. – № 7. – С. 58-64. – DOI 10.1134/S0040363621050027.

2. Возможность использования солнечных коллекторов как энергоэффективного отопления на примере Республики Тыва / А. С. Кысыыдак, В. У. Монгуш, С. В. Долгар, Т. Э. Ондар // Перспективы науки. – 2021. – № 4(139). – С. 242-244.

3. К вопросу об энергосбережении в малоэтажном строительстве / О. Н. Шарапов, Д. А. Бабухин, А. В. Башкатов, В. В. Полякова // Университетская наука. – 2019. – № 1(7). – С. 88-91.

4. Митрошин, М. А. Анализ рентабельности использования солнечных коллекторов для отопления и ГВС частного дома в Уральском регионе / М. А. Митрошин, М. А. Шкред, И. А. Пономарев // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2019. – Т. 1. – С. 168-171.

5. Щигельский, А. С. Использование солнечной энергии в домах / А. С. Щигельский, Н. А. Федоренко, Е. В. Чалко // Электроэнергетика и электротехника: Материалы 78-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Минск, 25–27 апреля 2022 года. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2022. – С. 133-137.

6. Ахмед. З.А. Перспективы использования солнечной энергии в Ираке / З.А. Ахмед, Д.А. Павлюченко, И.В. Кобобель // Вестник Казанского государственного энергетического университета, 2020. Т 12. № 1(45). С. 63-70.

7. Применение солнечной энергии для нужд горячего водоснабжения в городе Казань / Р.Д. Юсупов, Ш.Г. Зиганшин, Т.О. Политова, Э.Р. Базукова // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т.14 №2 (54). С. 48-58.EDN SRWKPL.

УДК 620.179

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТ ТРУБОПРОВОДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОЗДАВАЕМОГО В НЕМ ДАВЛЕНИЯ

Елена Владимировна Гарнышова[1], Евгения Вячеславовна Измайлова[2],
Юрий Витальевич Ваньков[3]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]garnyshova@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru, [3]yvankov@mail.ru

Аннотация. Для выявления зависимости изменения частотных характеристик трубопровода от создаваемого в нем давления был проведено моделирование в расчетно-программном комплексе ANSYS. В качестве трубопровода использовался участок трубы (длиной 400 мм) с отложением (оксида кремния 0,5 мм) и с шагом нагружения давления 1 МПа.

Ключевые слова: трубопроводы, отложения, собственные частоты колебаний, ANSYS, нагружение давлением.

CHANGING THE FREQUENCIES OF THE PIPELINE DEPENDING ON THE PRESSURE CREATED IN IT

Elena V. Garnyshova[1], Evgeniya V. Izmaylova[2], Yuri V. Vankov[3]
[1,2,3]KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]garnyshova@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru, [3]yvankov@mail.ru

Abstract. To identify the dependence of changes in the frequency characteristics of the pipeline on the pressure created in it, modeling was carried out in the ANSYS calculation and software complex. A section of pipe (400 mm long) with deposition (0.5 mm silicon oxide) and with a pressure loading step of 1 MPa was used as a pipeline.

The work was carried out within the framework of the state task № 075-03-2021-175/Z.

Keywords: pipelines, deposits, natural oscillation frequencies, ANSYS, pressure loading.

Для определения реального состояния трубопроводов и их дальнейшей работоспособности необходим их своевременный контроль [1]. Для получения достоверных результатов контроля состояния трубопроводов по анализу собственных частот, необходимо учитывать и давление транспортируемой среды, которое влияет на амплитудно-частотную характеристику трубопровода.

В программной среде ANSYS для исследования изменений амплитудно-частотных характеристик трубопровода был смоделирован участок чистой трубы длиной 400 мм из структурной стали (Structural Steel) [2], внешним d = 159 мм, внутренним d = 151 мм, жестко защемленный с обеих сторон (Рис. 1).

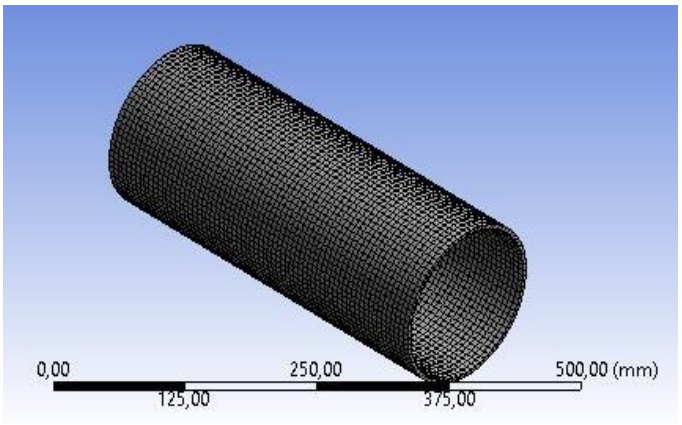


Рис. 1. Чистая труба

Далее на внутреннюю стенку участка трубы был добавлен слой отложения оксида кремния 0,5 мм, и определены собственные частоты колебаний трубы [3-5] (Рис. 2).

Нагрузили давлением 1 МПа и провели анализ структурно-жидкостного взаимодействия в ANSYS (TotalDeformation) (Рис. 3).

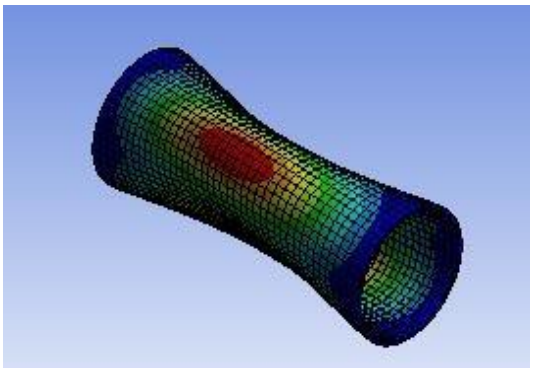


Рис. 2. Труба с отложением без давления

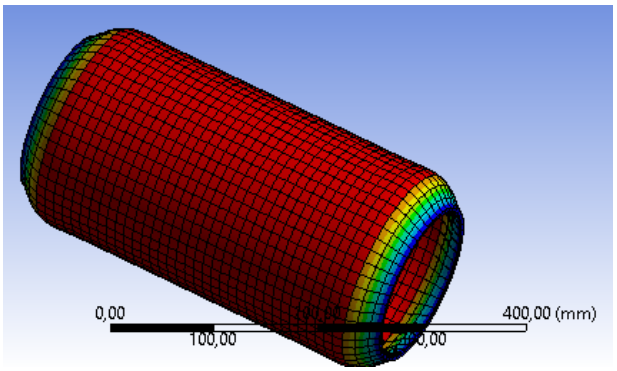


Рис. 3. Труба с отложением с давлением 1 МПа

В таблице 1 приведены некоторые полученные собственные частоты колебаний трубы при разных условиях.

Таблица 1

Собственные частоты колебаний трубы при разных условиях

№ моды	Частоты трубы с отложением без давления	Частоты трубы с отложением с давлением 1 МПа
1	432,3	475,06
15	1219,4	1286,4

25	2327,3	2516,6
50	3746,3	3855,7
75	5462,6	5769,1
100	7641,9	7949,5

Полученные результаты показали, что собственные частоты колебаний участка трубы с отложением возрастают при нагружении давлением.

Работа выполнялась в рамках гос. задания № 075-03-2021-175/3.

Источники

1. Ваньков Ю.В., Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В., Загретдинов А.Р. Повышение энергоэффективности контролем трубопроводных систем: монография // Казань: Издательство Казанского университета, 2022. 142 с.

2. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В. Применение ANSYS для определения частот колебаний трубопровода. Тезисы докладов XXVII Международ. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – М.: МЭИ, 2021. С. 319.

3. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний // ИЗВУЗ. ПЭ, 2020. Т. 22. № 4. С. 106-114.

4. Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В., Ваньков Ю.В. Численное моделирование собственных колебаний поверхностей теплообмена с различными толщинами отложений. Материалы науч. конф. «Наука, техника и развитие инновационных технологий», посвященной 30-летнему юбилею независимости Туркменистана // Туркменистан, Ашхабат: ГЭИТ, 2021. Т. 2, С. 145-147.

5. Гарнышова Е.В., Ваньков Ю.В., Измайлова Е.В. Зависимость частоты колебаний поверхности теплообмена от плотности осадка. Сб. труд. XXVIII Междунар. научн.-техн. конф. «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» // Москва: МЭИ, 2022. С. 229.

УДК 621.64

РАСЧЕТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ОБОЛОЧКИ ТРУБОПРОВОДА

Илюза Мансуровна Гатауллина
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ttolin@inbox.ru

Аннотация. Одним из актуальных вопросов развития жилищно-коммунального комплекса является повышение уровня безаварийной работы систем энергоснабжения, наиболее распространенными из которых являются энергопроводы, за счет неразрушающего контроля. Также неразрушающий контроль энергопроводов позволяет оценить остаточный ресурс, спрогнозировать сроки последующего ремонта или замены энергетических коммуникаций. Одним из важных этапов неразрушающего контроля является расчет собственных колебаний трубопроводов под нагрузкой.

Ключевые слова: техническая диагностика, неразрушающий контроль, математическое моделирование, колебание трубопровода

CALCULATION OF THE INTRINSIC OSCILLATIONS OF THE PIPELINEA SHELL

Ilyuza M. Gataullina
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ttolin@inbox.ru

Abstract. One of the topical issues of the development of the housing and communal complex is toincrease the level of trouble-free operation of energy supply systems, the most common of which are energy pipelines, due to non-destructive testing. Also, non-destructive testing of energy pipelines allows you to assess the residual resource, predict the timing of subsequent repair or replacement of energy communications. One of the important stages of non-destructive Control is the calculation of the intrinsic oscillations of pipelines under load.

Keywords: technical diagnostics, non-destructive testing, mathematical modeling, pipeline oscillation

Применение технической диагностики энергетических трубопроводов позволяет провести с большой степени достоверности оценку их технического состояния. Известно значительное количество способов контроля, из которых наиболее приемлемым является неразрушающий контроль. Основным преимуществом неразрушающего контроля является физическая целостность объекта исследования, при этом есть возможность оценить степень его годности [1].

Из всего многообразия методов неразрушающего контроля наиболее приемлемым является метод колебаний. При динамической нагрузке трубопровода в результате взаимодействия потока теплоносителя с неподвижными стенками трубопровода возникают механические

колебания [2]. Параметры этих колебаний зависят не только от свойств трубопровода, но и его состояния. Так, имеется возможность оценить степень чистоты внутренней поверхности энергетического трубопровода, а также наличие внутренних механических дефектов [3].

С целью определения информативного частотного диапазона проводится построение математической модели процесса колебания трубопровода. Для расчета частот собственных колебаний применяется программный комплекс ANSYS. Это наиболее удобная программная среда с универсальной программой конечно-элементного анализа [4]. С помощью этого программного комплекса возможно решение линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач деформации твердого тела с учетом теплопередачи, теплообмена и виброакустики [5].

С целью оценки влияния дефектов различного рода произведено математическое моделирование упругих колебаний стенок трубопровода. Модальный анализ проводился как на бездефектном трубопроводе, так и трубопроводе с различными механическими дефектами различных размеров.

Математическое моделирование проводилось на трубопроводе со следующими параметрами: диаметр трубопровода 72 мм, толщина стенок 4 мм. В этом случае моделирование дефекта не производилось, трубопровод считался условно исправным. Проведен расчет первых 50 собственных мод колебаний, в таблице показан наиболее информативный диапазон от 2867 Гц до 3148 Гц.

Таким же образом проведен модальный анализ собственных колебаний исследуемого трубопровода диаметром 72 мм и толщиной стенки 4 мм, но с введенным дефектом. Здесь также проведен расчет первых 50 собственных мод колебаний, в таблице показан наиболее информативный диапазон от 1605 Гц до 2798 Гц.

Таким образом, для выбранного трубопровода рассчитана наиболее информативная частота колебаний, на основе которой возможно построение диагностической системы виброакустическим методом [6]. Сравнение частот колебаний дефектного и бездефектного трубопроводов позволяет сделать вывод, что основные моды колебания стенок исследуемого трубопровода при наличии дефекта смещаются в область более низких частот. При этом замечено, что снижение частотного диапазона напрямую связано с размером дефекта.

Источники

1. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, С. П. Кузнецов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 1(57). – С. 36-38. – EDN JWBVZB.

2. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes / S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, A. E. Kondratiev, R. Dimova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 01021. – DOI 10.1051/e3sconf/201912401021. – EDN UXIYTB.

3. Vankov Yu V and Kondrat'ev A E, 2004 Pribory i Sistemy Upravleniya (2) 45-53

4. Загретдинов, А. Р. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ш. Г. Зиганшин // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4-1(31). – С. 27. – EDN TPMSOV.

5. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М. В. Акутин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, Ю. Я. Петрушенко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 2. – С. 55-57. – EDN KPZDLZ.

6. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104. – EDN RUHUDR.

УДК 536.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДА С ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ С МИКРОСФЕРАМИ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ

Камиля Расуловна Гафиатуллина[1], Максим Дмитриевич Крайков[2]

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.В. Ваньков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

[1]Kgafiatullina@yandex.ru, [2]maksim_kraikov@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрено применение программного комплекса COMSOL Multiphysics для исследования теплопередачи через тонкопленочную теплоизоляцию с микросферами.

Ключевые слова: микросферы, энергосберегающая краска, теплоизоляция, теплопроводность.

MODELING OF A PIPELINE WITH THIN-FILM THERMAL INSULATION WITH MICROSPHERES IN STATIONARY MODE

Kamilya R. Gafiatullina[1], Maksim D. Kraikov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]Kgafiatullina@yandex.ru, [2]maksim_kraikov@mail.ru

Abstract. The article considers the application of the COMSOL Multiphysics software package for the study of heat transfer through thin-film thermal insulation with microspheres.

Keywords: microspheres, energy-saving paint, thermal insulation, thermal conductivity.

В последние годы программные комплексы для моделирования и расчетов различных мультифизических задач приобретают все большее значение для оптимизации инженерных работ [1]. Существует большое количество программ для моделирования процессов, протекающих в природе и при технологических процессах [2].

COMSOL Multiphysics является современным программным комплексом, состоящим из интерактивной среды и расчетных модулей, предназначенных для моделирования и проведения расчетов [3].

В среде COMSOL Multiphysics был смоделирован стационарный процесс передачи теплоты по трубопроводу с внутренним диаметром 36 мм, длинной 500 мм, покрытому теплоизоляцией в виде энергосберегающей краски разной толщины: 1 мм, 3 мм, 5 мм и 8 мм, в объеме которой располагаются полые микросферы диаметрами 0,04-0,12 мм и 0,1-0,3 мм.

В работе была смоделирована геометрия трубопровода с изоляцией на нем, заданы значения температуры для нагреваемой среды в трубопроводе (t=50 °С), температуры окружающей среды ($t_{окр}$=18 °С), коэффициент теплопроводности материала трубы ($\lambda_{тр}$=80 °С), плотности и коэффициент теплопроводности керамических сфер ($\rho_{сф}$=350 кг/м^3,

$\lambda_{сф}$=0,08 Вт/(м·К) [4]) и алкидной эмали в качестве связующего материала ($\rho_{алк}$=1180 кг/м^3, $\lambda_{алк}$=0,028 Вт/(м·К) [5]).

Результаты расчетов представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Результаты моделирования тонкого слоя теплоизоляции с применением микросфер

Отношение количества микросфер к общему объему теплоизоляционного материала, %	Толщина слоя теплоизоляции, мм	Размеры микросфер, мм	
		0,04-0,12	0,1-0,3
		Температура на поверхности теплоизоляции, ℃	
40	1	49,61	49,53
	3	48,64	47,85
60	5	47,60	45,06
	8		42,29

Таблица 2

Сравнение результатов расчета температуры на поверхности теплоизоляции с опытными данными

	Диаметры микросфер, мм						
	0,04-0,12			0,1-0,3			
	Толщина теплоизоляции, мм						
	1	3	5	1	3	5	8
	Температура на поверхности теплоизоляции, ℃						
Опытные данные	49,66	48,71	47,66	49,59	47,9	45,12	42,34
Расчетные данные	49,61	48,64	47,60	49,53	47,85	45,06	42,29
Разница значений, Δ	0,06	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05

Сравнение результатов, полученных опытных путем и путем моделирования тонкопленочной теплоизоляции в программном пакете COMSOL Multiphysics (табл. 2), показало, что они практически совпадают. Разница в значениях, Δ, при сравнении температуры на поверхности теплоизоляции приблизительно равна 0,059 ℃. Это дает обоснование для

использования программного обеспечения в дальнейшем для прогнозирования различных рассчитываемых параметров без проведения экспериментов.

Источники

1. Карев Д.С., Мельников В.М., Иванченко А.Б. Расчет потерь теплоты при ее передаче по теплопроводу с применением CAD/CAEтехнологий // Вестник КГЭУ. 2017. №4 (36). С. 65-73.

2. Компьютерное моделирование процессов переноса и деформации в сплошных средах : учебное пособие / В. Е. Анкудинов, Д. Д. Афлятунова, М. Д. Кривилев , Г. А. Гордеев. – Ижевск : Удмуртский университет, 2014. – 105 с.

3. Решение мультифизических задач на основе цифровых прототипов // КиберЛенинка : сайт. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-multifizicheskih-zadach-na-osnove-tsifrovyh-prototipov (дата обращения: 16.06.2022)

4. Г.М. Серых К вопросу о теплопроводности пористых материалов // Известия Томского ордена трудового красного знамени политехнического института имени С.М. Кирова. – 1958. – Т. 101. – С. 59-70.

5. Таблица теплопроводности материалов // Клинкерпром URL: https://klinkerprom.ru/videoteka/Таблица%20теплопроводности%20материалов.pdf (дата обращения: 12.11.2022).

УДК 620.179

ОБЗОР МЕТОДОВ ПОИСКА УТЕЧЕК В ТРУБОПРОВОДАХ

Земфира Ирековна Гаязова[1], Екатерина Андреевна Усанова[2]
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Г. Зиганшин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]zemfira.gayazova2000@yandex.ru, [2]usankate03@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются основные методы поиска утечек в трубопроводах, анализируются их преимущества и ограничения.

Ключевые слова: утечка, трубопровод, метод поиска, акустический метод.

OVERVIEW OF METHODS FOR SEARCHING FOR LEAKAGES IN PIPELINES

Zemfira I. Gayazova[1], Ekaterina A. Usanova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]zemfira.gayazova2000@yandex.ru, [2]usankate03@gmail.com

Abstract. The article discusses methods for finding leaks in pipelines, analyzes their advantages and limitations**.**

Keywords: leakage, pipeline, search method, acoustic method.

Трубопроводы считаются самым безопасным и экономичным способом транспортировки жидких и газообразных сред. Тем не менее, трубопроводы подвержены возникновению течи, которые могут быть вызваны множеством факторов, таких как коррозия, температурные деформации, гидравлические удары, механические повреждения.

В настоящее время разработано и протестировано большое количество методов обнаружения течей, они играют решающую роль в ограничении последствий утечек.

Классифицировать методы обнаружения течи в трубопроводах можно по следующим категориям:

1) методы, основанные на внешних данных – работают по принципу физического обнаружения течи продукта с использованием специальных датчиков: метод волокно-оптического зондирования, акустический метод, метод акустической эмиссии;

2) методы, основанные на внутренних вычислениях – используют в основе алгоритмический принцип, который отслеживает параметры потока в реальном времени: метод снижения давления с фиксированной установкой, метод сравнения расходов, метод сравнения изменения скорости расходов, метод линейного баланса, метод отрицательных ударных волн, метод сканирующих волн [1];

3) методы визуального контроля – представляет собой периодический осмотр объекта людьми, собаками или другими специальными средствами (дронами, роботами);

4) методы, основанные на применении дополнительных устройств для поиска течи: тепловой метод, фотоионизационный метод, метод подповерхностного зондирования, лазерный газоаналитический метод [2].

Метод волокно-оптического зондирования основан на установлении изменений в измерениях температуры и деформации с помощью прокладки волокно-оптических кабелей. Благодаря этому методу можно

точно определить местоположение течи.

Корреляционный метод предполагает регистрацию виброакустического сигнала, создаваемого утечкой, и дальнейшую его обработку в корреляционном течеискателе Метод является экологичным, может использоваться с любыми трубопроводами и средами, но требует подготовки эксплуатирующего персонала.

Акустический метод основан на регистрации акустических шумов через наушники с помощью специального датчика (геофона).

Метод акустической эмиссии является наиболее точным из всех акустических методов, а также единственным из них, способным производить диагностику в режиме реального времени. Данный метод подразумевает фиксацию датчиками сигналов акустической эмиссии. Требует высоких затрат [3].

Методы снижения баланса, сравнения расходов и линейного баланса схожи между собой, они основаны на сравнении таких характеристик как давление, расход и объем соответственно. все три способа очень эффективны при крупных утечках, но имеют низкую чувствительность к незначительным течам.

Метод отрицательных ударных волн представляет собой регистрацию волны изменения давления с помощью индикаторов давления. Позволяет обнаружить несанкционированную врезку в трубопровод, требует полного заполнения трубопровода.

Метод сканирующих волн предполагает сравнение данных, полученных аналитическим путем, при гидравлическом ударе. Данный метод характеризуется невысокой стоимостью. Может привести к разрушению трубопровода.

Тепловой метод позволяет находить утечку с помощью тепловизора путем оценки температурного поля. Является быстрым и эффективным.

В фотоионизационном методе применяются газоанализаторы, регистрирующие факт утечки путем обнаружения продукта в почве или грунтовой воде, а также пары углеводородов в воздухе [4].

Метод подповерхностного зондирования реализуется с применением георадара, который фиксирует электрические характеристики грунты испускающее при разлитии нефтепродуктов.

Лазерный газоаналитический метод позволяет регистрировать пары углеводородного газа при утечке нефти, нефтепродуктов или газов с помощью газоанализаторов. Обладает высокой точностью обнаружения незначительных утечек, быстрый и эффективный [5].

Существует огромное разнообразие методов для обнаружения утечки

трубопроводов, в данной статье была представлена часть из них. Каждый из вышеперечисленных методов имеют недостатки, однако применение их в сочетании позволяет эффективно находить места прорыва трубопровода.

Источники

1. Мишкин, Г. Б. Классификация систем обнаружения утечек на магистральных трубопроводах нефти, газа и нефтепродуктов / Г. Б. Мишкин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2010. — № 11 (22). — Т. 1. — С. 56-58.

2. Первухин, П.А. Методы и приборы обнаружения утечек нефтепродуктов [Электронный ресурс] / П.А. Первухин. – Интернетжурнал «Технологии техносферной безопасности», 2009. № 6.

3. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Ваньков Ю.В. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. № 9-10. С. 97-104.

4. Аширова О.А., Салохиддинов А.Т. Метод эффективного поиска скрытых мест утечек воды в подземных трубопроводах // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2 (26). С. 156–170.

5. Мамонова Т. Е. Методы диагностики линейной части нефтепроводов для обнаружения утечек//Проблемы информатики. — 2012. — Спецвыпуск — С. 103-112.

УДК 620.9

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ОТОПЛЕНИЕ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЮ

Альберт Ильдарович Гилязов
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.В. Измайлова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
keni82590@gmail.com

Аннотация. В статье представлен обзор способов повышения энергоэффективности и снижение энергопотребления здания, за счет применения материалов с фазовым приходом. Данная работа позволяет оценить на каком уровне находится индустрия производства материалов, применяемых для повышения энергетической эффективности зданий и сооружений.

Ключевые слова: энергоэффективность, материал с фазовым переходом, теплоаккумулятор**.**

MODERN WAYS TO REDUCE ENERGY COSTS FOR HEATING, AIR-CONDITIONING AND VENTILATION

Albert I. Gilyazov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
keni82590@gmail.com

Abstract. The article provides an overview of ways to improve energy efficiency and reduce the energy consumption of a building through the use of materials with phase arrival. This work allows us to assess the level of the industry for the production of materials used to improve the energy efficiency of buildings and structures.

Keywords: energy efficiency, phase change material, heat accumulator.

В настоящее время реализуется большое количество различных программ, демонстрирующих необходимость энерго- и ресурсосбережения, которые решают такие задачи как энергетическая, финансовая и экологическая.

В климатических условиях большинства регионов России на отопление кондиционирование и вентиляцию общественных жилых и производственных приходится наибольшее количество энергетических затрат, из чего можно сделать вывод, что актуальность исследований [1-2], нацеленных на разработку новых более энергоэффективных материалов, нельзя не заметить.

В реальных условиях ограждающие конструкции зданий работают в условиях периодических изменений температур и влажности окружающего воздуха. Одной из технологий, позволяющей снизить потребление энергии, является аккумулирование тепловой энергии. Поддержание требуемых параметров микроклимата обуславливается сглаживанием пиков температурных колебаний, для этого применяются композитные материалы на основе материала с фазовым переходом (*Phase Change Material*). Накопление энергии осуществляется в явном виде за счет высокой удельной теплоемкости материалов, например, воды или жидких металлов; и в скрытом виде с использованием материалов с фазовым переходом, например, парафинов, гидратов солей и т.д. Системы аккумулирования явной теплоты характеризуются большими теплопотерями в окружающую среду, в связи с этим наиболее

целесообразно применять системы аккумулирования скрытой тепловой энергии. *PCM* имеют способность накапливать тепловую энергию при переходе из твердой фазы в жидкую и выделять тепло при переходе из жидкой фазы в твердую.

В статье [3] проводится исследование теплопередачи в ограждающей конструкции здания с *PCM*, определяется влияние *PCM* на тепловой комфорт здания и условия поддержания микроклимата. Для экспериментального исследования были разработаны две модели фрагментов стен. В одной модели рассматривалось влияние расположение вставки *PCM* для определения оптимального положение слоя. В другой модели испытывалась модель с интеграцией *PCM* в воздушные прослойки и строительные материалы.

Кирпичи являются одними из более востребованных строительных материалов применяемых при возведении зданий и сооружений. Кирпич, модифицированный *PCM* может помочь в решение поставленных задач по повышению энергетической эффективности зданий и снижение показателей потребления ТЭР. В работе [4] рассмотрели в сравнении объекты из обычного кирпича и модифицированного макрокапсулированнным *PCM*. Исследование показало, что снижение затрат энергии на кондиционирование и отопление здание позволяет снизить выбросы CO_2 на 1,5 кг $м^2$/год.

Авторы исследования [5] провели сравнение материалов с фазовым переходом, который можно использовать для размещения в кирпичах. При проведение экспериментального исследования в неотопительный период наблюдалось снижение температуры на поверхности самого кирпича на 5-6 ^oC. Энергетические расчеты показали снижение потребления энергии на 8 и 12% у образца с Eicosane и образца с OM35 соответственно.

Как показал литературный обзор использование тепловых аккумуляторов на основе *PCM* позволяет решить проблемы, связанные с поддержанием температурного режима в помещении, позволяет снизить затраты на отопление, вентиляцию и кондиционирование. За последние десятилетия *PCM* получили широкое применение при изготовлении строительных материалов ограждающих конструкций: стен, полов, остеклений, перекрытий.

Источники

1. Алиев В. И. Обзор отечественного рынка инновационных теплоизоляционных материалов //ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО. – 2019. – С. 41.

2. Гапоненко С. О., Фазлиев Р. А., Калинина М. В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения путем применения отражающего элемента //Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – №. 1. – С. 204-217.

3. Khan R. J., Bhuiyan M. Z. H., Ahmed D. H. Investigation of heat transfer of a building wall in the presence of phase change material (PCM) //Energy and Built Environment. – 2020. – Т. 1. – №. 2. – С. 199-206.

4. Castell A. et al. Experimental study of using PCM in brick constructive solutions for passive cooling //Energy and buildings. – 2010. – Т. 42. – №. 4. – С. 534-540.

5. Saxena R., Rakshit D., Kaushik S. C. Phase change material (PCM) incorporated bricks for energy conservation in composite climate: A sustainable building solution //Solar Energy. – 2019. – Т. 183. – С. 276-284.

УДК 621.577

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПАРОКОМПРЕССИОННОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Руслан Радикович Даутов
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gluza.dautova@ya.ru

Аннотация. В статье представлены различные способы повышения энергетической эффективности и совершенствования парокомпрессионных тепловых насосов.

Ключевые слова: тепловой насос, низкопотенциальная тепловая энергия, возобновляемые источники, повышение энергоэффективности, энергосбережение.

WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF A VAPOR COMPRESSION HEAT PUMP

Ruslan R. Dautov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gluza.dautova@ya.ru

Abstract. The article presents various ways to improve energy efficiency and improve vapor compression heat pumps.

Keywords: heat pump, low-grade thermal energy, renewable sources, energy efficiency improvement, energy saving.

В настоящее время рациональное использование топливно-энергетических ресурсов является одной из актуальнейших проблем в мировом масштабе. Для разумного использования и недопущения истощения запасов, уменьшения вредных выбросов внедряют энергосберегающие технологии, использующие нетрадиционные возобновляемые источники тепловой энергии [1].

В частности, в данной статье рассматривается применение тепловых насосов (ТН) с целью замены традиционных способов, использующих органическое топливо на альтернативные источники тепла.

Тепловые насосы представляют собой устройства, которые преобразуют тепловую энергию от энергоносителя с низким температурным потенциалом к энергоносителю с более высоким потенциалом с помощью компрессора. Помимо него в контуре ТН имеются испаритель и конденсатор – два теплообменника, и дроссельный клапан [2].

Из основных достоинств тепловых насосов перед другими источниками тепловой энергии можно назвать:

- безвредное влияние на окружающую среду. Благодаря отсутствию вредных выбросов теплонасосная система является одной из самых экологичных способов теплоснабжения;

- экономичность. Для привода компрессора ТН необходима электроэнергия, но по сравнению с широко используемыми электрическими котлами её потребление в данном случае в разы меньше;

- реверсивность. Тепловой насос может работать и в обратную сторону и повсеместно использоваться для нужд кондиционирования и охлаждения в целом;

- простота. Автоматическое управление теплонасосной системой позволяет потребителям без особых усилий эксплуатировать оборудование;

- безопасность [3].

Однако, тепловые насосы имеют также и недостатки, которые снижают их эффективность. Совершенствование рабочих процессов ТН и оптимизация схем, которые приводят к увеличению эффективности тепловых насосов, являются актуальными направлениями развития данной установки [4].

Эффективность тепловых насосов можно увеличить уменьшив давление на выходе из компрессора или снизив проходное сечение дроссельного клапана [5].

Для регулирования производительности компрессора одним из высокоэффективных способов является изменение скорости вращения вала с помощью электронных микропроцессорных устройств [6].

Повысить эффективность тепловых насосов можно также путем снижения потерь эксергии: применением многокомпонентного рабочего тела, регулированием расхода нагреваемой среды, разделением нагретой среды на два потока, использованием высокоэффективных поверхностей теплообмена. Снизить мощность компрессора при сохранении рабочих параметров цикла можно с соответствующим уменьшением затрат на привод. Этого можно достичь при помощи двухступенчатого компрессора [7].

Таким образом, отопительные системы на базе тепловых насосов относятся к энергоэффективным технологиям и получает все большее распространение. Результатом замены традиционных способов теплоснабжения на теплонасосные системы является существенное уменьшение эмиссии вредных веществ в окружающую среду и получение более дешевой тепловой энергии.

Источники

1. Альмохамед, О. А. М. Применение теплового насоса для дистилляции воды / О. А. М. Альмохаммед, Н. Ф. Тимербаев, И. Ю. Мазаров // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. №3(43). С. 57-66.

2. Гатауллина, И. М. Перспектива применения тепловых насосов для утилизации тепла сточных вод / И. М. Гатауллина // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2021. – № 2. – С. 83-84.

3. Гатауллина, И. М. Применение теплового насоса для утилизации снежной массы в городских условиях / И. М. Гатауллина, А. Е. Кондратьев // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 82-85.

4. Даутов, Р. Р. Модернизация системы теплоснабжения с применением теплового насоса / Р. Р. Даутов // Тинчуринские чтения - 2021 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань,

28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова . – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая компания "Астор и Я", 2021. – С. 114-116.

5. Нгуен Тиен, Гильфанов К.Х., Гилязов Д.Р. Моделирование гелиоабсорбционной теплонасосной системы горячего водоснабжения // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. №4. С. 55-65. doi: 10.30724/1998-9903-2021-23-4-55-65.

6. Резанов, Е. М. Повышение эффективности работы тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий и сооружений / Е. М. Резанов, В. В. Коршунова // Инновационные производственные технологии и ресурсосберегающая энергетика: Материалы международной научно-практической конференции, Омск, 08–09 декабря 2021 года. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 360-365.

7. Сапрыкина, Н. Ю. Повышение эффективности работы систем теплоснабжения и кондиционирования, работающих в комплексе с тепловым насосом / Н. Ю. Сапрыкина // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2018. – № 2(24). – С. 17-23.

УДК 621.64

ОСОБЕННОСТИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРУБОПРОВОДОВ

Елизавета Алексеевна Егорова
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
liza-egorova2001@mail.ru

Аннотация. В настоящее время техническая диагностика энергетических трубопроводов позволяет значительно повышать их безаварийную эксплуатацию, улучшать ресурс работы, а также прогнозировать возможные отказы. Существующие способы диагностики позволяют произвести достаточно точную оценку, но требуют дорогостоящего оборудование и высококвалифицированный персонал. Учитывая это, предлагается применение не менее достоверного, но значительно дешевого вибрационного контроля трубопроводов.

Ключевые слова: техническая диагностика, неразрушающий контроль, математическое моделирование, колебание трубопровода.

FEATURES OF VIBROACOUSTIC DIAGNOSTICS OF PIPELINES

Elizaveta A. Egorova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
liza-egorova2001@mail.ru

Abstract. Currently, technical diagnostics of energy pipelines can significantly increase their trouble-free operation, improve the service life, and predict possible failures. Existing diagnostic methods allow you to make a fairly accurate assessment, but require expensive equipment and highly qualified personnel. Given this, it is proposed to use no less reliable, but significantly cheap vibration control of pipelines.

Keywords: technical diagnostics, non-destructive testing, mathematical modeling, pipeline oscillation.

Тепловые сети в любом регионе России серьезно изношены. Большое количество энергетических теплотрасс имеют срок эксплуатации более 20 лет, при этом амортизационный срок безаварийной работы трубопроводов диаметром от 500 до 1000 мм может составлять до 16 лет, что касается внутренних сетей, срок составляет до 8 лет.

Сотни тысяч километров теплотрасс эксплуатируются более 20 лет, хотя амортизационный срок надежной эксплуатации труб больших диаметров (500-800-1000 мм) составляет максимум 16 лет, а внутренних сетей – 8 лет. Хотя, как утверждают специалисты, состояние трубопроводов зависит от эксплуатации, то есть от того, как трубу положили, смонтировали, эксплуатировали и как часто регистрируют малейшее повреждение магистрали [1]. Кроме того, руководители эксплуатирующих организаций часто не знают, в каком состоянии находятся их сети или вообще не догадываются, сколько километров теплотрасс передано им на баланс. Системы диагностики и контроля необходимы именно для того, чтобы сформировать «пакет» данных о тепломагистрали.

При проведении технической диагностики возможно получение следующих сведений:

- о месте, степени опасности и уровне возможности появления течи, возникновении коррозии металлических трубопроводов, определение утонения стенки трубопровода на 30% от номинала;
- определение возникшей течи теплоносителя;
- определение вредных факторов внешнего воздействия, таких как затопление, заиливание, появление блуждающих токов.

Любое механическое внешнее или внутренне воздействие вызывает колебание стенок трубопровода, называемые вибрацией. При этом частота и амплитуда таких вибрационных колебаний определяется силой этого воздействия, а также вектором направленности. Таким образом эта зависимость определяет возможность оценки параметров колебаний с целью определения характера внешнего воздействия.

Параметры вибрационных колебаний зависят от состояния объекта и его характеристик, что позволяет производить раннюю диагностику существующих и зарождающихся дефектов. Такая диагностика, основанная на анализе параметров вибрационных колебаний называется вибрационной диагностикой. Вибрационная диагностика относится к неразрушающему контролю и достаточно эффективна применительно к протяженным энергетическим трубопроводам [3].

Также источником колебаний объекта может служить механические соударения деталей объекта исследования. Применительно к трубопроводам таким источником может служить протекающая по ним жидкая или газообразная рабочая среда [4].

Для регистрации таких колебаний применяются различные датчики, установленные непосредственно на трубопроводе. Могут применяться акустические датчики (микрофоны), тогда такая диагностика называется акустической.

В акустической диагностике также проводится анализ параметров акустических колебаний оболочки трубопровода, при этом оценка этих параметров также дает исчерпывающую информацию о состояния объекта контроля [5].

С точки зрения методов технической диагностики и неразрушающего контроля сегодня метод пассивного акустического неразрушающего контроля, основанный на анализе параметров вибрации, возникающей при работе объекта контроля, называют вибрационно-диагностическим методом [6].

Источники

1. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104. – EDN RUHUDR.

2. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М. В. Акутин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, Ю. Я. Петрушенко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 2. – С. 55-57. – EDN KPZDLZ.

3. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, С. П. Кузнецов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 1(57). – С. 36-38. – EDN JWBVZB.

4. Загретдинов, А. Р. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ш. Г. Зиганшин // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4-1(31). – С. 27. – EDN TPMSOV.

5. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes / S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, A. E. Kondratiev, R. Dimova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 01021. – DOI 10.1051/e3sconf/201912401021. – EDN UXIYTB.

6. Vankov Yu V and Kondrat'ev A E, 2004 Pribory i Sistemy Upravleniya (2) 45-53

УДК.620.92

ПРИМЕНЕНИЕ ПОПУТНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ

Алина Юрьевна Кабатьева
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
alinochkakabateva@mail.ru

Аннотация. В статье поднимается проблема утилизации попутного газа и рассматриваются варианты его использования в качестве энергоносителя. В пример приводятся две технологии: использование на местах нефтедобычи теплоэнергетических установок и получение синтезированной нефти. Рассмотрены возможные варианты использования попутного газа в качестве энергоносителя для республики Татарстан.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ, синтетическая нефть, топливный элемент, без сернистое топливо, нефте и газодобыча.

APPLICATION OF ASSOCIATED GAS AS AN ENERGY CARRIER

Alina Y. Kabatyeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
alinochkakabateva@mail.ru

Abstract. The article raises the problem of associated gas utilization and considers options for its use as an energy carrier. Two technologies are given as an example: the use of fuel cell thermal power plants and the production of synthesized oil. Possible options for using associated gas as an energy carrier for the Republic of Tatarstan are considered.

Keywords: associated petroleum gas, synthetic oil, fuel cell, no sulfur fuel, oil and gas production.

Попутный нефтяной газ (далее ПНГ) - это газ, получаемый в качестве побочного продукта при добыче сырой нефти. ПНГ обычно рассматривается как нежелательный побочный продукт, который либо повторно закачивается в пласт либо сжигается в факелах. Каждый год на факельных установках сгорает 150 млрд. 3 ПНГ и еще столько же выбрасывается в атмосферу, теряется огромный объем невозобновляемых ресурсов для получения энергии. Потери эквивалентны 30% потребления газа в Соединенных штатах и Евросоюзе. Кроме того, наносится ущерб окружающей среде [1].

Объекты ОАО “ТАТНЕФТЬ” все более активно начинают использовать ПНГ для выработки энергии непосредственно на месторождениях для собственных нужд предприятия. Такая энергия в несколько раз дешевле установленных тарифов. Для выработки электроэнергии на объектах нефтедобычи используется электростанция номинальной мощностью до 0,5 МВт, использующая поршневые и газотурбинные агрегаты.

Особенностью развития такого метода использования ПНГ становится геология добычи: на отдельных объектах Татарстана содержание сероводородов в газе достигает 5%, что требует улучшенной очистки от сероводорода. Как следствия это приведет к дополнительным капитальным вложениям и такой метод становится экономически неэффективным. ГПЭ выгодно применять на месторождениях, где доля сероводорода в ПНГ не превышает 0,1%.

По законодательству Российской федерации (РФ) нефтяные компании обязуются утилизировать до 95% ПНГ, это происходит благодаря дорогостоящей очистке и кондиционированию газа с последующей подготовкой и транспортировкой, либо вредоносным сжиганием на факельных установках. Более рентабельным решением становится использование на местах нефте- и газодобычи теплоэнергетических установок, которые используют ПНГ как топливный элемент, либо преобразование его в синтетическую нефть [2].

Одной из компаний, разрабатывающих теплоэнергетические установки на топливных элементах является Производственно-инжиниринговая компания ENCE GmbH с теплоэнергетической установкой на топливных элементах PC-400. При теплоте сгорания топлива 38 МДж/м3, стандартное выходное напряжение 400В при номинальной мощности 400 кВт, потребление газа 1,75 м3/мин, при этом кпд электрическое составляет 40-42%, а полное 92% и не требует потребления воды [3].

Существует еще одна технология, позволяющая использовать газ как энергетическое топливо, а именно переработка ПНГ в синтетическую нефть. Из 20 граммов газа и 25 граммов нефти получается одинаковое количество энергии - 1 Мдж, но при этом рыночная конъюнктура определяет стоимость нефти в три раза дороже в силу своих потребительских свойств. Синтетическая нефть - это высокочистое без сернистое топливо, для получение которого можно переработать любой газ, содержащий углерод. Такая технология получила название GTL (*gas-to-liquids* — «газ в жидкость»). Такое топливо абсолютно совместимо с дизельными и бензиновыми двигателями, спрос для воздушного, водного и наземного транспорта сохранится еще на несколько десятилетий [4].

С переходом на использование ПНГ в качестве энергоносителя для теплоэнергетических установок и в технологии GTL решает сразу несколько проблем: частичный переход на экологически-чистое топливо; возможность использовать все ресурсы на местах нефте и газодобычи; повышение экономических показателей добычи нефти и газа. Для использования таких технологий нужно учитывать объемы ПНГ, содержание в нем элементов, подвергаемых очистке и правильная оценка капитальных вложений.

Источники

1. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А.

Е. Кондратьев // Экологическая безопасность в техносферном пространстве : сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 88-90. – EDN NYXDPA.

2. Энергосберегающие технологии [Электронный ресурс]. https://energy-units.ru/(дата обращения: 02.11.2022)

3. Кондратьев, А. Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка / А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 417-419. – EDN JFPHGG.

4. Ахметгалиев, И. Ф. Особенности сепарационной очистки попутного газа / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. – СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. – С. 228-230. – EDN UCGNAZ.

УДК 62.69

СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА БИТУМНЫХ ЕМКОСТЕЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ЗАВОДА

Сергей Александрович Казаков
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
kaczakov@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются системы подогрева битумных ёмкостей в качестве важной составляющей технологических процессов на производстве асфальтобетонных заводов.

Ключевые слова: битум, асфальтобетонный завод, система подогрева, повышение эффективности, дорожно-строительная отрасль.

HEATING SYSTEMS FOR BITUMEN TANKS OF ASPHALT CONCRETE PLANT

Sergei A. Kazakov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
kaczakov@yandex.ru

Abstract. The article discusses the heating systems of bitumen tanks as an important component of technological processes in the production of asphalt concrete plants.

Keywords: bitumen, asphalt concrete plant, heating system, efficiency improvement, road construction industry.

Системы подогрева битума необходимы для поддержания текучести битума, снижения его вязкости, снижения потребления энергии предприятиями дорожно-строительной отрасли. Обеспечение выдачи, хранения и приёмки битума, а также приготовление битумных вяжущих осуществляется при помощи битумного терминала - комплекса ёмкостей и оборудования, которые объединены единой технологией. В зависимости от потребностей асфальтобетонных заводов (АБЗ) возможны различные варианты систем подогрева битума.

На сегодняшний день известен ряд технологических систем, определяющих способ подогрева битумов на терминалах. Такие технические свойства битумов как текучесть, способность к перекачиванию, а также смешивание с каменными материалами определяются агрегатным состоянием и напрямую зависят от температуры [1].

С помощью нагревателей различного типа, размещаемых внутри резервуаров, можно организовать подогрев битума в наземных емкостях. Современные технологии производства битумных хранилищ позволяют максимально упростить контроль состояния битума благодаря автоматическим системам, которые фиксируют основные физико-химические свойства данного продукта.

В диапазонах температур от 95 до 110°С появляется возможность перекачивания битумов с помощью насосов. Данный диапазон определяет технологический режим подогрева битумов на современных битумных терминалах. При температуре выше 140°С битум способен смешиваться с каменными материалами и объединяться в асфальтобетонные смеси. Его

выгружают на внешний транспорт и обеспечивают доставку, что даёт возможность конечному потребителю работать без задержки [2].

Для снижения энергетических затрат при подогреве применяется подготовка битума, состоящая из двух этапов. На первом этапе в резервуарах хранения битум разогревают до температур от 100 до 110°С. Далее битумными насосами откачивают на второй этап - в резервуары интенсивного нагрева. Они отличаются тем, что у них выше тепловая изоляция и более мощная система нагрева. Данные системы также имеют устройства интенсификации подогрева в виде циркуляционных систем, обеспечивающих увеличение коэффициента теплопередачи за счет активного перемешивания вяжущего [3].

Также находят применение системы с проточными нагревателями битумов. С их помощью подогрев до температуры отгрузки проводится непосредственно при отгрузке вяжущего с терминала [4].

При помощи котлов для нагрева масла с высокотемпературным теплоносителем осуществляется предварительный подогрев битума и поддержание его температуры на заданном уровне. Данные системы позволяют получать температуру теплоносителя до 350°С. Подогрев с помощью маслонагревательных котлов готовит горячий теплоноситель для разогрева битума в различных видах ёмкостей (резервуарах, цистернах и др.).

Подогрев битума также осуществляется при помощи парогенераторов и паровых котлов. Эта система может применяться при подогреве и сливе битума, а также других темных фракций нефти из цистерн.

Некоторые асфальтобетонные заводы устанавливают горелочные устройства в битумные емкости, при этом изолируя их от битума при помощи труб. Горелки, как правило, входят в состав паровых котлов или других технологических установок АБЗ [5].

Источники

1. Бахур, С. И. Современные методы повышения энергетической эффективности асфальтобетонных заводов / С. И. Бахур, А. А. Капанский // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 3(51). – С. 48-60. – EDN QIEXDG.

2. Земляков А.Ю., Лобанков Е.В., Ромаденкина С.Б. Разработка составов битумных эмульсий для дорожного строительства // Баш. хим. ж.. 2019. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sostavov-bitumnyh-emulsiy-dlya-dorozhnogo-stroitelstva (дата обращения: 24.10.2022).

3. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and

complexes / S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, A. E. Kondratiev, R. Dimova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 01021. – DOI 10.1051/e3sconf/201912401021. – EDN UXIYTB.

4. Gaponenko, S. O. Improving the efficiency of energy complexes and heat supply systems using mathematical modeling methods at the operational stage / S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 05029. – DOI 10.1051/e3sconf/201912405029. – EDN WGSUEF.

5. Тошмахмадзода, А. Модификация битума с добавками полимеров с использованием вторичного сырья и побочных продуктов промышленности / А. Тошмахмадзода // Доклады Национальной академии наук Таджикистана. – 2022. – Т. 65. – № 3-4. – С. 248-253. – EDN BTNXQF.

УДК 004.4:621.311

АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПИКОВЫХ ЧАСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАКРОСОВ VBA

Булат Рамилевич Карачурин[1], Михаил Валерьевич Сидоров[2],
Станислав Радикович Саитов[3]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]karachurin.bulat20@gmail.com, [2]sidr7907@gmail.com, [3]caapel@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается метод анализа данных для прогнозирования пиковых часов. В качестве данных рассматриваются отчёты энергосбытовых компаний.

Ключевые слова: случайная дискретная величина, прогнозы, алгоритм, пиковый час.

DATA ANALYSIS FOR PEAK HOUR FORECASTING USING VBA MACROS

Bulat R. Karachurin[1], Mikhail V. Sidorov[2], Stanislav R. Saitov[3]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]karachurin.bulat20@gmail.com, [2]sidr7907@gmail.com, [3]caapel@mail.ru

Abstract. This article discusses a data analysis method for predicting peak hours. The reports of power supply companies are considered as data.

Keywords: discrete random variable, forecast, operating procedure, peak hour.

Сбор данных с сайта АО «АТС» производился с помощью предопределенного макроса VBA, задача которого открыть скачанный файл, скопировать данные таблицы, вставить в новую книгу MS Excel в лист выбранного месяца и закрыть файл отчета. На рисунке представлен фрагмент макроса, предназначенный для обработки сентябрьского отчета [1].

Искомые значения целочисленные и находятся в диапазоне от 0 до 23, поэтому их можно рассматривать как случайную дискретную величину.

Случайная дискретная величина, как и любое случайное значение, подвержено нормальному распределению [2]. Однако, чтобы получить достоверную характеристику такого распределения, во-первых, требуется значительный объем накопленных данных, а во-вторых, возникновение каждого часа в диапазоне от 0 до 23 должно быть равновероятностным независимым событием. Что невозможно, учитывая специфику потребления электроэнергии в течение суток.

```
Sub СентябрьV2()
'Открываем файл с которого нужно скопировать данные
Workbooks.Open ("C:\Users\Bulat\Downloads\1 (11).xls")
'Скопировать нужный диапазон в открывшейся книге на листе 1
Range("A8:B28").Copy
'Активируем нужную нам книгу
Workbooks.Open ("C:\Users\Bulat\Desktop\Лист Microsoft Excel.xlsx")
'Выделяем и вставляем скопированные данные в ячейку A6
ActiveWorkbook.Worksheets("Сентябрь").Range("A6").Select
ActiveSheet.Paste
'Закрываем книгу откуда мы скопировали данные
Workbooks("1 (11).xls").Close
```

Фрагмент макроса

Учитывая объем накопленных данных с 2011 по 2022 год, характер распределения пикового часа во временном ряду наилучшим образом описывается законом распределения дискретной случайной величины [3].

Покажем принцип построения функции распределения пикового часа в ноябрьском интервале на примере гарантирующего поставщика

Татарстана – АО «Татэнергосбыт». Для этого объединяем данные, полученные с сайта АТС [4] за 11 лет.

В Excel существует функция МОД, которая выполняет нужную нам задачу. С помощью данной функции мы сможем спрогнозировать часы и сопоставить их с фактическими часами, и тем самым оценить точность (см. таблицу)

Таблица

Точность прогноза

	Янв	Февр	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек
Архан. обл	50,0%	63,2%	66,7%	63,6%	63,2%	38,1%	68,2%	59,1%	59,1%	23,8%	50,0%	27,3%
Калининигр. обл	73,3%	15,8%	42,9%	0,0%	52,9%	76,2%	54,5%	50,0%	27,3%	81,0%	55,0%	27,3%
Новгород. обл	40,0%	42,1%	33,3%	27,3%	36,8%	71,4%	71,4%	59,1%	50,0%	47,6%	50,0%	40,9%
Респ. Ингушетия	33,3%	57,9%	50,0%	77,3%	100%	95,2%	95,5%	68,2%	31,8%	28,6%	35,0%	22,7%
Респ. Дагестан	53,3%	68,4%	36,4%	59,1%	89,5%	100%	95,5%	72,7%	72,7%	90,5%	20,0%	81,8%
Чеченская Респ.	6,7%	5,3%	45,5%	54,5%	100%	85,7%	86,4%	50,0%	31,8%	19,0%	15,0%	13,6%
Ставроп. край	46,7%	42,1%	4,5%	9,1%	21,1%	14,3%	59,1%	68,2%	40,9%	52,4%	40,0%	54,5%
Приморский край	46,7%	27,8%	81,8%	27,3%	84,2%	81,0%	72,7%	59,1%	90,9%	81,0%	90,0%	40,9%
Республика Крым	80,0%	66,7%	77,8%	100%	100%	94,7%	83,3%	100%	90,5%	90,0%	83,3%	81,8%

Такой метод позволяет сделать прогноз на год вперед на каждый день месяца. Таким образом, мы осуществили прогнозирование пиковых часов для всех регионов РФ на 2021 и 2022 года.

Подведем итоги:

1. Точность предложенного метода в среднем по стране составила 39,4%
2. Корреляция между ценовой зоной и качеством прогноза не обнаружена
3. Разница в точности прогноза между ценовой (38,7%) и неценовой (43,1%) зонами не обнаружена
4. Данных о пиковых часах текущих месяцев предыдущих лет недостаточно для проведения качественного прогноза

Возможно, получится повысить точность предлагаемой модели за счёт включения в неё дополнительных косвенных признаков: значение пикового часа непосредственно перед датой прогнозирования, метеорологических условий, динамики энергопотребления в регионе и т.д [5].

В этом случае инструментария пакета Excel уже станет недостаточно. Для работы с таким объемом статистических данных,

оказывающих сложноизмеримое влияние на прогнозируемое значение, потребуется использование искусственных нейронных сетей [6].

Источники

1. Пример макроса: [Электронный ресурс] // Сайт J4Web.Ru. URL: https://j4web.ru/likbez/vba-skopirovat-dannyie.html. (дата обращения: 02.11.2022).
2. Central limit theorem: [Электронный ресурс] // Сайт Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution. (дата обращения: 02.11.2022).
3. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Saitov S.R. Atomic force microscopy and IR spectrometry application in detecting the type and nature of contaminants on reverse osmosis membrane elements // Earth and Environ. Sci. 288 (2019) 012007.
4. Часы пиковой нагрузки: [Электронный ресурс] // Сайт компании АО «АТС». URL: https://www.atsenergo.ru/results/market/calcfacthour. (дата обращения: 02.11.2022).
5. Saitov S.R., Chichirova N.D. Investigation of the composition and causes of membrane fouling of reverse osmosis // E3S Web of Conf. 216 (2020) 01072.
6. Межгорин Д., Петкилев А. Разработка нейросетевой системы для прогнозирования часа пиковой нагрузки потребления электроэнергии на основе ретроспективных данных // От зеленого кампуса – к зеленому городу. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2022. – С. 153-160.

УДК 534.6:621.643

АКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТРУБОПРОВОДОВ

Илья Игоревич Клюкин
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. Загретдинов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ilya.klyukinbkru.96@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены различные виды акустического контроля трубопроводов, их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: акустический контроль, трубопроводы, сигналы, ультразвуковые волны, пьезопреобразователь.

ACOUSTIC CONTROL OF PIPELINES

Ilya I. Klyukin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ilya.klyukinbkru.96@mail.ru

Abstract. The article discusses various types of acoustic control of pipelines, their advantages and disadvantages.

Keywords: acoustic control, pipelines, signals, ultrasonic waves, piezoelectric transducer.

На сегодняшний день существует огромное количество способов обнаружения утечек трубопроводов, одним из таких методов являются акустические методы. Акустические сигналы в отличии от других методов обладают более полной информацией о состоянии трубопроводов. Эффективность такого метода зависит от правильного извлечения информации из такого сигнала. На данный момент ведется поиск более эффективных методов анализа акустических сигналов [1].

Известны следующие виды акустического контроля:

1. Ультразвуковой. Данный тип контроля задействует волны ультразвукового диапазона, для создания и приема которых требуется пьезопреобразователь.
2. Частотный. В отличии от предыдущего метода, волны возбуждаются не только посредством пьезокристаллов, но и особых ударных устройств, для приёма которых требуются микрофоны.

Стоит отметить, что методы акустического контроля также классифицируются по способу взаимодействия с объектом исследования. Они бывают пассивные, к которым относятся вибрационный и шумовибрационный, и активные, число которых гораздо больше. К активным относятся [2]:

1. Эхолокация. Пьезопреобразователь формирует импульс, который в свою очередь отражается от внутренней стены объекта или непосредственно от дефекта.
2. Резонансный. Толщина объекта определяется по резонансным частотам, в случае обнаружения дефекта показания будут ниже номинальных [3].
3. Теневой. Методика основана на подаче сигнала одним преобразователем, а приём осуществляется другим. К сожалению методика

пригодна для использования лишь поверхностной оценки качества изделия.

4. Зеркально-теневой. В отличии от теневого не требуется наличия двух преобразователей, но с его помощью невозможно определить координаты дефекта и используется, в большинстве случаев, только в паре с более точным методом [4].

Все акустические методы контроля основываются на звуковых и ультразвуковых колебаниях, с фиксацией их параметров, благодаря чему можно с легкостью выявить имеющиеся дефекты. Как известно ультразвуковые волны имеют свойство проходить сквозь материал и проходя определенное состояние возвращаться обратно, после чего происходит отправление новой [5].

Как у любого метода контроля акустический имеет ряд преимуществ и недостатков. Из основных преимуществ можно выделить [6]:

1. Так как акустический метод — это метод неразрушающего контроля, то для выявления дефекта не требуется демонтаж предмета исследования.
2. Высокая скорость исследования [7].
3. Быстрота получения результатов.
4. Метод применим к огромному числу материалов.

К недостаткам можно отнести:

1. Для корректной работы необходимо обеспечить хороший контакт исследуемой поверхности с преобразователем [8].
2. В случае если дефекты расположены параллельно ультразвуковым волнам, имеется шанс их не обнаружить.
3. Необходим навык обращения с оборудованием.

Выводы: акустические методы контроля являются одними из самых точных, качественных, перспективных и надежных. Данное направление контроля с каждым годом получает более современное оборудование, которые обладают компактностью и мобильностью, из чего следует, что имеется возможность проводить диагностику стационарного оборудования.

Источники

1.Y. Vankov, A. Rumyantsev, S. Ziganshin, T. Politova, R. Minyazev, A. Zagretdinov, Assessment of the condition of pipelines using convolutional neural networks, Energies 13(3) (2020), doi:10.3390/en13030618

2.X.Q. Cao, C.M. Ruan, Compilation of investigation on water loss rate of water supply pipelines in global major cities, Water Purificat. Technol., 36 (2017) 6-14

3.R. Heidary, S.A. Gabriel, M. Modarres, K.M. Groth, N. Vahdati, A review of data-driven oil and gas pipeline pitting corrosion growth models applicable for prognostic and health management, Int. J. Progn. Health Manag 9 (2018) 1–13.

4.J. Ji, D. Robert, C. Zhang, D. Zhang, J. Kodikara, Probabilistic physical modelling of corroded cast iron pipes for lifetime prediction, Struct. Saf. 64 (2017) 62–75.

5.W. Liu, Z. Wang, X. Liu, N. Zeng, Y. Liu, F.E. Alsaadi, A survey of deep neural network architectures and their applications. Neurocomputing 234 (2017) 11–26.

6.M.S. El Abbasy, A. Senouci, T. Zayed, F. Mirahadi, L. Parvizsedghy, Artificial neural network models for predicting condition of offshore oil and gas pipelines, Autom. Constr. 45 (2014) 50–65.

7.S. Li, Y. Wen, P. Li, J. Yang, L. Yang, Leak detection and location for gas pipelines using acoustic emission sensors IEEE International Ultrasonics Symposium, IUS, art. no. 6562443 (2012) 957-960, doi: 10.1109/ULTSYM.2012.0239

8.Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. – Москва, 1996. – 276 с.

УДК 620.9

ГЛАВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, С КОТОРЫМИ СТАЛКИВАЕТСЯ ЭНЕРГЕТИКА И ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Кирилл Вадимович Коныжов, Татьяна Олеговна Политова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Konizhov.kirill@mail.ru

Аннотация. Показаны 3 группы основных проблем в области увеличения спроса на энергию: энергетические ресурсы и дефицит энергии, повышенное воздействие на окружающую среду, геополитические факторы. А также предложены способы решения этих проблем.

Ключевые слова: энергетика, энергосбережение, решение проблем, современная энергетика, энергоресурсы.

THE MAIN PROBLEMS FACED BY THE ENERGY SECTOR AND POSSIBLE WAYS TO SOLVE THEM.

Kirill V. Konyzhov, Tatyana O. Politova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Konizhov.kirill@mail.ru

Abstract. 3 groups of main problems in the field of increasing energy demand are shown: energy resources and energy scarcity, increased environmental impact, geopolitical factors. And also suggested ways to solve these problems.

Keywords: energy, energy saving, problem solving, modern energy, energy resources.

Мы можем говорить о трех основных вопросах энергетики, которые в наибольшей степени затрагивают все аспекты человеческой жизни, а также влияют на поддержание устойчивого развития цивилизации [1].

Это основные три:

- Нехватка энергии и нехватка энергоресурсов. Журналисты назвали эту тему "энергетическим голодом";
- Опасность для окружающей среды от антропогенного воздействия энергетических установок (опасность "экологического инфаркта");
- Угрозы, связанные с геополитикой и социальной сферой.

Первой проблемой, является невозобновляемость основных энергетических ресурсов (сегодня за их счет вырабатывается более 80% электроэнергии.

Можно использовать 2 способа повышения энергоэффективности [2-3].

1) Разведка и разработка собственных энергетических ресурсов (невозобновляемые источники энергии и возобновляемые источники энергии);

2) Энергосбережение и повышение энергоэффективности.

Страны с дефицитом энергоресурсов вынуждены тратить значительную часть своего ВВП на закупку энергоресурсов, что негативно сказывается не только на экономике, но и на социальной сфере. Кроме того, страны, поставляющие энергию на мировые рынки, уязвимы перед политическими и социальными катаклизмами.

Это кажется парадоксальным, но страны с избытком энергии также испытывают проблемы с энергоресурсами. Речь идет об опасностях того, что они "сидят на нефтегазовых иглах". "Изначально привлекательный из-

за простоты внедрения сырьевой путь экономического развития страны превращается в опасную зависимость от связей мирового энергетического рынка и ослабляет стимулы для инновационного развития. Это искажение фактов, поскольку стоимость энергоресурсов постоянно меняется, и мы ожидаем, что в будущем будет аналогичная цена. За последние несколько десятилетий стало очевидно, что Россия на самом деле является одной из таких стран, но сейчас происходят изменения.

Вторая проблема - это окружающая среда, которая увеличивается по мере роста энергетического сектора. А масштабы и технологии энергетического сектора таковы, что сегодня более 50% антропогенных выбросов парниковых газов приходится на объекты энергетической отрасли. Энергетический сектор также является концентрированным загрязнителем литосферы и гидросферы. Поток энергии в энергетической системе равен или больше, чем поток энергии в большой природной системе или процессе.

Неравномерное распределение энергетических ресурсов на Земле воспринимается как несправедливое не только некоторыми жителями стран, испытывающих нехватку энергии, но и некоторыми политиками и политиками, и это лежит в основе третьей проблемы. Результаты, следующие [4-5].

- Неоднократные попытки насильственного перераспределения энергетических ресурсов (политическими, экономическими и даже военными средствами);
- Неконтролируемая массовая миграция людей в результате изменения климата и голода.
- Риск того, что социальные волнения перерастут в социальный взрыв, если условия жизни ухудшатся.

Вот основные способы решения проблемы [3]:

1) Создание концепции передачи энергии

2) Энергосбережение

3) Альтернатива традиционным первичным источникам энергии

4) Альтернативные методы производства энергии

Источники

1. Афанасьева, Е. А. Основные проблемы энергетики и возможные способы их решения / Е. А. Афанасьева, М. Д. Кислякова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 40 (174). — С. 1-4.

2. Ушаков В.Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 469 с.

3. Родионов В. Г. Энергетика : проблемы настоящего и возможности будущего / В. Г. Родионов. – М. : ЭНАС, 2010. – 352 с. : ил. ISBN 978-5-4248-0002-3

4 Ушаков В.Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды. – Томск: Изд-во «Сиб-Графикс», 2011. – 137 с.

5. Сидоров А.А. Использование возобновляемых источников энергии как средство достижения устойчивого развития России // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки .2015 № 6-2.с. 245-249

УДК 662.998-434

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Аделя Равильевна Макарова
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.В. Ваньков
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
adelya.fazdalova@mail.ru,

Аннотация. В данной статье проведен анализ теплоизоляционных материалов, которые могут применяться для строительства в суровых климатических условиях.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, суровый климат, отрицательные температуры, тепловые сети, утеплитель.

APPLICATION OF HEAT-INSULATING MATERIALS FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF HEAT NETWORKS IN THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH

Adelya R. Makarova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
adelya.fazdalova@mail.ru

Abstract. This article analyzes modern thermal insulation materials that can be used for construction in harsh climatic conditions.

Keywords: thermal insulation materials, harsh climate, negative temperatures, heating network, insulation.

Правильный выбор тепловой изоляции для тепловых сетей играет важную роль в строительстве, поскольку допущение ошибки сулит частой аварийностью и быстрым выходом из строя тепловых сетей. Особенно критичное положение в районе Крайнего севера, где суровый климат и вечная мерзлота диктуют свои условия. Согласно, СП 131.13330.2018 температура наиболее холодной пятидневки в этом районе -56 °С [1, С.117].

В последнее время уделяется много внимания подземной прокладке тепловых сетей в вечной мерзлоте. Подземная прокладка в таких условиях имеет ряд минусов: 1) трудоемкость процесса строительства; 2) высокая аварийность; 3) сложность в обслуживании. Поэтому, чаще всего строительство теплотрасс осуществляют надземным способом. Так как данный способ исключает все вышеперечисленные недостатки [2, С.76-82].

Тепловая изоляция наружных сетей теплоснабжения, проложенных надземным способом в условиях отрицательных температур, обязана соответствовать высоким требованиям по надежности, теплопроводности, сроку эксплуатации. В СП 61.13330.2012 закреплены основные требования к теплоизоляционным материалам [3, С. 1].

Стекловата. В основе стекловаты лежит кварц, это минерал, который не горит и начинает плавиться лишь при температуре +450 °С. При монтаже изоляции из стекловаты имеется необходимость в применении специальных защитных средств. Во многих странах данный материал запрещен к производству из-за его вредности для здоровья, чем и обусловлена небольшая стоимость. Основным недостатком стекловаты является: чувствительность к внешней среде без отсутствия защитного слоя из рубероида или фольги. Коэффициент теплопроводности материала: 0,030 – 0,052 Вт/м·К, температурный диапазон работы: -60 до +450 °С [4, С. 9].

Минеральная вата. Монтаж теплоизоляции трубопроводов удобнее проводить базальтовой (минеральной) ватой, которая имеет форму цилиндра. Минеральная вата относится к группе негорючих, а при нагревании не выделяет вредных и токсичных веществ. Минвата отличается высокими теплоизоляционными свойствами. К ее недостатками относится: недолговечность и чувствительность к агрессивной внешней среде. Коэффициент теплопроводности материала лежит в диапазоне: 0,035 – 0,046 Вт/м·К, температурный диапазон работы: -190 до +700 °С

Фольгированный утеплитель. Фольгированный утеплитель имеет в своем составе светоотражающий слой, который значительно уменьшает отдачу тепла. Основными преимуществами данного материала являются: 1) простота в укладке; 2) сравнительно невысокая стоимость; 3)широкое применение в строительстве. Коэффициент теплопроводности материала: 0,037 – 0,039 Вт/м·К, температурный диапазон работы: -60 до +100 °С.

Пенофол. Пенофол состоит из вспененного полиэтилена с закрытыми порами, а также одинарного или двойного (с одной, либо с обеих сторон) слоя алюминиевой фольги. Для удобства монтажа существует самоклеящаяся форма пенофола с клеевым слоем. Диапазон рабочих температур лежит в пределе: от -60 до +100 °С. Работа отражающей изоляции пенофола основана на высокой теплоотражающей способности алюминия. Не несет вред экологии. Коэффициент теплопроводности: 0,049 Вт/м·К [5, С.61-62].

Каучук. Изоляция из каучука имеет ряд достоинств: 1) считается наиболее долговечным из рассматриваемых материалов; 2) каучук не подвержен гниению; 3) не пропускает влагу; 4) устойчив к парообразованию. К главному преимуществу данного материала относится – его эластичность Срок службы: до 30 лет. Коэффициент теплопроводности каучука: 0,036 Вт/м·К, температурный диапазон работы: - 185 до +150 °С [6, С.98-108].

Пенополиуретановая изоляция. Пенополиуретановая изоляция (ППУ) изоляция считается наиболее эффективным утеплителем на рынке. Так, например, сравнивая пенополиуретановую изоляцию с классической минеральной ватой, то толщины ППУ изоляции нужно меньше в 2 раза при одинаковых характеристиках теплопроводности. Достоинством данного материала является его стойкость к агрессивной внешней среде. Теплопроводность ППУ: 0,019 – 0,022 Вт/м·К, рабочий температурный диапазон: -110 –до +130 °С [7, С.142-147].

Таким образом, среди рассмотренных в работе материалов наиболее подходящей для строительства и проектирования тепловых сетей в суровых климатических условиях является пенополиуретановая изоляция, поскольку она обладает наименьшим коэффициентом теплопроводности.

Работа выполнялась в рамках гос.задания №075-03-2021-175/3.

Источники

1. Шелудков А.А. Применение труб из современных материалов для проектирования и строительства тепловых сетей в условиях крайнего севера // Вестник магистратуры. 2021. №6-3 (117).

2. Хагай, В. Р. Выбор энергоэффективного вида изоляции / В. Р. Хагай, Б. Е. Рустемов // Точная наука. – 2017. – № 11. – С. 76-82.

3. Шоронов, Д. В. Сравнительный анализ современных теплоизоляционных материалов тепловой сети / Д. В. Шоронов // Международный студенческий научный вестник. – 2020. – № 3. – С. 1.

4. Базукова, Э. Р. Тепловые потери паропроводов при ухудшении свойств изоляции в процессе эксплуатации / Э. Р. Базукова, Ю. В. Ваньков // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3(37). – С. 9

5. Фролов, К. А. Применение энергоэффективных материалов при строительстве современных трубопроводных систем / К. А. Фролов // Апробация. – 2013. – № 3(6). – С. 61-62.

6. Исследование температурной деструкции теплоизоляции паропровода Ваньков Ю. В., Базукова Э. Р., Якимов Н. Д. [и др.]. // Труды Академэнерго. – 2019. – № 4(57). – С. 98-108.

7. Гапоненко С. О., Фазлиев Р. А., Калинина М. В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. Т. 13. № 2(50). Казань, 2021. С. 142-147.

УДК 620.9

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В СИСТЕМАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕРИАЛОВ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

Александр Сергеевич Мурзаев
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Е.В. Измайлова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
erodonov@list.ru

Аннотация. В данной статье представлено описание работ по численному моделированию процессов с применением материалов с фазовым переходом (PCM). Численное моделирование позволяет рационально подойти к вопросу производства и применения систем и конструкций с PCM. Методика прогнозирования поведения PCM с использованием численного метода позволит кратно сократить временные, финансовые и эксплуатационные затраты конструкций с PCM.

Ключевые слова: обзор, численное моделирование, материал с фазовым переходом, аккумулирование энергии.

NUMERICAL SIMULATION OF PROCESSES OCCURRING IN SYSTEMS WITH A MATERIAL WITH A PHASE CHANGE MATERIALS

Alexander S. Murzaev
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
erodonov@list.ru

Abstract. This article presents a description of the work on numerical simulation of processes using phase change materials (PCM). Numerical modeling allows you to rationally approach the issue of production and application of systems and structures with PCM. The forecasting technique using the numerical method will make it possible to reduce the time, financial and operational costs of such systems many times over.

Keywords: review, numerical simulation, phase change material, energy storage.

Энергосберегающие мероприятия внедряются в различные сферы деятельности и жизни человека [1]. В настоящее время исследователи разных стран активно занимаются исследованием материалов с фазовым переходом (PCM). Представлено большое количество работ по использованию PCM в строительных материалах (отделочные растворы [2], цементные блоки, кирпичи [3], теплоизоляционные материалы), в системах вентиляции, системах аккумулирования энергии, элементах электроники и др. Однако, несмотря на широкое практическое применение PCM, существует потребность в дальнейшем исследовании таких материалов. Практическое значение также имеет описание влияния конструкционных параметров систем с PCM и характеристик внешней (рабочей) среды на протекание процессов аккумулирования, охлаждения, поглощения и отведения тепла материалом с фазовым переходом. Численное моделирование вышеупомянутых процессов с участием PCM позволяет добиться точных результатов при прогнозировании процессов работы систем с PCM при их производстве и эксплуатации.

Численное моделирование температуры вентиляционного блока из оргстекла с PCM представлено в работе [4]. Результаты расчета верифицировались с результатами экспериментального исследования, представленными в этом же исследовании. Для упрощения расчетов авторы приняли постоянными тепловые свойства материалов (ориентировано-стружечной плиты, PCM, стекла и экструдированного пенополистирола), а все материалы принимались как однородные и изотропные. Максимальное расхождение в значениях температуры на выходе между моделированием и

эталонной системой (экспериментальными результатами) составили приблизительно 1 ^{o}C. Разработка представленной в исследовании численной модели изучения систем с PCM позволяет значительно регулировать температуру воздуха, выходящего из энергосберегающего вентиляционного блока, путем изменения теплопроводности PCM (подбором других материалов) и плотности упаковки PCM.

Авторами работы [5] на основе численного моделирования проведен анализ тепловых характеристик панелей-перегородок с добавлением PCM. Исследовалось четыре образца PCM, различающиеся между собой по значениям температуры фазового перехода и скрытой теплоемкости. Модель базировалась на уравнениях пространственной и временной дискретизации, уравнении теплопереноса и др. Сообщается о допущениях, принятых для упрощения численного расчета:

1) процесс теплопередачи через стенку принят за одномерный,

2) материалы стен, за исключением PCM, однородны. Коэффициент ассоциации экспериментальных результатов и результатов, полученных в ходе численного моделирования, составил 0,955. Численная модель позволила исследовать тепловые характеристики панелей-перегородок с PCM для климатических условий пяти регионов на протяжении целого года.

В исследовании [6] проводили численное исследование моделей радиатора с PCM с пластинчатыми ребрами и без ребер с целью управления тепловым режимом электронных устройств. Среди математических зависимостей, использованных при формировании численной модели, авторы выделяют уравнение непрерывности, а также уравнение приближения Буссинеска, которое используется для учета эффекта естественной конвекции плавления PCM. При подборе модели пластинчатого радиатора с PCM в качестве комплектующего элемента электронного устройства, следует учитывать, что радиатор с ребрами имеет более низкую температуру основания лишь до момента полного расплавления PCM. После плавления PCM температура радиатора без ребер ниже, чем у радиатора с ребрами.

Области исследования материалов с фазовым переходом не характерно наличие большого количества представленных моделей, используемых для расчета параметров PCM. Ввиду того, что исследование материалов с фазовым переходом методом численного моделирования позволяет более рационально подойти к вопросу производства и применения систем и материалов с PCM, необходимо развивать существующую на данный момент базу моделей численного метода исследований.

Источники

1. Гусячкин, А. М. Критерий выбора энергосберегающих мероприятий / А. М. Гусячкин, Р. Р. Нуриев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2012. – № 1(12). – С. 101-105. – EDN PCXNLF.

2. Lachheb M. et al. Thermal behavior of a hybrid PCM/plaster: A numerical and experimental investigation //Applied Thermal Engineering. – 2017. – Т. 111. – С. 49-59.

3. Saxena R., Rakshit D., Kaushik S. C. Experimental assessment of Phase Change Material (PCM) embedded bricks for passive conditioning in buildings //Renewable Energy. – 2020. – Т. 149. – С. 587-599.

4. Sun W. et al. Numerical simulation on the thermal performance of a PCM-containing ventilation system with a continuous change in inlet air temperature //Renewable Energy. – 2020. – Т. 145. – С. 1608-1619.

5. Xie J. et al. Thermal performance analysis of PCM wallboards for building application based on numerical simulation //Solar Energy. – 2018. – Т. 162. – С. 533-540.

6. Kumar A. et al. Numerical Simulation of PCM-Based Heat Sink with Plate Fins for Thermal Management of Electronic Components //Theoretical, Computational, and Experimental Solutions to Thermo-Fluid Systems. – Springer, Singapore, 2021. – С. 207-217.

УДК 620.953

СПОСОБ ОБРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ

Гульфия Равилевна Мустафина
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gulfia999@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются преимущества использования биогазовой установки, отличительные особенности от других видов альтернативных источников энергии, а также условия и виды переработки органического сырья.

Ключевые слова: биогазовая промышленность, биогаз, утилизация, удобрения.

RESOURCE CONSERVATION THROUGH THE USE OF BIOTECHNOLOGIES

Gulfiya R. Mustafina
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gulfia999@gmail.com

Abstract. In the conditions of economic development of energy, it is necessary to take into account the environmental safety of production, mainly resource conservation is used for this, which means minimal use of fuel for technological purposes and avoiding harmful effects on the environment.

Keywords: biogas industry, biogas, utilization, fertilizers.

Необходимым элементом для устойчивого развития на сегодняшний день является энергия. Биологический чистый газ, производимый в необходимых бионергетических конструкциях предоставляет такие преимущества как предоставление множества рабочих месты в сельской местности, возможность децентрализованного энергоснабжения, усиленное развитие сельского хозяйства, сокращение выбросов парникового газа, эффективное применение ресурсов. Кроме того, работа биогазовой установки не зависит от погодных условий, возможна работа при отсутствии ветра и солнечного света, в отличии от других альтернативных источников энергии. С помощью конструкции возможно получить электрическую энергию, топлива, тепла и удобрений из конечных органических ресурсов [1].

Главным звеном в конструкции является ферментатор, от выбора его параметров зависит состав и быстрота получения необходимого элемента [2].

Существует 3 вида ферментации:

- влажная непрерывная;
- сухая непрерывная;
- сухая периодическая [3].

В качестве сырья во влажной непрерывной ферментации используют только жидкие органические отходы или твердые, переработанные во влажном состоянии. Необходимо обеспечить постоянное перемешивание при помощи мешалок и постоянное поддержание температуры в мезофильном или термофильном режиме.

Преимуществом использования реакторов постоянного перемешивания является возможность нагрева сырья до мезофильного и

термофильного режима, производство при одностадийном или многостадийном процессе с резервуарами любого размера [4].

В процессе производства в гидравлических ферментаторах с двумя отсеками нет необходимости использования мешалок, освобождая установку от движущихся частей, так как перегородки переносят поток, одновременно перемешивая субстрат.

Для сухой непрерывной ферментации используется ректор с пульсирующим потоком. Сырье обрабатывается со всех сторон одинаково из-за его медленного перемещения от входа к выходу. По причине отсутствия в установке мешалок для оптимального производства работ используется насос, кроме того в данных реакторах есть ограничения по степени нагрева сырья, процесс производится только в термофильном режиме. В связи с этим для производства биогаза возможно использовать только отходы с содержанием сухого вещества от 15 до 45% [5].

Для эффективного производства биогаза необходимо обеспечить полную герметичность реактора с возможностью поддержания постоянной температуры, так как при отклонении всего лишь на 2-3^{o}C может привести к нарушению технологического процесса.

Источники

1. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Экологическая безопасность в техносферном пространстве : сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 88-90. – EDN NYXDPA.

2. Мустафина, Г. Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2020. – № 2. – С. 38-40. – EDN FROXKA.

3. Шакурова, Р. З. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов / Р. З. Шакурова, С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22. – № 6. – С. 188-201. – DOI 10.30724/1998-9903-2020-22-6-188-201. – EDN QRCFCH.

4. Кондратьев, А. Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка / А. Е. Кондратьев //

Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 417-419. – EDN JFPHGG.

5. Мустафина, Г. Р. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. – СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. – С. 277-280. – EDN JJVOBP.

УДК 621.1

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ТУРБИНЫ

Анна Павловна Рудич
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. С.Р. Саитов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
annaselyk6@gmail.com

Аннотация. Данная статья посвящена поиску наиболее оптимальных механических характеристик лопаток паровых турбин, позволяющих повысить их эксплуатационные качества. В статье рассматриваются современные способы восстановления лопаток турбин, а также метод конструирования с предварительной деформацией перового элемента.

Ключевые слова: паровая турбина, эрозионный износ, рабочая лопатка, сталь, восстановление.

IMPROVEMENT OF THE TURBINE BLADE APPARATUS

Anna P. Rudich
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
annaselyk6@gmail.com

Abstract. This article is devoted to the search for the most optimal mechanical characteristics of steam turbine blades to improve their performance. The paper discusses modern methods of restoring turbine blades, as well as a design method with preliminary deformation of the feather element.

Keywords: steam turbine, erosion wear, working blade, steel, restoration.

На текущем уровне развития энергетического комплекса Российской Федерации наиболее острой проблемой является зависимость от иностранных технологий и оборудования. В связи с чем существует необходимость продления срока службы основного оборудования энергообъектов, такого как паровые турбины [1]. Однако основная сторона вопроса продления эксплуатационного срока – экономическая. Многие способы конструирования и последующего качественного восстановления лопаток паровых турбин могут помочь достичь наибольшей экономической выгоды. Так как стоимость ремонта элементов лопаточного аппарата не превышают 30-40% от покупки новых [2].

Работа лопаточного аппарата происходит в суровых условиях, включающих высокие усталостные нагрузки, растяжения, частые механические повреждения, не типичные для остальных элементов турбины. Средняя частота вращения ротора паровых турбин составляет 3000 об/мин. Вследствие чего возникает центробежная сила, растягивающая перовые части лопатки в поверхностном слое, возникает вибрация. Коэффициент прочности рабочих лопаток турбины зависит от многих внешних и внутренних факторов. Одним из критических повреждений для лопастей паровых турбин влажнопаровых ступеней – является каплеударная и абразивная эрозия. Она остается главным фактором, ограничивающим рабочий ресурс лопаточного аппарата. Каплеударная эрозия скарифицирует кромку пера, а абразивная равномерно воздействует на всю площадь лопатки.

Эрозионное влияние снижает устойчивость к вибрационным нагрузкам. Площадь лопатки, поврежденная эрозией становиться точкой концентрации усталостных напряжений. Эрозионный износ может снизить КПД турбины после 10-20 тысяч часов работы на 3-10% [3]. Чтобы уменьшить влияние данного разрушения, на практике получили распространение несколько технологий: аргонодуговая, плазменная и газопорошковая наплавка основного материала [4].

Выбор технологии ремонта опирается на оценку условий проведения- в демонтированном состоянии или на роторе, материала наплавки, режима сварки. Основными требованиями предъявляемые к лопаткам паровых турбин после монтажа является соответствие их геометрических параметров требованием чертежа, а также высокий уровень эксплуатационных свойств. Одним из самых инновационных решений для ремонта, является технология, основанная на обработке

повреждения гидроприводом — это процесс сварки трением с перемешиванием. Она включает в себя концентрическое вращение гидропривода в отверстии с одновременным приложением нагрузки вниз для непрерывного образования локализованного пластичного слоя. Благодаря этой технологии в сварочных швах существенно снижаются остаточные напряжения [5].

Традиционно при проектировании лопатки паровой турбины теоретически вычисляют параметры идеальной формы лопатки в соответствии с аэродинамическими характеристиками, анализируют прочность, оценивают ее надежность. Однако при эксплуатации лопаток их геометрия меняется, что вызывает снижение КПД самой турбины. Деформация лопатки сложно прогнозируема из-за ее скрученной формы, нелинейного потока пара и связи между их изменениями. Метод коррекции на основе вычисления деформационных нагрузок позволяет установить линейные зависимости центробежных и аэродинамических напряжений. Расчет, основанный на ряду итераций, моделирующих предварительную деформацию пера паровой турбины, может продлить срок службы лопаточного аппарата и повысить КПД паровой турбины. Результат достигается благодаря теоретическом расчету идеальной формы лопатки; последующему вычислению деформации горячей лопатки; корректировки геометрии сетки холодной лопатки в соответствии с направлением векторов отклонений [6]. Такой метод конструирования является наиболее перспективным так как из-за постоянного изменения формы пера лопаточного аппарата идеальная форма не может быть использована для изготовления.

Источники

1. Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года».

2. Смыслов А.М., Смыслова М.К., Исанбердин А.Н., Людвиницкий С.С. Новая технология восстановления рабочих лопаток паровых турбин // Тяжелое машиностроение. 2006. № 3. С. 22-24.

3. Лагерев А.В. Вероятностная оценка падения мощности эродирующей влажно-паровой турбинной ступени в процессе эксплуатации // Известия вузов: Энергетика. 1991. №5. С. 18-20.

4. Сосновский А.Ю., Мурманский Б.Е., Бродов Ю.М. Современное состояние и перспективные решения по совершенствованию тепловых

расширений паровых // Известия вузов: проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 1-2. С. 28-42.

5. Hattingh D.G., James M.N., Newby M., Scheepers R, Doubell P. Damage assessment and refurbishment of steam turbine blade/rotor attachmen holes // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. 2016. Т. 83. С. 125-134.

6. Guodong Y., Huifang Z., Lemiao Q. and Jundi W. Geometry-Load Based Hybrid Correction Method for the Pre-Deformation Design of a Steam Turbine Blade // Energies. 2020. Т 10(13), 2471.

УДК 544.774.2

АЭРОГЕЛИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

Азат Робертович Тимершин[1], Дмитрий Евгеньевич Шарафиев[2]
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.В. Ваньков
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]timer.az@yandex.ru, [2]vip.sharafiev00@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены аэрогели на основе диоксида кремния с использованием атмосферной и сферхкритической сушки.

Ключевые слова: аэрогель, тетраэтоксисилан, золь-гель процесс, октилтриэтоксисилан, низкая теплопроводность.

AIRGELS BASED ON SILICON DIOXIDE

Azat R. Timershin[1], Dmitry E. Sharafiev[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]timer.az@yandex.ru, [2]vip.sharafiev00@mail.ru

Abstract. The article considers aerogels based on silicon dioxide using atmospheric and spherical drying.

Keywords: airgel, tetraethoxysilane, sol-gel process, octyltriethoxysilane, low thermal conductivity.

Аэрогель представляет собой наноструктурированное твердое вещество, имеющее мезопористую структуру. низкий коэффициент теплопроводности, диэлектрическую проницаемость. Благодаря этим свойствам данный материал нашел широкое распространение в промышленности, науке, медицине и прочих сферах жизни человека [1].

Исходным материалом большинства видов аэрогелей является раствор прекурсоров, называемый золем, именно он задает большую часть параметров конечного продукта.

В качестве основы за все время изучения процесса гелирования и дальнейшего получения аэрогелей было протестировано множество прекурсоров, но наибольшее распространение в теплоэнергетике получили материалы на основе диоксида кремния [2].

Базовым процессом аэрогеля является «золь-гель» процесс, состоящий из следующих основных этапов: получение раствора золя, путем смешения первичных прекурсора, далее следует гелирование золя путем изменения pH раствора, показатели pH на данной стадии могут влиять на скорость гидролиза золя, а также на площадь удельной поверхности готового продукта, оптимальными являются показатели в диапазоне 2,4-3,0, далее полученный гель необходима отмыть от непрореагировавших реагентов, далее следует старение геля и сушка, в конечном итоге мы получаем готовый аэрогель [3].

Несмотря на кажущуюся простоту получение аэрогеля на основе диоксида кремния требует высокой точности производства, а также больших затрат энергии и ресурсов. Создано множество методик получения готового продукта, различающиеся набором, количеством и мольным соотношением прекурсоров, но основная классификация основана на различии последнего этапа приготовления, на сушке. Существуют аэрогели полученные с помощью сверхкритического флюида в среде газа, зачастую в среде углекислого газа, а также гели, полученные при атмосферной сушке [4].

Сушка при сверхкритических показателях подразумевает нахождение геля в среде углекислого газа при температуре от 40 до 60 ºС под давление в 120-140 атмосфер, нетрудно догадаться, что данный процесс сушки является весьма энергозатратным. На первый взгляд получение аэрогеля под атмосферным давлением является более оптимальным вариантом, но существует проблема разрушения нанопористой структуры конечного продукта из-за поверхностного расширения, находящегося внутри пор непрореагировавшего спирта, что значительно ухудшает свойства аэрогеля или вовсе сводит на нет все затраты на предыдущие этапы [5]. Также производство аэрогеля под атмосферной сушкой подразумевает использование большего количества прекурсоров, что незначительно, но увеличивает стоимость готового продукта. Решение данной химико-физической задачи позволит

значительно снизить стоимость, что даст толчок дальнейшего развития различных отраслей промышленности.

Аэрогель – один из перспективнейших материалов современности, но из-за трудности и опасности производства, а также высокой стоимости пока что не нашел широкого распространения за пределами лабораторий.

Источники

1. Цыганков Павел Юрьевич, Худеев Илларион Игоревич, Уварова Анастасия Анатольевна, Чубарцева Александра Андреевна, Меньшутина Наталья Васильевна Влияние условий производства на структурные характеристики кремниевого аэрогеля // Успехи химии и химической технологии. 2017. № 6 (187).

2. Федотова, А. О. Применение теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей / А. О. Федотова // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика : Материалы конференции. В 3-х томах, Казань, 07–08 декабря 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова . Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 180-183.

3. Шиндряев А., Кожевников Ю., Лебедев А., Меньшутина Н. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей // Успехи химии и химической технологии. 2017. № 6 (187).

4. Голованов Алексей Валерьевич, Лебедев Артем Евгеньевич, Меньшутина Наталья Васильевна Разработка методики получения аэрогелей сверхнизкой плотности // Успехи химии и химических технологий. 2014. № 1 (150).

5. И.В. Лебедев, А.Ю. Тыртышников, С.И. Иванов, Н.В. Меньшутина Моделирование нанопористых структур кремний-резорцино-формальдегидных аэрогелей // Программные продукты и системы. 2018. № 3.

УДК 621.643.8:519.8

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА БЕЗДЕФЕКТНОГО И ДЕФЕКТНОГО ТРУБОПРОВОДОВ

Гузель Шакирьяновна Ульябаева

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. С.О. Гапоненко

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

gulyabaeva@bk.ru

Аннотация. В статье представлена математическая модель колебательного процесса бездефектного и дефектного трубопроводов, определены собственные (резонансные) частоты трубопроводов с использованием модального анализа. В качестве объектов исследования были выбраны стальной трубопровод без дефекта и трубопровод с дефектом 2 мм. На основе расчетов были определены информативно-частотные диапазоны для контроля технического состояния исследуемых трубопроводов.

Ключевые слова: трубопровод, колебания, модальный анализ, дефект.

MATHEMATICAL MODELING OF THE OSCILLATORY PROCESS OF DEFECT-FREE AND DEFECTIVE PIPELINES

Guzel Sh. Ulyabaeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gulyabaeva@bk.ru

Abstract. The article presents a mathematical model of the oscillatory process of defect-free and defective pipelines, the natural (resonant) frequencies of pipelines are determined using modal analysis. A steel pipeline without a defect and a pipeline with defects of 2 mm were selected as the objects of the study. Based on the calculations, informative frequency ranges were determined for monitoring the technical condition of the pipelines under study.

Keywords: pipeline, oscillations, modal analysis, defects.

Актуальность исследования состоит в повышении качества оценки технического состояния и диагностики трубопроводов. Благодаря информационным частотам, определенным в ходе исследования, можно идентифицировать наличие дефекта, достоверно оценивать техническое состояние трубопроводов, а так же устанавливать необходимость изъятия поврежденных участков трубопровода для ремонта [1].

В качестве объекта исследования были выбраны стальной бездефектный трубопровод и трубопровод с дефектом 2 мм [2].

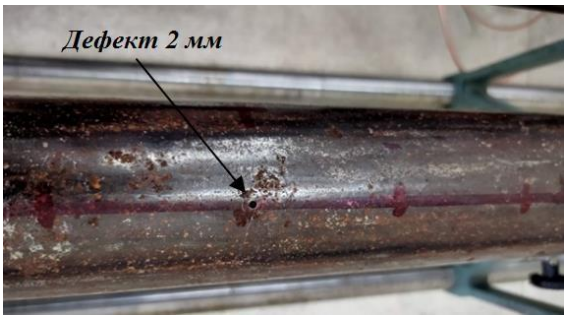


Рис.1. Трубопровод с дефектом 2 мм

Для определения информативного частотного диапазона собственных колебаний трубопроводов построили их математическую модель в программном обеспечении ANSYS [3].

Расчет исследуемого бездефектного трубопровода.

На рисунке 2 представлена импортируемая геометрия исследуемого трубопровода в среду ANSYS [4].

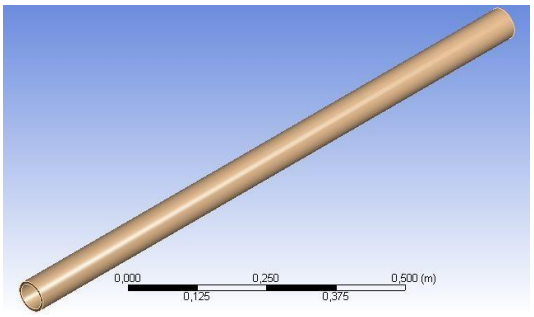


Рис.2. Импортированная модель

В результате проведенного исследования определили 20 первых мод колебаний. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчет исследуемого трубопровода без дефекта

Номер мод колебаний	Частота, Гц	Номер мод колебаний	Частота, Гц	Номер мод колебаний	Частота, Гц	Номер мод колебаний	Частота, Гц
1	240,38	6	3630,2	11	6424,5	16	9578,1
2	645,43	7	4202,3	12	7396,5	17	10105
3	1220,2	8	4956,7	13	7977	18	10577
4	1929,5	9	5595	14	8569,8	19	11408
5	2608,6	10	5929,2	15	9131,7	20	11744

Расчет исследуемого трубопровода с дефектом 2 мм.

В результате проведенного исследования наиболее характерными частотами для дефекта 2 мм являются 6681;7156;7240,1;7682,5;8240,2;8839,2 Гц.

Форма колебания моды при частоте 6681 Гц показана на рисунке 3.

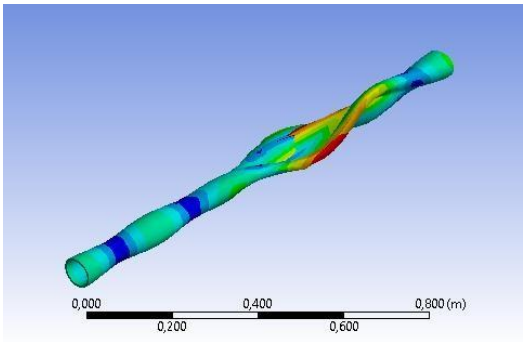


Рис.3. Форма колебания моды

В результате проведенных исследований был определен информативно частотный диапазон для контроля технического состояния исследуемых трубопроводов [5]. Полученные данные можно использовать для определения размеров дефекта по наличию выявленных частот. На основании расчетов можно сделать вывод, что частоты 6681;7156;7240,1;7682,5;8240,2;8839,2 Гц наиболее характерны для дефекта 2 мм. Остальные частоты из таблицы 1 являются общими как для дефектных, так и бездефектных трубопроводов и не могут служить основанием для распознавания повреждений.

Источники

1. Шакурова Р.З., Кондратьев А.Е., Гапоненко С.О. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, №6, 2020. С. 188.

2. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Ульябаева Г.Ш. Анализ результатов численного моделирования колебательных процессов в бездефектных и дефектных трубопроводах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №3 (55). С. 38-47.

3. Матросова Ю.Н. Неразрушающий контроль качества материалов. – М.: LAP LambertAcademicPublishing, 2019. С 148.

4. Жумаев К. К. Выявление внутренних и наружных дефектов трубопроводов ультразвуковыми дефектоскопами [Текст] / К. К. Жумаев, Н. О. Каландаров // Молодой ученый, №16, 2014. С. 67-68.

5. Каневский, И. Н., Сальникова Е. Н. Неразрушающие методы контроля: учебное пособие – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2017. С. 87.

УДК 681.178.1

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ТЕЧЕИСКАНИЯ

Екатерина Андреевна Усанова[1], Земфира Ирековна Гаязова [2]
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Г. Зиганшин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]usankate03@gmail.com, [2]juna.rit.wow@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрен акустический метод течеискания. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью защиты трубопроводов от дефектов. Защита от дефектов необходима для увеличения эффективности транспортировки тепла и создания минимальных затрат различных ресурсов.

Ключевые слова: течеискатели, утечка, теплоноситель, трубопровод, колебания, акустический метод течеискания.

ACOUSTIC LEAK DETECTION METHOD

Ekaterina A. Usanova[1], Zemfira I. Gayazova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]usankate03@gmail.com, [2]juna.rit.wow@yandex.ru

Abstract. The article discusses an acoustic leak detection method. The relevance of this solution lies in the need to protect pipelines from defects. Protection against defects is necessary to increase the efficiency of the transportation and create mimimal costs of various resources.

Keywords: leak detectors, leakage, coolant, pipeline, vibrations, acoustic leak detection method.

Дефекты в тепловых сетях являются одной из главных проблем, из-за которой теряется эффективность трубопровода. Наиболее частым дефектом в тепловых сетях является утечка, так как утечка теплоносителя возможна из-за любого вида пробоя. Для повышения эффективности

теплосетей требуется наличие оптимального метода их обнаружения [1].

Методов течеискания существует огромное множество, такие как манометрический, химический, люминесцентно-гидравлический, акустический и другие. Однако, наиболее оптимальным и удобным в использовании является акустический [2]. Это обусловлено следующими преимуществами данного метода:

1) В отличие от химического, люминесцентного и манометрического методов, акустический не требует специального пробного вещества (в люминисцентно-гидравлическом требуется люминофор в жидкости);

2) Обучение использованию акустическим методом происходит быстрее.

3) Сравнительно невысокая стоимость применяемой для данного метода комплекта аппаратуры;

4) Мобильность устройств и возможность их длительной автономной работы;

Акустический метод основан на замере и регистрации звуковых колебаний, проявляемых в трубопроводе, земле или воздухе с помощью датчиков при утечке теплоносителя.

Типовая установка датчиков акустических течеискателей представлена на рисунке 1.

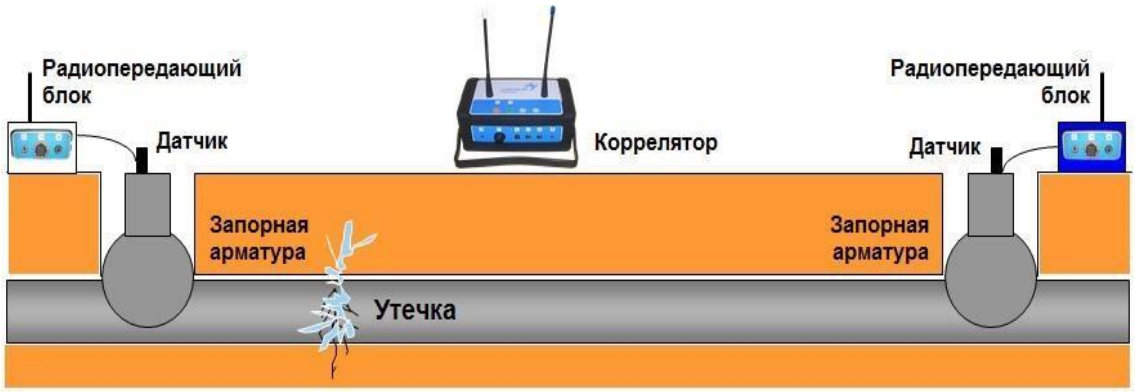


Рисунок 1. Способ установки датчиков акустического течеискателя.

Типовым использованием является установка двух датчиков, которые будут расположены в безопасных местах (тепловые и смотровые камеры, подвалы домов, шурф и т.п) на концах обследуемого участка. Акустические колебания распространяются по теплоносителю, а датчики улавливают их и передают на операторскую установку через радиопередающие блоки [3].

Оператору приходят сведения, которые в дальнейшем преобразуются в приближенное расстояние между течью и одним из датчиков по средству фильтрации сигнала и разностью между синхронным записям между двумя концами трубопровода [4].

Также стоит сказать, что для уточнения результатов измерения возможно использование современных переносных акустических течеискателей. Они используются для локального обнаружения проблемы и, таким образом, более точное определения места течи становится осуществимее.

Однако, акустические течеискатели имеют и свои недостатки:

1) Низкая чувствительность по сравнению с другими течеискателями;

2) Влияние посторонних шумов на результаты измерения.

Таким образом, мы можем сказать, что акустические течеискатели являются востребованным оборудованием, в связи с простотой конструкции и использования. Благодаря использованию акустического течеискателя возможно повышение эффективности трубопровода посредством быстрого ремонта дефекта [5].

Источники

1. Петрушенко Ю. Н., Ваньков Ю. В., Зиганшин Ш. Г., Тырышкин В. Н. Виброакустический способ и диагностический комплекс для определения дефектов трубопроводов с использованием нейронной сети // Вестник КГЭУ. Казань. 2009.

2. Косыгин А. Б., Ханин В. Н., Государев К. И., Фомина И. В. Обнаружение скрытых утечек с использованием системы мониторинга водопроводной сети // ВСТ. – 2010. – № 4.

3. Гуменюк В.А., Сульженко В.А., Яковлев А.В. Система классификации степени опасности источников акустической эмиссии и критерий экспресс-оценки состояния объектов на основе нечеткой логики // Контроль. Диагностика. — 2003. — № 1.

4. Спиро В.Е., Рыбакина О.Г. Исследование циклической трещиностойкости металлических материалов с учетом пластической деформации в вершине трещины. — Краткие сообщения XXIII Российской школы по проблемам науки и технологий. — Екатеринбург. — 2003.

5. РД 03-299–99. Требования к акустико-эмиссионной аппаратуре, используемой для контроля опасных производственных объектов. М. 2009, 18 с.

УДК 628.116

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА

Екатерина Владиславовна Федосеева
Науч. рук. канд. техн. наук, ст. преп. С.Р. Саитов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Fedoseevakatya2002@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены различные методы получения воды в России, в Азии и на Востоке в условиях засушливого климата.

Ключевые слова: атмосфера, воздух, капли воды, методы получения, источник.

OBTAINING WATER IN AN ARID CLIMATE

Ekaterina V. Fedoseeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Fedoseevakatya2002@yandex.ru

Abstract. The article discusses various methods for obtaining water in Russia, Asia and the East in a dry climate.

Keywords: atmosphere, air, water drops, production methods, source.

Засушливые земли занимают 41,3% всей поверхности суши. Нехватка воды в таких районах является самой важной проблемой. Эта проблема дала толчок для начала исследований и для создания технологий по способу получения воды в условиях засушливого климата. Атмосфера, – неиссякаемый источник воды, содержит большое количество воды содержащийся в ней в виде большого количества водяных паров в различных количествах. Именно поэтому большинство методов основываются на получении воды из атмосферы. Рассмотрим, методы получения воды в России, в Азии и на Востоке.

В России с нехваткой воды справляются с помощью плавающей установки. Верхняя часть установки представляет собой буй, который плавает на поверхности воды и нагревается на солнце. Он снабжен специальными мембранами для забора влажного воздуха. Энергия солнца повышает температуру внутри буя. Теплый воздух отправляют в конденсатор, который прикреплен ко дну тросами. На глубине температура значительно ниже, поэтому из воздуха выделяется влага. Ее

собирают и направляют потребителям по трубопроводам [1]. Установка не использует внешнего электроснабжения, она работает только за счет энергии солнца или морских волн [2].

Регион Персидского залива является одним из самых засушливых регионов в мире. Нехватка воды считается самой важной проблемой. Годовое количество осадков незначительное и неустойчивое. Кроме того, существуют проблемы с соленостью грунтовых вод. Извлечение воды из атмосферы может быть осуществлено регенерацией воды из существующей системы воздуха кондиционирования.

В жарком, влажном климате, процесс охлаждения воздуха может привести к значительному расходу воды. Когда влажный воздух охлаждается ниже точки росы путем его контакта с холодной поверхностью часть водяного пара в воздухе конденсируется и покидает воздушный поток в виде жидкости, в результате чего как температура, так и влажность воздуха снижается [3]. Практически все системы кондиционирования воздуха, производящие конденсат, имеют дренажную линию. В доме это обычно шланг, который стекает из змеевиков в сплит-системе. Как правило, этот дренаж вытекает в слив в полу, канализационную линию или просто снаружи во двор. Простой способ утилизации этого конденсата в домашних условиях – провести дренажную линию в бочку для дождевой воды или другой контейнер для хранения.

В азиатском засушливом регионе осуществляют сбор воды из тумана. Сбор тумана осуществим и технологически доступен для восполнения нехватки пресной воды, как правило, в засушливых прибрежных районах. Обычный метод сбора воды из тумана – это размещение прямоугольной сетки перпендикулярно ветру, которая улавливает капли тумана. При воздействии тумана капли воды, переносимые ветром, ударяются о сетку и задерживаются. После последовательных ударов капли растут путем слияния, пока не станут достаточно большими, чтобы падать под действием силы тяжести, и желоб переносит воду в резервуар. Проволочные сетки, используемые в настоящее время для сбора тумана, страдают от двойного ограничения: грубые сетки не могут эффективно улавливать микроскопические капли тумана, тогда как мелкие сетки страдают от проблем с засорением, чтобы улучшить сбор воды стали использовать параллельные проволочные провода [4].

Так же применяются туманные арфы, в которых используется ультратонкая и необработанная металлическая проволока для эффективного и долговечного улавливания и отвода тумана [5].

Вертикальные провода, идущие параллельно дренажному каналу, служат для уменьшения силы захвата захваченных капель, что обеспечивает эффективный дренаж мелких капель воды даже для микрометрических размеров проводов [6].

Все эти методы эффективные, но использование кондиционированного воздуха более универсальный. Плавающую установку можно разместить в акваториях моря и водоёмов. Туманные арфы можно использовать в местности, где туман неплотный.

Источники

1. НАУКОГРАД: неутолимая тяга к изобретательству Виктора Миронова [Электронный ресурс]. https://tumen.bezformata.com/listnews/izobretatelstvu-viktora/64614172/ (дата обращения 07.11.2022)

2. Разработана плавающая установка для получения пресной воды из воздуха [Электронный ресурс]. https://econet.ru/articles/181107-razrabotana-plavayuschaya-ustanovka-dlya-polucheniya-presnoy-vody-iz-vozduha (дата обращения 07.11.2022)

3. Esam Elsarrag, Yousef Al Horr. Experimental investigations on water recovery from the atmosphere in arid humid regions // CIBSE Technical Symposium, DeMontfort University, Leicestern UK, 2011. P. 1-12 http://www.rexresearch.com/airwell2a/WatRecovAtm.pdf (дата обращения 07.11.2022)

4. Yaodong Tu. Ruzhu Wang. Yannan Zhang. Jiayun Wang. Progress and Expectation of Atmospheric Water Harvesting // Cell Press Reviews, 2018, P. 1454-1457 https://www.cell.com/action/showPdf?pii= S2542-4351%2818%2930326-X (дата обращения 07.11.2022)

5. «Туманная арфа» собирает воду даже в самом легком тумане [Электронный ресурс]. https://econet.ru/articles/tumannaya-arfa-sobiraet-vodu-dazhe-v-samom-legkom-tumane (дата обращения 07.11.2022)

6. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2017. - №2(34). – С. 58-67.

УДК 62-93

ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ В АККУМУЛЯТОРАХ ТЕПЛОТЫ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

Анастасия Олеговна Федотова
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Ю.В. Ваньков
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
nastya2505fedotova@mail.ru

Аннотация. В работе приведены основные требования к материалам с фазовым переходом, преимущества и недостатки всех видов таких веществ, а также выявлены перспективы использования в качестве ТАМ парафинов.

Ключевые слова: фазопереходный аккумулятор, теплоаккумулирующий материал, теплота фазового перехода, энтальпия, теплоемкость.

APPLICATION OF HEAT STORAGE MATERIALS IN PHASE TRANSITION HEAT ACCUMULATORS

Anastasia O. Fedotova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
nastya2505fedotova@mail.ru

Abstract. The paper presents the basic requirements for materials with a phase transition, the advantages and disadvantages of all types of such substances, and also identifies the prospects for using paraffins as PCMs.

Keywords: phase transition battery, heat storage material, phase transition heat, enthalpy, heat capacity.

В связи с постоянным ростом потребностей населения в тепловой энергии, необходимой для удовлетворения нужд ГВС и отопления, и из-за неравномерности ее потребления в течение суток, актуальным становится вопрос об аккумулировании тепла, перспективное направление в котором — применение аккумуляторов на основе веществ с фазовым переходом [1].

Вещества с фазовым переходом или теплоаккумулирующие материалы (ТАМ) – это вещества, при изменении агрегатного состояния которых запасается или высвобождается запасенная энергия. Как правило, это переходы твердое тело — жидкость и жидкость — твердое тело, сопровождающиеся поглощением и выделением скрытой теплоты [2].

Главные преимущества ТАМ: высокая тепловая емкость, малое изменение объема, происходящее в процессе осуществления циклов

плавления — затвердевания, постоянное давление, температура и масса [3].

Для эффективной работы теплового аккумулятора на фазовом переходе (АФП) необходимо выполнение требований к ТАМ: а) согласованность температуры фазового перехода с рабочими параметрами теплоносителя (температурой на входе, расходом, теплоемкостью) во время работы; б) быть химически нейтральным к конструкционным материалам аккумулятора; в) ТАМ должен обладать высокой энтальпией фазового перехода, плотностью и теплопроводностью в обеих фазах и температурной стабильностью, иметь низкий коэффициент объемного расширения и небольшую разницу плотностей между фазами во избежание трудностей с компенсацией увеличения объёма; г) быть устойчивым к процессам плавления — затвердевания без изменения состава и теплофизических свойств; д) быть недорогим и доступным для изготовления АФП в промышленном масштабе; е) не обладать эффектом переохлаждения при затвердевании.

К материалам, пригодным к использованию в АФП, относят: соединения металлов, жирные кислоты, парафины и гидраты солей.

Сплавы легких металлов и их соединения (гидриды, фториды и т.д.) применяют, в основном, при более высоких рабочих параметрах.

Перспективные вещества с большой теплотой фазового перехода, наиболее подходящие для низкотемпературного АФП, - неорганические соли - кристаллогидраты и органические парафины [4].

Первые позволяют накопить и отдать большое количество теплоты за один рабочий цикл за счет высокой теплоты фазового перехода и удельной теплоемкости, однако требуется достичь высокой температуры плавления, что увеличивает затраты энергии и стоимость аппарата. Они также коррозионно-активны и нестабильны в процессе плавления — затвердевания, что ограничивает использование 50 циклами [5].

Широкое применение парафинов обусловлено следующими свойствами: они обладают достаточной для использования в АФП теплотой фазового перехода, низким коэффициентом вязкости, что позволяет быстро заряжать аккумулятор, низкой электропроводностью. У них отсутствует эффект переохлаждения, они химически инертны, долговечны и стабильны при циклическом изменении агрегатного состояния и не изменяют химические свойства при плавлении, не кипят, доступны и очень дешевы, экологически безопасны. Являются неполярными жидкостями и поэтому не смешиваются с полярными жидкостями, такими как вода и спирт, и поэтому могут применяться при их непосредственном контакте [6].

Таким образом, наиболее пригодными для использования в АФП являются парафины, которые дополнительно можно модифицировать введением добавки в виде углеродных нанотрубок, что увеличит теплопроводность с 0,1942Вт/(м·°С) до 0,3824 Вт/(м·°С) [7].

Работа выполнялась в рамках гос. задания # 075-03-2021-175/3.

Источники

1. Боровков, В. М. Повышение маневренности АЭС с помощью аккумуляторов энергии / В. М. Боровков, А. В. Кушаков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2010. – № 5-6. – С. 135-139. – EDN NULAOV.

2. Есина, З. Н. Термодинамика фазовых переходов и перенос тепла в аккумуляторе / З. Н. Есина, Е. Е. Зеленский, М. Р. Корчуганова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 1. – № 2(64). – С. 133-139. – EDN PWBRLD.

3. Побережнюк М.М., Кудря С.А., Минченков Т.Г. Аккумулирование тепла низкоплавкими расплавами // Гелиотехника. 1984, № 3, С, 22.

4. Галковский, В. А. Анализ применения аккумуляторов теплоты фазового перехода в системе вентиляции зданий / В. А. Галковский, С. А. Ручкина // Интернет-журнал Науковедение. – 2016. – Т. 8. – № 6(37). – С. 97. – EDN XXYHBV.

5. Калугин, К. С. Повышение энергетической эффективности фазопереходных тепловых аккумуляторов / К. С. Калугин, П. Л. Лекомцев // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 2(31). – С. 251-256. – EDN TSDQMV.

6. Тхазаплижева, А. М. Фазопереходные материалы / А. М. Тхазаплижева, А. О. Нагоева // Аллея науки. – 2019. – Т. 2. – № 2(29). – С. 371-374. – EDN ZCFQOL.

7. Антипов, Е. А. Оценка эффективности работы аккумуляторов теплоты фазового перехода экспериментальным путем и методом эксергетического анализа / Е. А. Антипов // Енергетика і автоматика. – 2017. – № 3(33). – С. 63-71. – EDN ZNDZPN.

УДК 620.179.1

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ УТЕЧЕК ЧЕРЕЗ ЗАТВОР ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Нияз Айратович Хасанов
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Р. Загретдинов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
niyazxasan144@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены методы контроля утечек через затворный механизм. Рассматривается S-метод и метод Херста, основанные на изменении структуры регистрируемого сигнала. Данные методы анализа акустических сигналов позволяют повысить достоверность получаемых результатов и качества контроля состояния оборудования.

Ключевые слова: трубопроводная арматура, затворный механизм, виброакустическая диагностика, акустическая эмиссия, S-метод, метод Херста.

METHOD FOR MONITORING LEAKS THROUGH THE VALVE OF PIPE FITTINGS

Niyaz A. Khasanov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
niyazxasan144@mail.ru

Abstract. The article discusses methods of leak control through the gate mechanism. The considered S-method and the Hurst method are based on a change in the structure of the recorded signal. These methods of acoustic signal analysis make it possible to increase the reliability of the results obtained and the quality of equipment condition monitoring.

Keywords: pipeline fittings, gate mechanism, vibroacoustic diagnostics, acoustic emission, S-method, Hearst method.

Трубопроводная арматура – это технические устройства, предназначенные для регулирования расхода рабочей среды путем изменения проходного сечения. Трубопроводной арматуры широко применяется в энергетики [1].

Затвор является основным элементом трубопроводной арматуры. Наиболее распространенные типы затворов: дисковые, клапанные, клиновые, демпферные, мембранные и шланговые [2].

Течи задвижек трудно обнаружить, так как они не имеют внешних признаков, но могут быть обнаружены путем регистрации и анализа виброакустических сигналов [3].

Для быстрой проверки герметичности существует экспресс-метод контроля герметичности затвора арматуры, наиболее популярным является акустический метод течеискания. Данный метод основывается на индикации акустических колебаний, которые возбуждаются в объекте при обнаружимой протечке жидкости или газа через не плотности.

При протечке газовых сред мы можем наблюдать что колебания звукового и ультразвукового диапазонов частот возбуждаются. Для контроля герметичности газовой арматуры. часто используются датчики акустической эмиссии. Обнаруживание увеличения пропуска рабочей среды происходит как правило за счет роста амплитуды диагностического сигнала. Но часто наблюдается, что при малых расходах утечки амплитуда сигнала может оставаться неизменной, но при значительной снова упасть. Конечно, это значительно снижает достоверность контроля герметичности.

Вследствие чего является актуальным решением данной проблемы применение для подобного контроля трубопроводной арматуры новых методов, реагирующих не на увеличение амплитуды, а на изменение структуры сигнала

Для анализа акустических сигналов можно использовать S-метод (метод средней крутизны ранжированной функции) [4]. Аналогичный метод используется при анализе одномерных временных рядов данных и определении их статистических стационарных свойств. В этом случае под стационарностью понимается устойчивость закона распределения.

Известно применение R/S анализа для контроля герметичности затвора трубопроводной арматуры [5]. R/S анализ разработан британским гидрологом Г.Э. Херстом.

Статистическая модель Херста была основана на работе А. Эйнштейна о броуновском движении, которое по существу представляет собой модель случайного блуждания частицы. Сущность теории в том, что расстояние R, которое проходит частица, увеличивается пропорционально квадратному корню из времени Т.

Херст расширил уравнение Эйнштейна и привел его к более общей форме:

$$\frac{R}{S} = c \cdot n^{H}$$

где R – нормированный размах вариации, S – стандартное отклонение, c –константа, n – количество элементов выборки, H – показатель Херста.

В будущем мной планируется экспериментальное исследование других методов анализа акустических сигналов для решения задачи контроля герметичности затвора трубопроводной арматуры.

Источники

1. Загретдинов, А. Р. Метод виброакустического контроля герметичности затвора трубопроводной арматуры / А. Р. Загретдинов, А. А. Гильманова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы XV Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции, Казань, 21–22 октября 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 331-334.

2. Черепова, А. Е. Анализ конструкции основных типов трубопроводной арматуры / А. Е. Черепова // Россия молодая: Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 16–19 апреля 2019 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2019. – С. 90511.

3. Валиев, Р. Ш. Моделирование течения рабочей среды при нарушении герметичности затвора трубопроводной арматуры / Р. Ш. Валиев // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика: Материалы конференции. В 3-х томах, Казань, 07–08 декабря 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 111-113.

4. Загретдинов, А. Р. Виброакустический контроль герметичности затвора трубопроводной арматуры с применением S-метода анализа сигналов / А. Р. Загретдинов, С. О. Гапоненко // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2021. – № 2. – С. 97-100.

5. Гильманова, А. А. Контроль герметичности затвора трубопроводной арматуры по изменению показателя Хёрста виброакустических сигналов / А. А. Гильманова // Инновационные аспекты развития науки и техники : Материалы X Международной научно-практической конференции, Саратов, 23 июня 2021 года / Под редакцией Н.В. Емельянова. – Саратов: "КДУ", "Добросвет", 2021. – С. 11-15.

УДК 620.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Артур Наилевич Хисамутдинов
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ш.Г. Зиганшин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
hisamutdinov.hsooo@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы внедрения наиболее эффективных энергосберегающих технологий для повышения энергоэффективности нефтехимических предприятий.

Ключевые слова: энергосберегающие мероприятия, нефтехимическое предприятие, повышение энергоэффективности, энергосбережение.

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY THROUGH ENERGY-SAVING MEASURES AT ENTERPRISES PETROCHEMICAL INDUSTRY

Artur N. Hisamutdinov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
hisamutdinov.hsooo@yandex.ru

Abstract. The article discusses the prospects for the introduction of the most effective energy-saving technologies to improve the energy efficiency of petrochemical enterprises.

Keywords: energy-saving measures, petrochemical enterprise, energy efficiency improvement, energy conservation.

Для большинства нефтехимических предприятий характерна низкая энергоэффективность, так как производственные мощности загружены не полностью и уровень их использования периодически меняется, и чем ниже загруженность производственных мощностей предприятия, тем выше удельные энергетические затраты на единицу продукции.

Энергосберегающее мероприятие представляет собой технологию, которая характеризуется более высокой эффективностью использования топливно-энергетических ресурсов [1].

Одним из важнейших направлений в области энергосбережения

нефтехимических предприятий по производству продуктов должно стать снижение доли топливных ресурсов в себестоимости продукции [2].

Повышение эффективности организации производственных систем в нефтехимической отрасли должно выполнять функции разработки, выбора и реализации мероприятий по повышению эффективности систем в условиях ресурсосбережения с использованием методов организации производства [3].

В настоящее время для повышения производительности технологического процесса нефетихимических предприятий и качества продукции, снижения энергетических затрат, а также для увеличения эффективности операций на производстве всё больше внедряют автоматизацию процессов [4].

Для снижения потребления энергетических ресурсов увеличивают поверхности контакта фаз в теплообменных аппаратах, внедряют подсистемы рекуперации вторичных энергетических ресурсов, меняют технологический режим, оптимизируют производство и используют совмещенные процессы. Это также позволит повысить энергетическую эффективность предприятий нефтехимической отрасли [5].

К современным энергосберегающим методам с эффективной оптимизацией процессов, проводящихся на предприятиях нефтехимии, относится пинч-анализ. Данный процесс представляет собой минимизацию потребления энергии посредством протекания химических процессов путем расчета термодинамически возможных оптимальных результатов. Достигаются они путем оптимизации систем рекуперации тепловой энергии. Эта методология позволяет учитывать не только количественные, но и качественные характеристики теплообмена.

Пинч-анализ целесообразно использовать в процессах интеграции сети теплообменников на нефтехимических предприятиях, так как с помощью него повышается энергетическая эффективность за счет снижения эксергетических потерь в технологических процессах [6].

Для повышения эффективности использования топлива на нефтеперерабатывающих заводах рекомендуется совершенствовать системы управления технологическими процессами и повышать эффективность использования сбросной тепловой энергии [7].

Таким образом, реализация энергосберегающих мероприятий на нефтехимических предприятиях может оказать существенное влияние на снижение энергопотребления. Их внедрение может улучшить показатели энергоэффективности, а также снизить затраты топлива на себестоимость продукции.

Источники

1. Бяшимов, А. Важность энергосбережения на предприятиях / А. Бяшимов, Н. Акмырадов, М. Бегджанова // Проблемы и векторы развития современной науки и образования: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 16 мая 2022 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2022. – С. 115-119.

2. Бабикова, Н. Л. К вопросу экологичности и энергоэффективности нефтехимического производства / Н. Л. Бабикова, А. А. Алтынбаева // Электротехнические комплексы и системы: Материалы международной научно-практической конференции, Уфа, 22–25 октября 2019 года. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2019. – С. 136-141.

3. Жукова В.А., Коваленко М.В., Кузин М.А. Модернизация технологий энерго- и ресурсосбережения в химической промышленности // Символ науки. 2020. № 5. С. 27-28.

4. Арестова А.Ю., Ульянов В.Н., Фролов М.Ю. Алгоритм расчёта показателей энергоэффективности оборудования нефтеперерабатывающего предприятия // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 2021. Т. 23 №6. С. 16-28. doi.10.30724.1998-9903-2021-23-6-16-28.

5. Бабидорич, М. И. Моделирование химико-технологических систем в процессе выполнения пинч-анализа / М. И. Бабидорич, О. А. Реутова, А. М. Демин // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VI Международной научной конференции, посвященной памяти Б.А. Рогозина, Омск, 23 ноября 2018 года. – Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2018. – С. 118-120.

6. Ахметов, А. Повышение энергоэффективности АО «Павлодарский нефтехимический завод» / А. Ахметов // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: IX Международная научно-практическая конференция, Нур-Султан, 19 марта 2021 года / Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. – Нур-Султан: Б. и., 2021. – С. 269-273.

7. Цыпленков С.В., Агафонов Е.Д. Концепция комплексной системы контроля энергоэффективности механизированной добычи нефти // Известие высших учебных заведений. Проблемы энергетики 2021. Т. 23 №4. С. 180-196. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-4180-196.

УДК 621.64

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ АНАЛИЗОМ ВИБРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Инна Дмитриевна Якупова
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А. Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
26764@mail.ru

Аннотация. Одним из важнейших вопросов надежности энергетических коммуникаций является грамотная и своевременная организация оценки их технического состояния. Различные трубопроводы, являющиеся неотъемлемой частью энергетических систем и комплексов, рассматриваются как энергетические коммуникации. Проведение неразрушающего контроля виброакустическим методом позволит значительно снизить аварийность при эксплуатации трубопроводов, оценить их работоспособность и спрогнозировать остаточный ресурс с целью оптимизации сроков ремонта или замены.

Ключевые слова: энергетические коммуникации, диагностика, неразрушающий контроль, виброакустические колебания, теплоноситель, дефект.

ASSESSMENT OF THE STATE OF ENERGY PIPELINES BY ANALYSIS OF VIBRATION CHARACTERISTICS

Inna D. Yakupova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
26764@mail.ru

Abstract. One of the most important issues of reliability of energy communications is the competent and timely organization of the assessment of their technical condition. Various pipelines that are an integral part of energy systems and complexes are considered as energy communications. Conducting non-destructive testing by the vibroacoustic method will significantly reduce the accident rate during the operation of pipelines, assess their operability and predict residual life in order to optimize the timing of repair or replacement.

Keywords: energy communications, diagnostics, non-destructive testing, vibroacoustic oscillations, coolant, defect.

Современные условия разработки, эксплуатации и ремонта энергетических систем и комплексов требует тщательной разработки необходимых мероприятий, направленных на повышение надежности и безаварийности эксплуатации энергетического оборудования, среди которого различные энергетические трубопроводы являются одним из основных элементов.

Одним из наиболее востребованных элементов теплоэнергетического оборудования выступают различные энергетические коммуникации. Оценка технического состояния средств транспортировки тепловых носителей проводится различными методами, основанными на разных физических явлениях с разнообразным приборным обеспечением [1]. К основным методам относятся: проведение внутренней диагностики трубного пространства, проведение шурфовок, тепловой контроль с помощью контактного или бесконтактного термографирования, диагностика магнитометрическими методами, оценка прочностных характеристик и т.д. [2].

Все это обусловливает актуальность проблемы диагностирования применением перспективных методов неразрушающего контроля, к которым относится анализ виброакустических колебаний стенок трубопроводов [3].

В процессе эксплуатации одной из возможных причин колебаний элементов и узлов энергетических коммуникаций могут быть различные динамические нагрузки. При этом вследствие взаимодействия внутреннего слоя трубопровода при относительном скольжении теплоносителя относительно микро-шероховатой неподвижной поверхности, возникает усталостный износ, который приводит к увеличению микротрещин в материале и увеличению уровня вибрации [4]. Оценка параметров этой вибрации позволяет оценить наличие и размер внутренних дефектов поверхности исследуемого трубопровода.

Вибрационные колебания стенок энергетических трубопроводов регистрируют с помощью вибродатчика, установленного непосредственно на объекте контроля [5].

Регистрация параметров колебаний производится с помощью различных вибрационных датчиков, записанные сигналы обрабатываются различными методами.

К информативным параметрам виброакустических сигналов, получаемым с помощью вибродатчика, относятся частота, амплитуда и фаза колебаний. В нашем случае используются первые два параметра, фаза не используется в связи с отсутствием эталонного сигнала [6].

Экспериментальные исследования проводились на трубопроводе диаметром 72 мм и толщиной стенки 4 мм. В результате получена зависимость изменения собственной частоты нагруженного дефектного и бездефектного трубопроводов. Наличие дефекта привело к снижению собственной частоты в диапазоне от 1500 до 6000 Гц на таких основных модах, как 3860 Гц и 4890 Гц.

В результате можно сделать вывод, что виброакустическая диагностика трубопроводов является одним из наиболее приемлемых способов неразрушающего контроля и оценки технического состояния протяженных энергетических коммуникаций.

Источники

1. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М. В. Акутин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, Ю. Я. Петрушенко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 2. – С. 55-57. – EDN KPZDLZ.

2. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104. – EDN RUHUDR.

3. Vankov Yu V and Kondrat'ev A E, 2004 Pribory i Sistemy Upravleniya (2) 45-53

4. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, С. П. Кузнецов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 1(57). – С. 36-38. – EDN JWBVZB.

5. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes / S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, A. E. Kondratiev, R. Dimova // E3S Web of Conferences: 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 01021. – DOI 10.1051/e3sconf/201912401021. – EDN UXIYTB.

6. Загретдинов, А. Р. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ш. Г. Зиганшин // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4-1(31). – С. 27. – EDN TPMSOV.

УДК 621.64

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ ВИБРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Алия Рамилевна Яруллина

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.Е. Кондратьев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

pbarni@mail.ru

Аннотация. В настоящее время оценке технического состояния энергетических трубопроводов уделяется особое внимание. Применение неразрушающего контроля позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики и произвести достоверную оценку остаточного ресурса эксплуатации. Из всего многообразия методов неразрушающего контроля является виброакустическая диагностика.

Ключевые слова: энергетические трубопроводы, техническая диагностика, неразрушающий контроль, виброакустические колебания, теплоноситель, дефект.

TECHNICAL DIAGNOSTICS OF PIPELINES BY VIBRATION METHOD

Aliya R. Yrullina
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
pbarni@mail.ru

Abstract. Currently, special attention is paid to the assessment of the technical condition of energy pipelines. The use of non-destructive testing can significantly improve performance and make a reliable assessment of the residual life of operation. Of the whole variety of methods of non-destructive testing is vibroacoustic diagnostics.

Keywords: energy pipelines, technical diagnostics, non-destructive testing, vibroacoustic oscillations, coolant, defect.

Условия эксплуатации современных энергетических трубопроводов накладывают серьезные требования к обеспечению безаварийной доставки теплоносителя потребителю. Это может обеспечить своевременное проведение технической диагностики трубопроводов с целью оценки технического состояния и прогнозирования возможной безотказной работы трубопровода [1].

К основным методам технического контроля относятся: проведение внутренней диагностики трубного пространства, проведение шурфовок, тепловой контроль с помощью контактного или бесконтактного термографирования, диагностика магнитометрическими методами, оценка прочностных характеристик и т.д. Однако необходимо отметить, что в этом случае происходит контроль только локальных участков, ограниченных конструктивными особенностями применяемых методов, при этом также существенными недостатками является необходимость вывода оборудования из режима эксплуатации наряду с высокой стоимостью применяемого оборудования, необходимости привлечения специально обученного технического персонала и длительного процесса

получения результатов контроля [2].

Все это обусловливает актуальность проблемы диагностирования применением перспективных методов неразрушающего контроля, к которым относится анализ виброакустических колебаний стенок трубопроводов [3].

В процессе эксплуатации одной из возможных причин колебаний элементов и узлов энергетических коммуникаций могут быть различные динамические нагрузки. При проведении виброакустической диагностики вибрации в объекте являются не только помехой, которую необходимо подавить, но и источником полезной информации. В связи с этим возможно измерение параметров как акустических, так и вибрационных колебаний. Учитывая сказанное, измерению и анализу возможно подвергать и те и другие виды колебаний [4]. Оценка параметров этой вибрации позволяет оценить наличие и размер внутренних дефектов поверхности исследуемого трубопровода.

Вибрационные колебания стенок энергетических трубопроводов регистрируют с помощью вибродатчика, установленного непосредственно на объекте контроля [5].

Если полезный сигнал, получаемый с датчика, имеет слишком низкую амплитуду, необходимо его усилить. Для этого необходимо использовать различные усилители, такие как дифференциальные, основным преимуществом которого является в компенсации помех, в том числе синфазных. В настоящее время широко распространено применение вибрационных регистраторов со встроенным предусилителем, источником питания которого является сигнальный провод, что значительно упрощает работу с таким датчиком.

Экспериментальные исследования проводились на трубопроводе диаметром 72 мм и толщиной стенки 4 мм. В результате получена зависимость изменения собственной частоты нагруженного дефектного и бездефектного трубопроводов [6]. Наличие дефекта привело к снижению собственной частоты в диапазоне от 1500 до 6000 Гц на таких основных модах, как 3860 Гц и 4890 Гц.

В результате можно сделать вывод, что виброакустическая диагностика трубопроводов является одним из наиболее приемлемых способов неразрушающего контроля и оценки технического состояния протяженных энергетических коммуникаций.

Источники

1. Загретдинов, А. Р. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ю. В. Ваньков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9-10. – С. 97-104. – EDN RUHUDR.

2. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М. В. Акутин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, Ю. Я. Петрушенко // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 2. – С. 55-57. – EDN KPZDLZ.

3. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes / S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, A. E. Kondratiev, R. Dimova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 01021. – DOI 10.1051/e3sconf/201912401021. – EDN UXIYTB.

4. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш. Г. Зиганшин, Ю. В. Ваньков, А. Е. Кондратьев, С. П. Кузнецов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 1(57). – С. 36-38. – EDN JWBVZB.

5. Vankov Yu V and Kondrat'ev A E, 2004 Pribory i Sistemy Upravleniya (2) 45-53

6. Загретдинов, А. Р. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, Ш. Г. Зиганшин // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 4-1(31). – С. 27. – EDN TPMSOV.

СЕКЦИЯ 3. Энергообеспечение, энергоресурсосбережение истроительство

УДК 621.311.26

ГИБРИДНЫЙ ЭНЕРГОКОМПЛЕКС ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ, ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И ВОДОРОДА

Максим Александрович Айдаров
Науч. рук.д-р техн. наук, профессор Ю.Е. Николаев
ФГБОУ ВО «СГТУимени Ю. А. Гагарина», г. Саратов, Саратовская область
[1]maksim.aydarov@mail.ru

Аннотация. В статье предложена схема гибридного энергокомплекса на базе малой ТЭЦ с газопоршневыми двигателями и солнечными фотоэлектрическими панелями, обеспечивающая производство электрической, тепловой энергии и водорода. Данная схема может быть реализована как на вновь строящихся объектах, так и в качестве водородной надстройки на уже существующих мини-ТЭЦ.

Ключевые слова: гибридная мини-тэц, солнечные фотоэлектрические преобразователи, водородная энергетика, электролизер.

HYBRID ENERGY COMPLEX FOR COMBINED PRODUCTION OF ELECTRIC, THERMAL ENERGY AND HYDROGEN

Maxim A. Aidarov
FSBEI HE "Gagarin State Technical University", Saratov, Saratov region
maksim.aydarov@mail.ru

Abstract. The article proposes a scheme of a hybrid power complex based on a small thermal power plant with gas-piston engines and solar photovoltaic panels, providing the production of electric, thermal energy and hydrogen. This scheme can be implemented both at newly constructed facilities and as a hydrogen superstructure at existing mini-CHP plants.

Keywords: hybrid mini-CHP, solar photovoltaic converters, hydrogen energy, electrolyzer.

Тенденция мирового развития энергетики ориентирована на сокращение использования органического топлива для выработки электроэнергии и теплоты, и перехода к использованию возобновляемых источников энергии (солнца, ветра) [1]. При этом в качестве универсального энергоносителя к приоритетным относится водород, который при использовании в топливных элементах позволяет получить электрический КПД установки до 60-65 % с образованием на выходе водяного пара [2].

Наибольшее распространение получили следующие методы производства водорода: паровая конверсия метана, газификация угля, а такжеэлектролиз воды с использованием электрической энергии от возобновляемых ис- точников энергии или внепиковой энергии АЭС [3,4]. Ввиду постепенного изменения вектора развития ведущих экономик мира по направлению декарбонизации ожидается увеличение спроса на «зеленый» водород, получаемый за счет ВИЭ [5].

На рассмотрение предлагается схема гибридного энергокомплекса на базе малой ТЭЦ с газопоршневыми двигателями и солнечными фотоэлектрическими панелями (ФЭП), обеспечивающая производство электрической энергии, теплоты и водорода. Такой энергокомплекс может быть сооружен на транспортной магистрали вблизи небольшого поселка или на окраине города. Вырабатываемая солнечными панелями электрическая энергия направляется в электролизную установку (ЭУ), где вырабатываются водород и кислород, которые копримируются и закачиваются в емкости хранения. Для заправки автомобильного транспорта водород из емкости хранения дополнительно сжимается компрессором (К) до давления 35-75 МПа. Кислород из емкости хранения может подаваться в газовый двигатель внутреннего сгорания, что приводит к снижению образования оксидов азота. При недостатке вырабатываемой энергии солнечными панелями в электролизер может подаваться электроэнергия от электрогенератора двигателя через выпрямитель тока (В). В часы избыточной выработки электроэнергии за счет ФЭП планируется отпуск электроэнергии через инвертор (И) на шину переменного тока, за счет чего будет осуществляться разгрузка газопоршневых двигателей и экономия топлива. Отпуск теплоты потребителю Q_n осуществляется за счет утилизации тепловой энергии от рубашки охлаждения (РО), маслоохладителя (МО), газоводяного подогревателя (ГВП), теплообменника подогрева сетевой воды (ТПК) и пикового котла (ПК). Принципиальная схема гибридногоэнерго комплекса представлена на рисунке.

Предлагаемый энергокомплекс имеет следующие технические характеристики:

- производительность электролизера по водороду – 65кг/сутки;
- примерный расход энергии на электролиз – 65кВт*ч/кг;
- количество заправляемых автомобилей – 40 авто/сутки;
- установленная электрическая/тепловая мощность мини-ТЭЦ – 5/10,55 МВт;
- установленная электрическая мощность ФЭП – 0,382МВт.

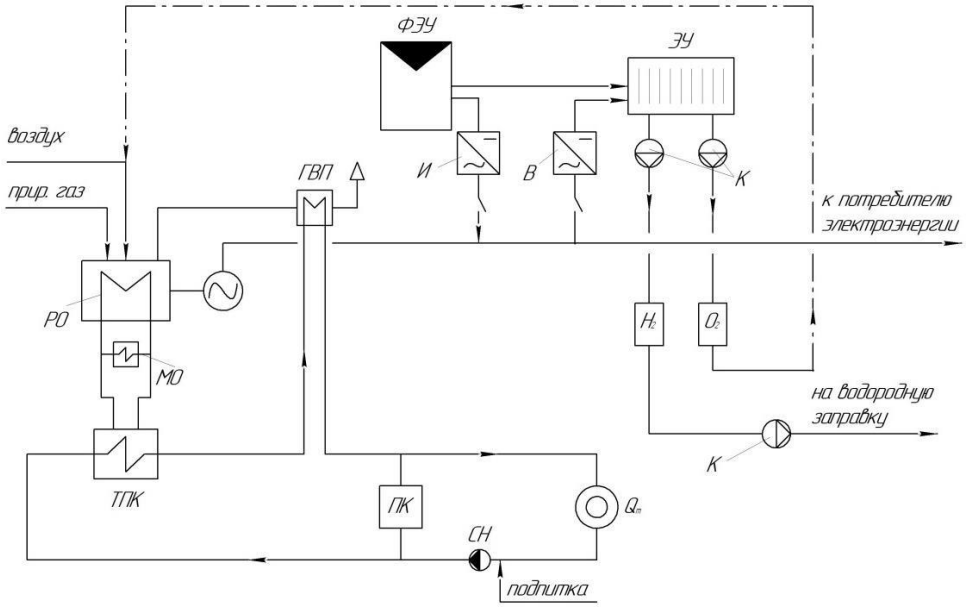


Рисунок – Принципиальная схема гибридного энергокомплекса для комбинированного производства электричества, тепловой энергии и водорода

Объектом дальнейшей работы является разработка математической модели энергокомплекса с определением технико-экономических показателей.

Источники

1. Нгуен, Д. Т. Оценка энерго- и ресурсосберегающего эффекта при внедрении гибридных объектов малой распределенной генерации в республике Вьетнам / Д. Т. Нгуен, Г. Р. Мингалеева, М. В. Савина // Известия выс- ших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2019. – Т. 21. – № 5. – С. 132-140. – DOI 10.30724/1998-9903-2019-21-5-132-140. – EDN VPWBSK.

2. Филиппов, С. П. Топливные элементы и водородная энергетика / С. П. Филиппов, А. Э. Голодницкий, А. М. Кашин // Энергетическая политика. – 2020. – № 11(153). – С. 28-39. – DOI 10.46920/2409-5516_2020_11153_28. – EDN MVOLXL.

3. Аминов, Р. З. Эффективность производства водорода на основе современных технологий / Р. З. Аминов, А. Н. Байрамов // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2009. – № 1. – С. 128-137. – EDN JVVLTX.

4. Байрамов А.Н. Разработка научных основ повышения эффективности АЭС при комбинировании с водородным комплексом: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы / А.Н. Байрамов – Саратов, 2021 – 397 с.

5. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 12 октября 2020 г. № 2634-р. План мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 года».

УДК 62-932.2: 661.961.63

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Данис Аскатович Ахмадиев
Науч. рук. канд. хим. наук, доцент А.В. Танеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
daxmadiev1@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены актуальность применения биогазовых установок. Рассмотрены перспективы применения биогазовых установок фермерскими хозяйствами с обеспечением биогазом как альтернативным источником энергии. Показано, что использование в практической деятельности биогазовых установок позволит решить, как эконо- мические проблемы, так и экологические.

Ключевые слова: биогаз, метан, органические отходы, фермерское хозяйство, переработка.

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOGAS IN FARMS

Danis A. Akhmadiev
«KSPEU», Kazan, Republic of Tatarstan
daxmadiev1@mail.ru

Abstract. The article discusses the relevance of the use of biogas plants. Prospects of application of biogas plants by farms with provision of biogas as an alternative energy source are considered. It is shown that the use of biogas plants in practice will solve both economic and environmental problems.

Keywords: biogas, methane, organic waste, farming, processing.

Биогаз на сегодняшний день является выгодным и современным источником тепловой, механической и электрической энергии. Поскольку в нашей стране не все населенные пункты газифицированы, актуальным являются биогазовые установки в таких поселениях, особенно в фермерских хозяйствах и агропромышленных комплексах. Сырьем для биогаза может выступать навоз животных, пищевые отходы, сгнившая органика. Биогаз - это газ, не имеющий ни цвета, ни запаха и состоящий из 45-87 %

метана и остальных примесейCO_2, а также незначительного количества H_2 и H_2S [1].

В настоящее время технологии получения биогаза нашли применение при решении вопросов утилизации органических отходов и сокращении загрязнения окружающей природной среды. И при этом обеспечивается альтернативный источник энергии [2]. Было установлено, что в зависимости от размеров фермерских хозяйств, объем отходов животноводческих предприятий составляет десятки и сотни тысяч тонн. Как правило, эти отходы обеззараживаются и впоследствии используются в виде удобрений. Однако в ходе этого разложения выделяется газ, который является источником энергии, кубометр которого сопоставим с 1,6 кг угля, 0,4 л керосина, 5,31 л газа и 2,5 кг навозных брикетов. Биогаз по своим характеристикам вполне может конкурировать с другими источниками энергии. Так, теплота сгорания биогаза составляет 20-27 МДж/м^3, а биометана 35-40 МДж/м^3 [3].

Установлено, что при переработке 1 т отходов крупного рогатого скота получают от 45 до 60 м^3 биогаза, а 1 т куриного помета – 100 м^3[4].

В таблице 1 показаны основные показатели биогазовой установки в зависимости от типа утилизируемых отходов.

Таблица 1.– Основные показатели работы биогазовой станции в зависимости от типа утилизируемых отходов [5].

Тип сырья	Отходы молочнойфермы	Отходы свинофермы	Отходы птицефермы
Поголовье, ед.	5800	50000	580000
Влажность отходов, %	85	88	75
Выход отходов, т/сут.	319	300	116
Выход биогаза, м^3/сут.	14355	14400	14500
Содержание метана, м^3	55	58	62
Выход жидких органических удобрений, т/сут.	306,2	288	111,4
Электрическая мощность когенерационной установки, МВт	1,2	1,2	1,21
Тепловая мощность когенерационной установки, МВт	1,44	1,44	1,45

Использование в практической деятельности биогазовых установок позволит решить помимо экономических проблем фермерских хозяйств и вторичного потребления ресурсов также и экологические проблемы. К экономическим аспектам можем отнести то, то нет необходимости

закупать электроэнергию, тепло и органические удобрения у сторонних производителей.

Показано, что срок окупаемости таких станций составляет 2-3 года при переработке навоза и до 1,5 лет при переработке других видов сырья. Экологический аспект: минимизируются загрязнения воздушной среды, почвы, грунтовых вод в результате хозяйственной деятельности. Органические отходы ферм подвергаются обеззараживанию. Биогазовые установки также решают проблему утилизации отходов и очистки сточных вод за счет как переработки, так и за счет замещения углеводородов в энергобалансе [6]. В результате очистки сточных вод животноводческих ферм содержание органи- ческих веществ снижается в 10 раз. Помимо этого, уменьшаются выбросы метана и углекислого газа в атмосферный воздух [7].

Источники

1. Владимиров Я.А., Кожукарь Е.В., Луми А. Н., Опарина А. М. Перспективы энергетического использования твердых коммунальных отходов в крупных городах // Вестник КГЭУ. 2017. №4 (36). С.74-82.

2. Л. В. Бойправ, А. В. Калямова, А. В. Румянцева. Перспективы использования биогаза в России.elar/ urfu/ru .2020. С.226-231

3. Нурутдинов, И. М., Нафиков, И. Р. Анализ методов получения биогаза и обзор существующих биогазовых установок / Студенческая наука – аграрному производству. Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции. – 2018. – С. 67–71.

4. Садчиков А.В. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок. // Фундаментальные исследования. 2016. №10. С. 83-87

5. С.Я. Чернин, Ю.С. Парубец, Российский опыт внедрения биогазовых технологий для производства электрической и тепловой энергии. // Новости теплоснабжения. 2011. №08 (132). www.rosteplo.ru/nt/132

6. Блинова, Л. А. Биогазовые установки как альтернативный источник энергии в АПК РФ // Проблемы современной экономики: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, октябрь 2012 г.). — Челябинск : Два комсомольца, 2012. — С. 41-44.

7. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Биогазовые станции как экологически безопасное средство для повышения биопродукционной способности естественных и культурных ландшафтов // Успехи современного естествознания. 2016. № 4 . С. 173–177.

УДК 624.046.2

КОМПОНОВКА НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ КОРПУСА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИКИ

Гузель Валерьевна Исакова
Науч. рук.ст. преп. Л.А. Шарафутдинов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gulnazisakova212@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены основные технические решения несущих систем зданий, обеспечивающие необходимую прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость в процессе эксплуатации. Выполнена компоновка несущей системы корпуса радиотехнических и радиоэлектронных измерений в условиях высокой сейсмики.

Ключевые слова: устойчивость, прочность, несущие конструкции, нагрузки.

LAYOUT OF THE CARRIER SYSTEM OF THE HOUSING OF RADIO ENGINEERING AND RADIO ELECTRONIC MEASUREMENTS IN CONDITIONS OF HIGH SEISMICITY

Guzel V. Isakova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gulnazisakova212@gmail.com

Abstract. The article discusses the main technical solutions of building load-bearing systems that provide the necessary strength, stability and spatial immutability during operation. The layout of the carrier system of the housing of radio engineering and radio electronic measure- ments in conditions of high seismicity is carried out.

Keywords: stability, strength, load-bearing structures, loads.

Каркасные несущие системы в зависимости от выполнения узлов сопряжения между несущими элементами и по схеме статической работы разделяются на рамную, связевую и рамно-связевую.

В рамной системе геометрическая неизменяемость и восприятие горизонтальных нагрузок обеспечивается жесткостью узлов, в которых не допускается поворот.

Связевая система каркаса отличается шарнирным сопряжением узлов соединения вертикальных и горизонтальных несущих конструкций. Геометрическая неизменяемость и восприятие горизонтальных нагрузок в

связевой системе обеспечивается установкой системы вертикальных связей.

Основные рамно-связевые (комбинированные) системы аналогичны по своей схеме связевым, но отличаются от них рамным соединением колонн и ригелей, не входящих в связевую конструкцию [1].

Продольную неизменяемость и устойчивость каркасов зданий и сооружений, как правило, обеспечивают постановкой в плоскости стен связевых систем, которые соединяют между собой несущие и ограждающие конструкции и образуют жесткие диски. Связевые системы воспринимают внешние в основном горизонтальные нагрузки с передачей их на фундаменты, фиксируют в проектном положении плоские несущие конструкции и предотвращаютдеформации их в плоскости [2].

Вертикальные связи между фермами размещаются так, чтобы ни одна ферма не осталась без вертикальных связей, что приводит к их расстановке через пролет между рамами, а при четном количестве пролетов приходится их устанавливать подряд в двух пролетах. Связи в плоскости нижних поясов ферм и вертикальные связи между фермами придавая пространственную жесткость конструкции, позволяют наряду с прочими элементами каркаса распределять ветровую нагрузку, действующую на торец здания между всеми рамами [3].

В данной работе каркас корпуса РТиРЭИ выполнен по рамно-связевой схеме из стальных конструкций. Расчетная сейсмичность площадки строительства по карте ОСР-2016-А составляет 6 баллов шкалы MSK-64 [4].

Устойчивость каркаса в плоскости рам обеспечивается защемлением колонн вфундаментах и жесткими узлами сопряжения ригелей и колонн. Устойчивость каркаса изплоскости рам обеспечивается системой связей и распорок. В уровне покрытия запроектированы продольные и поперечные горизонтальные связи, а также двухветвевые распорки, обеспечивающие пространственную неизменяемость каркаса(см. рисунок) [5].

Общая устойчивость элементов рамных конструкций по изгибнокрутильной форме обеспечивается установкой решетчатых распорок и подкосов, поддерживающих сжатые пояса рам.

Расчеты выполнены с учетом всех возможных нагрузок и их сочетаний, определенных в соответствии с требованиями СП 20.13330.2016 [6, 7].

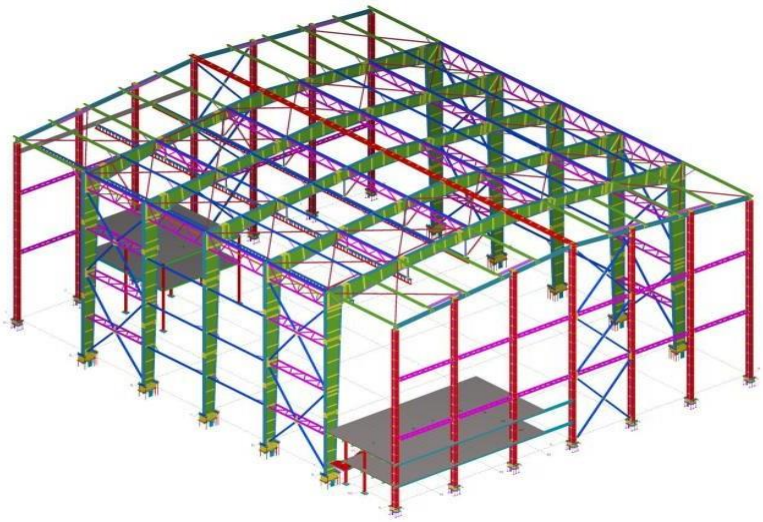


Рисунок –Общий вид каркаса корпуса РТиРЭИ

Источники

1. П.А. Пяткин, И.В. Астахов. Методические пособие. Металлические конструкции промышленных зданий. Санкт-Петербург, 2014.
2. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений».
3. Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева, А.Б. Пуховски, Г.С. Ведеников, Б.Ю. Уваров, Д.Н. Стрелецкий. Металлические конструкции. Москва, 2011.
4. СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах»
5. Р.С. Ольфати. Стальные конструкции малоэтажных промзданий в условиях высокой сейсмики. Москва, 2004.
6. К.А. Фабричная. Методическое пособие. Расчет стальных балок и колонн. Казань, 2015.
7. СП 20.13330.2016 «Нагрузи и воздействия».

УДК621.31

ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Данил Рамилевич Каримов
Науч. рук. к-т техн. наук, доцент Д.В. Рыжков
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
karimzhaan@mail.ru

Аннотация. В статье приведены основные показатели качества энергии, и на базе отклонения напряжения указаны причины и возможные последствия изменений показателей качества электрической энергии.

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии, отклонение напряжения, пункты автоматического регулирования напряжения.

IMPACT OF POWER QUALITY INDICATORS ON CONSUMERS

Danil R. Karimov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
karimzhaan@mail.ru

Abstract. The article presents the main indicators of energy quality, and on the basis of voltage deviation, the causes and possible consequences of changes in the quality of electrical energy are indicated.

Keywords: power quality indicators, voltage deviation, points of automatic voltage regulation.

Частота, напряжение, сила тока – определенные параметры электрической энергии (ЭЭ) при которых функционирует электрооборудование. Для нормальной работы электроприемников указанные характеристики должны иметь высокое качество. Качество энергии (КЭ) – это совокупность свойств электроэнергии, которые определяют ее потребительские качества, а также степень соответствия параметров установленным значениям [1].

На территории Российской Федерации нормативным документом, устанавливающим нормируемые показатели качества электроэнергии (ПКЭ) является ГОСТ 32144-2013 [2].

Отклонение напряжения является одним из самых важных показателей качества электроэнергии, поскольку увеличение или понижение напряжения приводят к перегреву двигателей, проводов, изоляции, что чревато не только расходом, но и опасностью возникновения аварийных ситуаций.

Отклонение напряжения находится по формуле:

$$\Delta U = \frac{U - U_{н}}{U_{н}} \cdot 100\,\%$$

где U - фактическое значение напряжения, кВ; U_n - номинальное напряжение, кВ.

По нормативной документации приняты следующие отклонения для нормальной работы электроприемников в сетях напряжением до 1 кВ: ±5% (нормальное значение) и ±10% (максимальное отклонение).

Важным фактором является то, что пропадание напряжения может возникать из-за погодных и климатических условий. Гроза, ураган и другие природные явления могут приводить к обрывам проводов. А также причиной колебаний напряжения являются электроприемники с резкопеременным характером потребления мощности [3].

Источники бесперебойного питания – это устройства, поддерживающие электроснабжение наиболее важных технологических процессов на предприятии в течение некоторого промежутка времени, что позволит, например, исключить воздействие импульсных помех. С помощью них можно решить проблему отклонения напряжения. Современные системы бесперебойного питания представляют собой автоматические устройства, которые являются источником вторичного электропитания, первостепенное назначение которого заключается в бесперебойном обеспечении подключённого к нему электрооборудования электрической энергией. Задачами системы бесперебойного питания являются: осуществление выравнивания скачков электропитания в сети и обеспечивание, при отсутствии напряжения, электрооборудование питанием [4]. Использование системы бесперебойного питания даёт возможность обеспечить ровную подачу энергии для работы чувствительного оборудования, оберегая его от технических сбоев, тем самым помогает экономить финансовые ресурсы, которые пришлось бы потратить в случае ремонта. На сегодняшний день имеются установки, при применении которых можно решить проблему обеспечения нормативных ПКЭ. Это пункты автоматического регулирования напряжения и вольтодобавочные трансформаторы типа ТВМГ, с помощью которых уменьшаются потери на линиях электропередач [5]. Непрерывный контроль и мониторинг параметров электроэнергетических величин позволит обеспечить соответствующее качество электроэнергии.

Таким образом, в данной работе на примере отклонения напряжения как одного из показателей КЭ выявлено, что качество электроэнергии является необходимым условием безопасного применения электрооборудования, а также напрямую влияет на экономические показатели производителей и потребителей электроэнергии. Порча дорогостоящего оборудования, вывод из строя производственного оборудования и циклов, выпуск низкокачественной продукции – являются следствием использования некачественной электроэнергии.

Источники

1. Хацевский К.В., Денчик Ю.М., Клеутин В.И. Проблемы качества электроэнергии в системах электроснабжения// Омский научный вестник. 2012.Т.110, № 2.С. 212-214.

2. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.М.: Стандартинформ, 2014.

3. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Брежнев И.В. Исследование проблем качества электроэнергии в сетях напряжением 0,4 кВ// Вестник КГЭУ. 2022. Т.14. №1 (53). С.109-121.

4. Султанов М.М. Разработка методологии и мероприятий по обеспечению надежности оборудования энергетических систем//Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т.23, №5. С.46-55.

5. Абдуллазянов Э.Ю., Гарипова С.Н., Федотов А.И., АхметшинА.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ// Энергетика Татарстана. 2012.Т.25. № 1.С. 3-7.

УДК:681.11.031.11

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ХРАНИЛИЩА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК ПЕРСПЕКТИВА В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ

Артём Васильевич Мошкин
Науч.рук. к.т.н. доц. Ю.А. Аверьянова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
galaxy.chudotel@gmail.com

Аннотация. Определены новые способы хранения электроэнергии, которые значительно снижают затраты и повышают эффективность энергосистемы. В статье рассмотрены их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: энергосистема, электроэнергия.

ALTERNATIVE ENERGY STORAGE AS A PROSPECT IN THE NEAR FUTURE

Artem V. Moshkin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
galaxy.chudotel@gmail.com

Abstract. New ways of storing electricity have been found they significantly reduce costs and increase the efficiency of the power system. The article discusses their advantages and disadvantages.

Keywords: power system, electricity.

Выработка электроэнергии по всему миру преимущественно производится атомными и теплоэлектростанциями. Вырабатывая электроэнергию под потребителя, стабильность работы электростанций нарушается, т.к. потребление не имеет фиксированных цифр и постоянно изменяется, такая нестабильность электростанций сильно повышает расход топлива и загрязняет экологию большими выбросами тепла, CO_2 и радиоактивными элементами. Ежегодно в России выбросы CO_2 составляют 11 тонн на человека и около 4% парниковых газов от мировых выбросов – это 2 млрд тонн [1]. Выработка электроэнергии занимает 82,1% от всех выбросов в стране.

Основная проблема электроэнергетики в том, что сети не имеют запаса энергии, который накапливался бы в периоды избыточного производства и отдавался на пиках потребления. Вырабатывается только то количество электроэнергии, которое потребляется.

Например, за 2021 год электростанции ЕЭС России [2] выработали 1114,55 млрд кВт·ч электроэнергии, а потребление составило 1090,44 млрд кВт·ч[3]. Аккумулируя электроэнергию в промышленном объёме, сокращаются часы работы электростанций, тем самым выбросы в атмосферу становятся более контролируемыми и редкими.

Используя аккумулированную электроэнергию получится задействовать и выработку электричества с помощью энергии солнца, ветра или термальных вод более эффективно, т.к их беспрерывной работы будет достаточно, чтоб поддерживать определенный уровень энергии в хранилищах, таким образом работа классических электростанций сильно загрязняющих окружающую среду станет минимальной.

Однако, не стоит отрицать, что подобные попытки изобрести емкостные аккумуляторы в промышленных целях не принимались. Китайская компания BYD совместно с государством создали промышленный аккумулятор внушительных размеров, его ёмкость составляет 36000 кВт·ч, но этого крайне мало для снабжения целого города, а стоимость проекта составила около $500 млн [4]. Проблема таких хранилищ энергии заключается в том, что химические аккумуляторные батареи не способны длительное время хранить электроэнергию эффективно, их производство не выгодно и не экологично.

Разобрав проблему хранения энергии, учёные пришли к следующему выводу: химический метод хранения электроэнергии следует заменить механическим [4]. Принцип механического накопления электроэнергии заключается в передаче физическому телу или веществу потенциальной энергии и конвертации её в дальнейшем в кинетическую энергию. Получив кинетическую энергию – генерировать в электроэнергию.

Данный способ давно используется человеком, но особого развития не имеет, в качестве примера: гидроэлектростанции, маховики, гравитационные генераторы, пневматические турбины. Большое количество компаний занялось вопросом продвижения механических накопителей.

Компания Advanced Rail EnergyStorage построила систему потенциально способную хранить от 0,2 до 3 гВт·ч энергии.

Электродвигатель поднимает вагонетки по наклонной вверх, а когда требуется энергия – отпускает их, переходя в режим генератора.

Британская компания Energetix Group в 2009 установила две системы под названием Pnu Power способные в течение 10 часов «выдавать» нужную мощность в электросеть. Идея заключается в том, чтоб накапливать огромное количество сжатого газа, а после открывая клапан направлять его на турбину с генератором.

Такие автопроизводители как Peugeot, Citroën, Tata уже продемонстрировали концепт-кары, движущиеся за счёт сжатого воздуха, их двигатели работают по принципу турбины [5].

Компания Beacon Power сообщает, что уже построила 3 коммерческие электростанции, созданные на основе маховиков, их в общей сложности у неё насчитывается 400 единиц.

При должном развитии в области хранения электроэнергии механическим способом получитсядобиться прогресса в электроэнергетике, внести огромный вклад в сохранение экологии, следственно спасти миллионы жизней, а также заставить пересмотреть отношение к возобновляемой энергетике.

Источники

1. Козлова, В. К. Об основных техногенных факторах, влияющих на экологическую обстановку / В. К. Козлова, В. В. Логвиненко, Ю. С. Саркисов // Sciences of Europe. – 2019. – № 45-3(45). – С. 33-36. – EDN TXTUMA.

2. Черныш, Ю. В. Единая энергетическая система России / Ю. В. Черныш // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы раз- вития. – 2013. – № 3. – С. 59-65. – EDN RUIBOT.

3. Агеева, Е. В. Потребление электроэнергии и электрификация в России (1990 - 2007 гг.) / Е. В. Агеева, Ю. М. Коган // Энергетик. – 2008. – № 10. С. 7-11. – EDN JUWAUD.

4. Патент на полезную модель № 97018 U1 Российская Федерация, МПК H02K 7/00, F16H 33/02. Кинетический накопитель энергии: № 2010111856/22: заявл. 30.03.2010: опубл. 20.08.2010 / Л. К. Ковалев, К. Л. Ковалев, В. Н. Полтавец [и др.]. – EDN QDFARJ.

5. Паротурбинная установка к-1200-6,8/50 / В. П. Поваров, О. Л.

Безручко, И. Н. Гусев, Д. И. Усачев. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "ДИАМАТ", 2021. – 499 с. – ISBN 978-5-6045506-8-7. – EDN MVVLIB.

УДК-624.041

МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ринат Шамилевич Муртазин
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Л.С. Сабитов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
murtrinat@gmail.com

Аннотация. Принятие оптимальных геометрических параметров проектируемого сооружения, характеризуемых компоновкой несущей системы в плане, является наиболее важным этапом проектирования экономически эффективного объекта строительства. Именно принятие наиболее оптимальных геометрических характеристик объекта строительства позволит успешно возводить здания и сооружения, отвечающие всем современным требованиям к прочности и надёжности конструкций, при этом приближая себестоимость строительства к минимальной. Для решения задачи оптимизации компоновочной схемы необходимо выявить основные принципы и методики оптимального проектирования, а также рассмотреть применяемые средства автоматизации принятия проектных решений.

Ключевые слова: оптимизация проектирования, несущий каркас, железобетонные конструкции.

STRUCTURAL ENGINEERING DESIGN OPTIMISATION METHODS

Rinat Sh. Murtazin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
murtrinat@gmail.com

Abstract. Optimal geometric parameters assignment, which are described by the floor layout of the load-bearing system, is the most important stage of a cost-effective structure design. Optimal planning is in fact crucial for successful erection of buildings which are meeting all of the modern strength and reliability requirements, while bring the cost of construction to a minimum. Solving the problem of optimizing the layout scheme requires to define basic optimal design rules and techniques and examine modern tools used for design decision making automation.

Keywords: design optimization, load-bearing structures, reinforced concrete structures.

Вопрос оптимизации проектных решений является краеугольным при определении стоимости работ по возведению зданий. Спешно принятая компоновка несущей системы может повлечь перерасход материала на строительной площадке или увеличение сроков проектирования конструкций.

На данный момент существует множество научных работ в сфере строительства, рассматривающих вопросы оптимизации и автоматизации проектирования в совокупности и частности. В представленной работе рассматриваются наиболее значимые исследования авторов по поставленной тематике.

В работе исследователей Разумец и Леоновой [1] рассматриваются базовые принципы проектирования экономичных каркасов промышленных зданий. Несмотря на то, что данные принципы имеют достаточно общую формулировку и предполагают в своей основе промышленное здание, они достаточно ёмко выражают базовые положения оптимального проектирования зданий и сооружений. Положения, описанные в рассмотренной работе, следующие:

– увеличение концентрации материала;
– наиболее полное использование прочности всего объема материала в конструкциях;
– совмещение функций элементов;
– наименьший путь передачи нагрузок на фундамент.

Рассматривая вопрос оптимизации проектирования, авторы следующей работы [2] формируют целевую функцию для оптимального проектирования. В результате рассмотрения всех факторов определения себестоимости конструкций сооружения, авторы вывели следующее выражение, определяющее целевую функцию по критерию стоимости конструкции «в деле».

$$C_{КД} = Б_И[(К_Б Ц_Б + Ц_Ф + Ц_О + Ц_П)К_1 К_2 + З_{Тр} К_2 + З_{Мон}] + \\ +[\sum B_A (К_{Ст} Ц_{Ст} + Ц_A + Ц_У)/1000] К_1 К_2 \quad (1)$$

Здесь:

– $Б_И$ – объем бетона конструкции;
– $К_Б$ – коэффициент расхода бетонной смеси;
– $Ц_Б$ – себестоимость 1 м^3 бетонной смеси;
– $Ц_Ф$ – себестоимость формования 1 м^3 изделия;
– $Ц_О$ – затраты на содержание опалубки;
– $Ц_П$ – себестоимость пара на обработку 1 м^3 бетона;
– $К_1$ – коэффициент, учитывающий среднеотраслевую рентабельность;
– $К_2$ – коэффициент, учитывающий заготовительно-складские расходы строительства;

– $З_{Тр}$ – затраты на транспортировку 1 $м^3$ сборных железобетонных конструкций;
– $З_{Мон}$ – затраты на монтаж конструкции;
– $В_А$ – масса металлических изделий по виду и классу;
– $К_{Ст}$ – коэффициент, учитывающий отходы стали в процессе изготовления арматурных изделий и закладных деталей;
– $Ц_{Ст}$ – цена металла для предприятия, изготавливающего сборный железобетон;
– $Ц_А$ – себестоимость изготовлений арматурных изделий, закладных деталей;
– $Ц_У$ – себестоимость укладки изделий в форму.

Таким образом, рассмотренное выражение (1) позволяет достаточно глубоко оценить, насколько оптимальным и целесообразным является отдельно принятое конструктивное решение по возведению каркаса. Тем не менее, оценка конструктивных решений вручную через вышеприведенную функцию может являться достаточно трудоёмкой, ввиду необходимости подсчёта многих переменных.

Следующая рассмотренная работа [3] также поднимает вопросы оптимального проектирования. Авторы сравнивают три разных варианта исполнения несущей системы сооружения, однако не моделируют каждый отдельный случай с использованием метода конечных элементов. В качестве упрощённой расчётной схемы используется единственный жёстко защемленный вертикальный стержень, характеристики поперечного сечения которого моделируют компоновку несущего каркаса.

Тем не менее, компоновка каркаса всё еще подлежит моделированию в ПО-сателлите «Тонус» для формирования сечения стержня. Таким образом, несмотря на значительное снижение трудоёмкости выполнения конечноэлементной модели, данный подход всё еще требует выполнения компоновки каркаса в плане. Более того, данный подход наиболее целесообразен при оценке высотных сооружений небольшой площади застройки, т.е. максимально приближенных по принципу работы к стержневым элементам.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что несмотря на рассмотренные в настоящей работе исследования, оптимизация проектирования является одной из основных задач сферы строительства. Помимо принятия наиболее исчерпывающих принципов оптимального проектирования также надлежит разработать методологию, которая позволит принимать наиболее оптимальные проектные решения без значительных трудовых и временных затрат.

Источники

1. Разумец К.В., Леонова А.Н. Оптимизация конструктивных решений каркасов промышленных зданий // Научные труды КубГТУ. 2020. №8. С. 173-177.

2. Федяев А.А., Омельченко М.И. Выбор целевой функции при оптимальном проектировании железобетонных конструкций // Вестник научных конференций. 2016. № 10-1(14). С. 115-117.

3. Лебедева И. А. Подбор оптимальной поперечной жесткости здания с помощью упрощенной расчетной схемы // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: Сборник докладов Национальной конференции с международным участием. Белгород, 2022. Том 2. С. 150-155.

УДК-624.012.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ И МЕТОДОВ РАСЧЕТА БАШЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Камиль Тальгатович Мухамадеев
Науч.рук. д-р техн. наук, доцент Л.С. Сабитов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
mukhamadeev.kamil1996@gmail.com

Аннотация. Строительные конструкции и сооружения, являясь неотъемлемой частью сферы энергетики, открывают широкое поле для исследований различного характера, связанные в первую очередь с улучшением экономической стороны вопроса. Сюда можно отнести и экономию материальных ресурсов и человеческих ресурсов. Проблема состоит в необходимости решения задачи оптимизации, направленной на поиск новых конструктивных решений и методов расчета, которые позволили бы сэкономить не только материальные ресурсы, но и время, необходимое для ввода объектов инфраструктуры в эксплуатацию.

Ключевые слова: надежность, прочность, башенные конструкции, экономичность.

IMPROVEMENT OF DESIGN SOLUTIONS AND METHODS OF CALCULATION OF TOWER STRUCTURES

Kamil T. Mukhamadeev
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
mukhamadeev.kamil1996@gmail.com

Abstract. Building structures and structures, being an integral part of the energy sector, open up a wide field for research of various kinds, primarily related to improving the economic side of the issue. This can include the saving of material resources and human resources. The problem is the need to solve the optimization problem aimed at finding new design solutions and calculation methods that would save not only material resources, but also the time needed to put infrastructure facilities into operation.

Keywords: reliability, strength, tower structures, efficiency.

Указом Президента Российской Федерации №899 от 7 июля 2011 года в стране устанавливается список технологий, среди которых в числе прочих находится пункт “технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии” [1].

В Российской Федерации башенные сооружения используются повсеместно, поэтому вопросы, связанные с улучшением их конструкций и методик расчета стоят очень остро. В этой работе будет рассмотрен опыт исследователей по обозначенной теме.

В работе Сабитова Л.С. [2] рассматривается новый подход в вопросе научно-методологического обеспечения, в основе которого лежит рассмотрение башенного сооружения как единой системы в виде ствола, служащего основой конструкции; фундамента; грунтового основания; узлов соединения;несущих элементов части электротехники [4].

По статье Сабитова Л.С. можно сделать следующие выводы. Решения, предлагаемые автором актуальны и востребованы, приводят к различной степени экономической оптимизации сооружения и, кроме того, просты в реализации [3]. Рассмотрение сооружения в целом в виде комбинации башня фундамент-основание с одной стороны возможно сужает область применения решений, но с другой стороны приводит к максимальной эффективности работы сооружения в своей области.

В статье автора Зиннурова Т.А. [5] из КГАСУ предлагается альтернативный взгляд на метод предельных состояний, используемый, в частности, в расчетах башенных сооружений. Автор говорит о недостатках метода предельных состояний, выделяя конкретно “отсутствие возможности проектировать конструкцию с требуемым уровнем надежности” и утверждает, что две группы предельных состояний — это недостаточно. Кроме того, предлагается другой подход к расчету строительных конструкций в виде вероятностностатистических методов.

По статье Зиннурова Т.А. можно сделать следующие выводы. Работу башенного сооружения следует оценивать по трем критериям: по возможной дальнейшей эксплуатации, по нормальной эксплуатации и по безопасности. При оценке безопасности необходимо учитывать работу элементов

конструкции в пластической стадии до полного или частичного разрушения. Резонно отказаться от различных полувероятностных коэффициентов. Лучше конкретно задавать необходимый уровень надежности и период эксплуатации башенного сооружения.

Источники

1. Указ Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники, перечня кри- тических технологий Российской Федерации».

2. Сабитов Л.С. Научно-методологические обеспечение создания и совершенствования конструкций башенных сооружений. // Строительство и архитектура. 2021. Т. 9. №2. С. 61-65.

3. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Бадертдинов И.Р., Стрелков Ю.М. Патент на изобретение RU 2641354 C1, 17.01.2018. Заявка №2016145699 от 22.11.2016. Трехгранная решетчатая опора.

4. Сабитов Л.С., Коноплёв Ю.Г., Радайкин О.В Компьютерное моделирование системы «комбинированная башня - железобетонный фундамент - грунт основания» ветроэлектрической установки для оценки ее эффективности. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. № 1 (78). С. 345- 355

5. Зиннуров Т.А. Майстренко И.Ю. Проектирование башенных сооружений с учётом требуемого уровня безопасности. // Известия КГАСУ №1(27) 2014. С. 100-106

УДК 66.045.1

ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПОРИСТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Юлия Фанисовна Сабирова
Науч. рук. к.ф.-м.н., доцент О.В. Соловьева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
julia.sabirova01@list.ru

Аннотация. В данной работе описан микропористый теплообменник и его применение в лаборатории и промышленности. Представлены основные микроструктурные теплообменники. Также представлены способы энергосбережения с помощью пористых материалов.

Ключевые слова: микроструктура, теплообменник, интенсивность теплообмена, пористый материал.

CHARACTERISTICSOFMICROPOROUSHEATEXCHANGERS

Sabirova Yu. Fanisovna
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
julia.sabirova01@list.ru

Abstract. This paper describes a microporous heat exchanger and its application in the laboratory and industry. The main microstructural heat exchangers are presented. Also presented are ways to save energy using porous materials.

Keywords: microstructure, heat exchanger, heat transfer intensity, porous material.

Интенсификация теплообмена играет важную роль при изготовлении теплообменных аппаратов. Виду этого, одним из способов увеличения теплообмена является использование микропористых структур [1].

Одним из хорошо известных преимуществ микромасштабирования является улучшенная теплопередача. Этот факт является мотивацией для изготовления различных микрообменников с использованием производных процесса микрообработки. Этитеплообменники могут быть изготовлены из полимеров, никеля (гальванического или безэлектродного) или керамики (в настоящее время исследуются Si3N4 и оксидалюминия) [2].

Керамические материалы предлагают множество явных преимущества перед другими материалами, такими как полимеры илиметаллы; свойства твердости, химической инертности, термическойударопрочности, коррозионная стойкость и износостойкость. Микротеплообменник на основе кремния подходит для работы при высокихтемпературе или в агрессивных жидкостях [3].

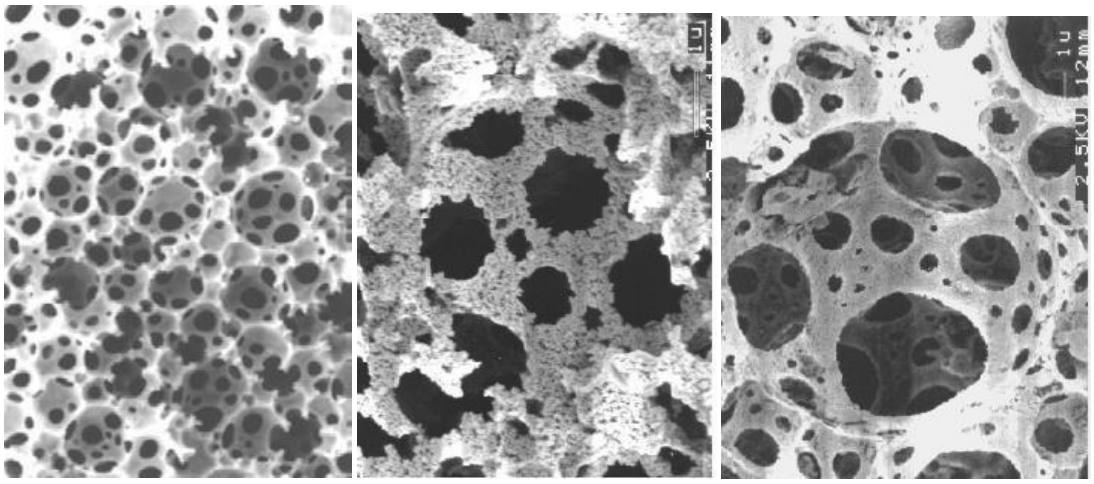


Рис.1 Полимерные высокопористые материалы различной структуры

На рисунке 1 изображены высокопористые материалы с различной морфологией. Теплообмен между пористым материалом и протекающим через него теплоносителем характеризуется обширной поверхности контакта между ними, так что использование микропористых материалов в теплообменниках является перспективным и эффективным средством интенсификации процесса. Широкий спектр конструкционных, гидравлических, теплофизических, химических и других свойств этих материалов, дает возможность изготовления из них элементов конструкций энергетических установок, создают условия и перспективыих широкое и многоцелевое использование в различных областях науки и техники.[4]. Было установлено, что высокая скорость теплопередачи, основанная на большом соотношении площади теплопередачи к объему, является уникальной особенностью микротеплообменников [5].

В данном исследовании[6], численные результаты показывают, что существует оптимальный выбор пористости металлической пены, при котором стенки нагреваются, коэффициент передачи и перепад давления достигают необходимых параметров. В целом, теплопередающая способность металлопластиковых микротеплообменников может заменить обычные компактные теплообменники приоптимальных условиях эксплуатации.

Пористые материалы являются доступным и перспективным средством повышения энергоэффективности, это связано с низкой стоимостью, малым весом и отличными характеристиками этих материалов для улучшения эффективности тепловых систем. Кроме того, использование пористых материалов, как пассивный метод, не потребляет никакой внешней энергии, тем самым снижает потребление топлива на производстве.

Таким образом, можно сделать вывод, что микропористые теплообменники являются важной составляющей энергосбережения. Также является целесообразным дальнейшее усовершенствование микротеплообменников.

Благодарности.«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10406, https://rscf.ru/project/21-79-10406/».

Источники

1. Рыдалина Н. В. и др. Применение пористых материалов в теплообменных аппаратах системы теплоснабжения //Известия высших учебных за- ведений. ПРОБЛЕМЫЭНЕРГЕТИКИ. – 2020. – Т. 22. – №. 3. – С. 3-13.

2. Kelly K. W. et al. Industrial applications for LIGA-fabricated micro heat exchangers //MEMS Components and Applications for Industry, Automobiles, Aerospace, and Communication. – SPIE, 2001. – Т. 4559. – С. 73-84.

3. Kang S. W. et al. The manufacture and test of (110) orientated silicon based micro heat exchanger //Journal of Applied Science and Engineering. – 2002. – Т. 5. – №. 3. – С. 129-136.

4. Maiorov V. A., Vasil'Ev L. L., Polyaev V. M. Porous heat exchangers-classification, construction, application //Journal of engineering physics. – 1984. – Т. 47. – №. 3. – С. 1110-1123.

5. K. Schubert, J. Brandner, M. Fichtner, G. Linder, U. Schygulla, A. Wenka, Microscale Therm. Eng. 5 (2001) 17–39.

6. Попов И. А. Гидродинамика и теплообмен в пористых теплообменных элементах и аппаратах. – 2007.

УДК 66.021.3/4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАСАДОК НА МАКЕТЕ МИНИ-ГРАДИРНИ

Екатерина Юрьевна Столярова
Науч. рук. канд. техн. наук Е.А. Лаптева
ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан
Grivka100@mail.ru, esenin44_44@mail.ru

Аннотация. На макете градирни, оборудованным комбинированной насадкой из полиэтиленовых труб с регулярно-дискретной шероховатостью с дополнительным верхним хаотичным слоем, исследован процесс охлаждения воды воздухом при пленочном противотоке фаз. Построены графические зависимости от режимных параметров

Ключевые слова: градирня, охлаждение воды, тепломассообмен, насадка.

EXPERIMENTAL STUDY OF NOZZLES ON THE MINI-COOLING TOWER LAYOUT

Ekaterina Yu. Stolyarova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Grivka100@mail.ru

Abstract. On the model of a cooling tower equipped with a combined nozzle made of polyethylene pipes with regularly discrete roughness with an additional upper chaotic layer, the

process of cooling water with air with a film counterflow of phases is investigated. Graphical dependences on the operating parameters are constructed

Keywords: cooling tower, water cooling, heat and mass transfer, nozzle.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №18-79-10136 https://rscf.ru/project/18-79-10136/

В пленочных градирнях применяются различные типы контактных устройств – в основном регулярные насадки противоточного или перекрестного взаимодействия воды и воздуха [1–3]. В крупномасштабных градирнях на ТЭС и нефтегазохимических предприятиях объемы насадок составляют несколько сотен и даже тысяч кубических метров для одной градирни, поэтому блоки оросителей преимущественно изготавливаются из пластмассовых материалов [4,5].

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки с колонной для исследования процесса охлаждения воды воздухом. Нагрев воды происходит в емкости Е электронагревателем ЭЛ. Нагретая вода распределяется по комбинированной насадке навстречу поступает воздух.

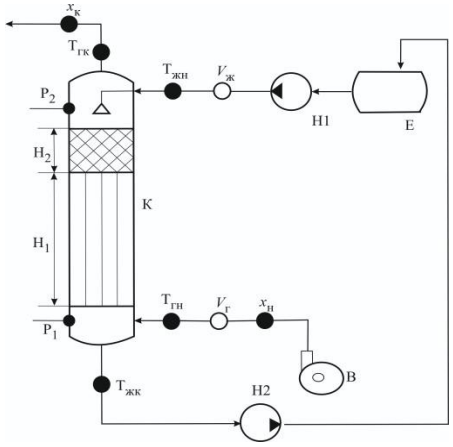


Рис 1. Принципиальная схема экспериментальной установки:
К – колонна; В – вентилятор (газодувка); Н – насосы; Е – емкость; H_1, H_2 – высота слоев N1, N2 – насосы; В – газодувка; Е – емкость.

Рис. 2. Схема трубчатой регулярной насадки с дискретной шероховатостью в виде прямоугольных выступов

При экспериментальных исследованиях процесса на макете насадочной градирни измерялись: температуры воды на входе $T_{жн}$, выходе $T_{жк}$, °С; температуры воздуха на входе $T_{гн}$, выходе $T_{гк}$, °С. Погрешность

экспериментальных исследований не более ± 7–8%

Эффективность охлаждения воды $E_{ж}$ и нагрева воздуха $E_{г}$, записывается:

$$E_{ж} = \frac{T_{жн} - T_{жк}}{T_{жн} - T_{м.т.}},\ E_{г} = \frac{I_{к} - I_{н}}{I_{к}^{*} - I_{н}}, \quad (1)$$

На рис. 3 и 4 представлены зависимости тепловой эффективности (1) от скорости воздуха при различной плотности орошения. С комбинированной насадкой «Инжехим-2012» эффективность охлаждения воды выше 1,5-2 раза, чем в комбинации с кольцами. Эффективность $E_{ж}$ при увеличении скорости воздуха повышается, а в газовой фазе $E_{г}$ – понижается. Повышения $E_{ж}$ объясняется большим притоком охлаждающего воздуха и его турбулизацией.

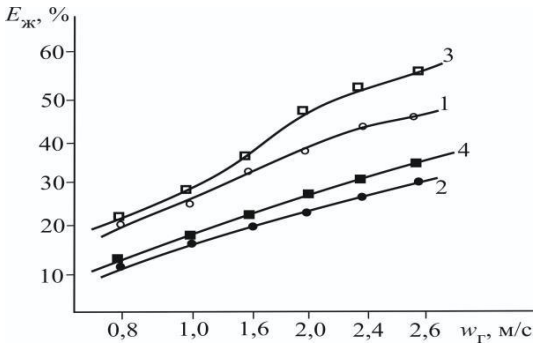


Рис. 3. Зависимость эффективности охлаждения воды от скорости воздуха. 1,2 – комбинация с кольцами; 3,4 – комбинация с «Инжехим-2012». 1,3 – плотность орошения $q_{ж}$=8,8 м^3/(м^{2}час); 2,4 – $q_{ж}$=19,4 м^3/(м^{2}час); 5 – трубы без верхнего слоя при $q_{ж}$=8,8 м^3/(м^{2}час)

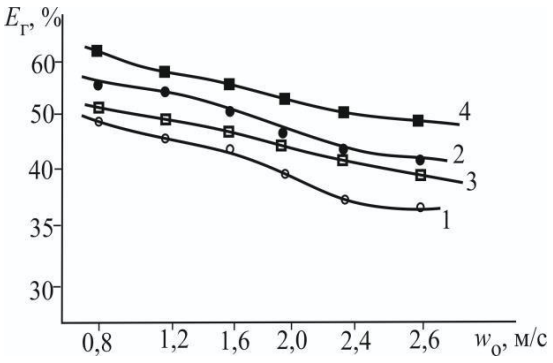


Рис. 4 Зависимость тепловой эффективности в газовой фазе от скорости воздуха при различной плотности орошения. Обозначения на рис.3.

Одним из перспективных направлений развития конструкций контактных устройств является комбинация различных типов, что позволяет снизить их стоимость и повысить эффективность охлаждения воды. Исследованные в данной работе два вида комбинированных насадок – регулярной и нерегулярной (хаотичной) позволяют повысить эффективность охлаждения воды на 15-35% по сравнению с применением только регулярной насадки.

Источники

1. Федяев В.Л., Снигерев Б.А., Моренко И.В., Гайнуллин Р.Ф., Гайнуллина Р.Ф. О модернизации градирен СК-1200 // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2009. № 5-6. С. 43-51.
2. Дмитриев А.В., Мадышев И.Н., Круглов Л.В., Чичирова Н.Д. Оценка эффективности процессов тепло- и массообмена в трехпоточной испарительной градирне с наклонно-гофрированными контактными элементами // Вест- ник КГЭУ. 2020. Т. 12. № 4 (48). С. 126-135
3. Совершенствование конструкций контактных устройств для градирен / Под общ. ред. Пушнова А.С., Сакалаускаса А. СПб.: ПОЛИТЕХПРЕСС, 2020.
4. Лаптев А.Г., Ведьгаева И.А. Устройство и расчет промышленных градирен. Казань: КГЭУ, 2004. – 180с.
5. Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И. Градирни промышленных и энергетических предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1998.

УДК 697.911

ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

Тимур Маратович Тахавиев
Науч. рук. к.т.н., доцент О.В. Радайкин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
tahaviev2000@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены особенности при проектировании систем вентиляции производственных зданий. Описаны наиболее часто встречающиеся схемы подачи наружного, приготовленного воздуха и отвода отработанного воздуха. Представлен способ повышения энергоэффективности системы вентиляции. Определены особенности эксплуатации системы вентиляции, учитывающие противопожарные требования.

Ключевые слова: вентиляция, производственные здания, смешивающая вентиляция, вытесняющая вентиляция, энергоэффективность, рекуперация, противопожарные требования.

FEATURES OF PLACEMENT AND OPERATION OF VENTILATION SYSTEMS IN INDUSTRIAL BUILDINGS

Timur M. Tahaviev
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
tahaviev2000@gmail.com

Abstract. The article discusses the features in the design of ventilation systems for industrial buildings. The most common schemes for supplying outdoor, prepared air and exhaust air are described. A method for increasing the energy efficiency of the ventilation system is presented. The features of the operation of the ventilation system, taking into account fire-prevention requirements, are determined.

Keywords: ventilation, industrial buildings, mixing ventilation, displacement ventilation, energy efficiency, recuperation, fire safety requirements.

Тип вентиляционных систем, а также их размещение напрямую зависит от вида загрязнений, возникающих в результате производственной деятельности. От правильной установки вентиляционных систем зависят условия труда работников, а также корректность работы оборудования и компонентов системы. Вентиляция обеспечивает соответствующий температурновлажностный режим в помещении [1]. Целью нашей работы является исследование особенностей проектирования и эксплуатации систем вентиляции в производственных зданиях для достижения их надежной и эффективной работы, а также удешевления энергозатрат производства.

Подача приготовленного наружного воздуха во многих производственных зданиях осуществляется в верхнюю зону помещения, откуда воздух через специальные воздухораспределительные устройства движется сверху вниз в рабочую зону. Там он встречается с теплыми потоками вредностей, движущимися наверх, происходит смешивание и удаление воздуха из верхней части помещения. Такая схема называется «смешивающей вентиляцией» [2].

«Вытесняющая вентиляция» предполагает подачу наружного воздуха температурой ниже температуры воздуха в помещении ($\triangle T$ = 1-8 ^{0}C) через установленные воздухораспределительные устройства на уровне пола или встроенные в пол и удаление воздуха в верхней зоне помещения на уровне потолка. Главное преимущество – повышение качества воздуха. Если количество и качество вредных веществ в помещении, а также расход подаваемого воздуха неизменны, то качество воздуха в рабочей зоне при такой схеме улучшается, а значит и условия труда рабочих станут лучше [2].

Важная роль в системе вентиляции в производственном здании уделяется экономичности работы. Одним из решений повышения энергоэффективности системы вентиляция – это использование рекуперации. Рекуперация – процесс обмена тепловой энергией. В такой системе вентиляции отработанный воздух, проходя через рекуператор, возвращает тепловую энергию. В холодный период вытяжной воздух отдает тепло, нагревая приточный воз дух, а в теплый период, наоборот, происходит процесс возврата энергии холода от системы кондиционирования [3].

Особое внимание при проектировании и эксплуатации систем вентиляции производственных зданий уделяется противопожарным требованиям. Размещение воздуховодов, оборудования и элементов систем строго регулируется категориями помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. На этапе проектирования необходимо учитывать особенности как оборудования, так и отдельных элементов системы, а также учитывать архитектуру здания его планировку. При монтаже необходимо тщательно проверять герметичность всех соединений, особенно важно для систем вентиляции, находящихся в помещениях категории А и Б. Правильная эксплуатация оборудования – главный фактор для поддержания его работоспособности и безопасности. Необходимо проводить плановые проверки механических и электрических узлов, надежность герметизации соединений [4]. Воздуховоды, шахты и отопительно-вентиляционное оборудование, которое может вызвать в помещении пожароопасную ситуацию, должны быть изолированы несгорае- мыми материалами для понижения температуры поверхности до безопасных значений [5].

Источники

1. МарченкоА.В. Резервы энергосбережения и повышения экологической эффективности в системах промышленной вентиляции / А.В. Марченко, В.И. Шарапов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2007. – № 3-4. –с. 58-67. – EDNKUFBQR.

2. Солодихин П.М., Угорова С.В. Вытесняющая вентиляция в производственных зданиях // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых: сб. материалов заоч. науч.-практ. конф. 15 – 30 апр. 2020 г., г. Владимир / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2020. – 788 с.

3. Жмакин В.А, Соглаев М.В. Разработка системы вентиляции производственного здания с внедрением инновационной технологии рекуперации тепла сбросных газов // Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций: Сборник научных трудов 4-й Международной научнопрактической конференции (1 октября 2021 года)/ редкол.: Бакаева Н.В. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т, Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2021. - 40 с.

4. Дудоров В.Е.Актуальные проблемы методик расчета пожарной безопасности и систем противодымной вентиляции // Наука среди нас – Магнитогорск: Изд-во ИП Вахрушев В.И., 2019. – с. 158-163.

5. Орлова С.С., Михеева О.В., Панкова Т.А., Миркина Е.Н. Пожарная опасность систем вентиляции // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: материалы XII Национальной конференции с международным участием / Под ред. С.М. Бакирова – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2022. С.72-77.

УДК 624.012

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ДЛЯ БАШЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Лия Андреевна Токарева[1], Ренат Дамирович Хусаинов[2]
Науч. рук, д-р техн. наук, профессор Л.С. Сабитов
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Республика Татарстан
[1]ФГАОУ ВО «КФУ», г.Казань, Республика Татарстан
[1]liyaandreevna1999@gmail.com

Аннотация. Башенные конструкции в настоящее время получили широкое применение в качестве конструкций энергетического назначения. В связи с эти встает вопрос об определении и выборе конструкции с наилучшей несущей способностью, которая при этом будет обладать параметрами, актуальными для потребителя – эстетические свойства, простота. Необходимость установки башенных конструкций в ограниченных условиях привела к возникновению новых конструктивных решений фундаментов. В данной статье рассмотрены особенности конструкций фундаментов балластного типа.

Ключевые слова: балластный фундамент, оптимизация, стоечные системы, конструкция, модульность.

STRUCTURAL FEATURES OF THE DESIGN OF FOUNDATIONS FOR TOWER STRUCTURES IN THE ENERGY SECTOR

Liya A. Tokareva[1], Renat D. Husainov[2]
[1,2]KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]FGAOU VO "KFU", Kazan, Republic of Tatarstan
[1]liyaandreevna1999@gmail.com

Abstract. Tower structures are currently widely used as structures for energy purposes. In this connection, the question arises of determining and choosing a structure with the best bearing capacity, which at the same time will have parameters relevant to the consumer – aesthetic properties, simplicity, the need to install tower structures in limited conditions has

led to the emergence of new structural solutions for foundations. This article discusses the features of ballast-type foundation structures.

Keywords: ballast foundation, optimization, rack systems, construction, modularity.

Фундамент балластного типа для башенных сооружений является основным конструктивным элементом, воспринимающим все нагрузки от вышележащих конструкций. Такой фундамент позволяет быстро и эффективно устанавливать башенные конструкции энергетической сферы в сложных условиях городской застройки на специфических грунтовых условиях, когда разработка оснований грунтов под опору невозможна. Себестоимость его изготовления в структуре общей стоимости башенных сооружений достигает более 50%. [1,2].

К основным конструктивным решениям фундаментов балластного типа относятся:

А) Фундамент из монолитного железобетона, обладающий существенными размерами геометрическими и весовыми параметрами, изготавливающийся на месте монтажа конструкции;

Б) Фундамент, выполненный в виде монолитного железобетонного блока с анкерными болтами для крепления опорной стойки;

В) Сборно-разборный балластный фундамент системы «Cellblock», состоящий из однотипных железобетонных блоков, соединяемых в единую конструкцию с помощью винтовых стальных затяжек.

Схемы данных конструктивных решений представлены на рис. 1.

А) Б) В)

Рис.1. Устройство фундаментов балластного типа различного типа

Проведенный анализ конструктивных решений позволяет определить следующие оптимальные требования к фундаменту балластного типа:

1. Фундамент должен быть сборно-разборным, изготавливаемым в заводских условиях с достаточными эстетическими внешними качествами;

2. Монтаж фундамента должен быть возможен без применения сложного технологического оборудования;

3. Необходима современная инженерная методика подбора параметров фундамента под различное инженерное оборудование, навешиваемое на опорную стойку, позволяющая обеспечивать высокие техникоэкономические показатели по расходу материалов и необходимый уровень еенадежности;

4. Размеры фундаментов должны обеспечивать их применение для башенных конструкций, воспринимающих значительные ветровые нагрузки.

5. Для опор воздушных линий электропередач актуальным является конструктивное решение фундаментов опор, позволяющее быстро возводить новые опоры в труднодоступных местах.

Ниже представлены варианты фундаментов балластного типа, отвечающие данным требованиям. Потребителями «продукта» являются электросетевые компании, строительные, инновационные компании малой энергетики, рекламное производство, компании обслуживающие городские электросети и освещение, департаменты внешнего благоустройства и предприятия дорожно-транспортной отрасли.

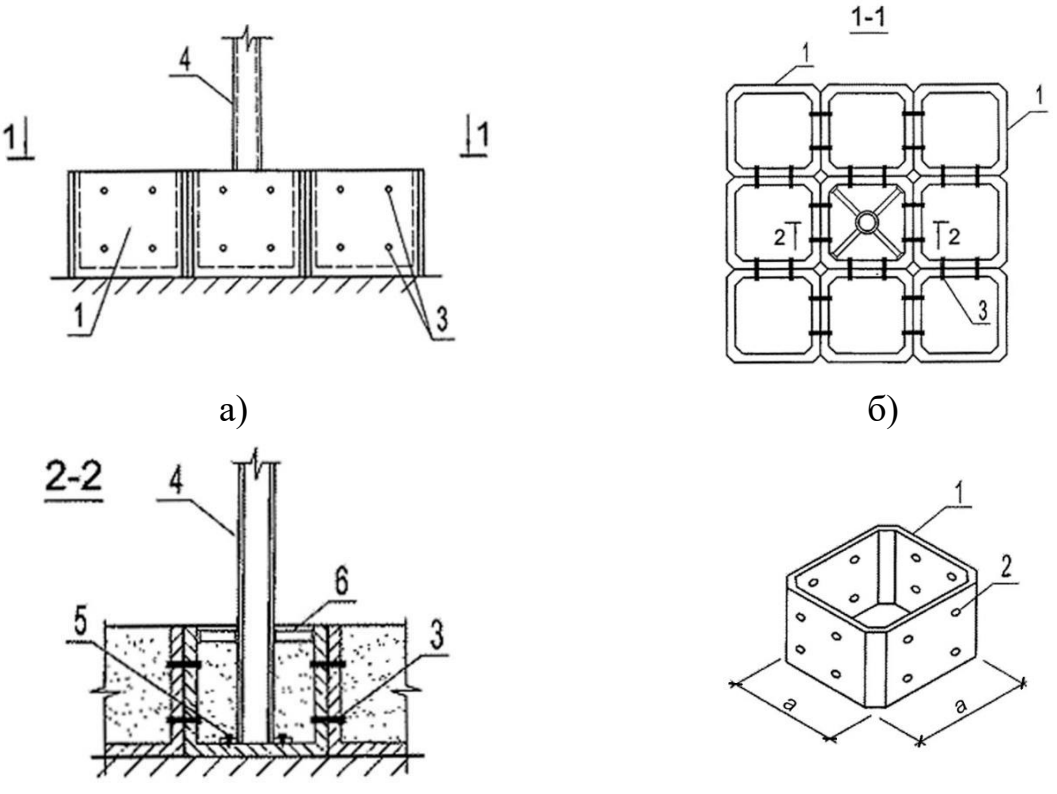


Рис. 2. Сборно-разборный фундамент под опору: а – общий вид; б – вид сверху, разрез 1-1; в – разрез 2-2; г – аксонометрия железобетонного блока в виде полой квадратной призмы с размерами днища «а»[3,4].

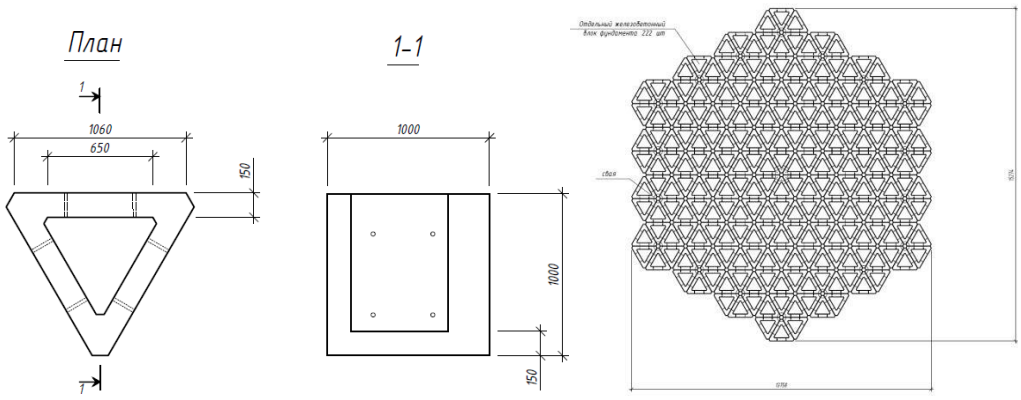


Рис. 3. План, разрез и армирование модулей фундамента для башенного сооружения [5].

Сборно-разборный фундамент позволяет уменьшить массу при транспортировании и монтаже, а также снизить расход материалов и трудоемкость на крепление железобетонных блоков-призм и опоры. Главным преимуществом предлагаемого сборно-разборного фундамента является быстрота его возведения без проведения земляных работ и возможность более легкого демонтажа по сравнению с используемыми типами фундаментов.

Источники

1. Маилян Л.Р., Язьев С.Б., Сабитов Л.С., Коноплёв Ю.Г., Радайкин О.В. Напряженно-деформированное состояние системы «комбинированная башня – железобетонный фундамент – грунт основания» высотных сооружений // Строительные материалы и изделия. 2019. Т. 2. №6. С. 29-37.

2. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Бадретдинов И.Р., Радайкин О.В. Исследование совместной работы стальной стойки-опоры и сборного железобетонного фундамента экспериментальным методом и с применением матема- тического МКЭ-моделирования // Вестник гражданских инженеров. 2018. No 6 (71). С. 37-44

3. Хусаинов Д.М., Пеньковцев С.А., Хабибулина А.Г. Разработка фундаментов балластного типа для стоечных конструкций // Известия КГАСУ. 2017 №4. С. 204-213.

4. Патент 2633604 Российская Федерация, МПК E02D 27/42. Сборноразборный фундамент под опору. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Хусаинов Д.М., Сабиров С.И., Ахунова З.Р., Стрелков Ю.М.; заявка 2016134679; опубл.13.10.2017. Бюл.№29. 5 с.

5. Стрелков Ю.М., Сабитов Л.С., Клюев С.В., Клюев А.В., Радайкин О.В., Токарева Л.А. Технологические особенности конструирования сборноразборного фундамента под башенные сооружения // Строительные материалы и изделия. 2022. Том 5. No 3. С. 17 – 26. DOI: 10.34031/2618-7183-2022-5- 3-17-26

СЕКЦИЯ 4. Энергетическое машиностроение

УДК 621.438

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДА В ГАЗОВЫХ ТУРБИНАХ

Руслан Александрович Абрамов
Науч. рук. канд. тех. наук, доцент А.В. Титов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
rus.lindemann17@gmail.com

Аннотация. В последнее время в мировом сообществе остро стоит вопрос улучшения экологических показателей энергетических установок. Использование водорода в качестве топлива для ГТУ является одним из перспективных направлений в энергетической отрасли.

Ключевые слова: водород, газовая турбина, выбросы, камера сгорания, экология.

HYDROGEN APPLICATION IN GAS TURBINES

Ruslan A. Abramov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
rus.lindemann17@gmail.com

Abstract. Recently, the issue of environmental characteristics of power plants has become acute in the world community. The use of hydrogen as a fuel for gas turbines is one of the promising areas in the energy industry.

Keywords: hydrogen, gas turbine, emissions, combustor, ecology.

Перспективным направлением в улучшении экологических показателей ГТУ является сжигание водорода непосредственно в самой камере сгорания. По данным Mitsubishi Hitachi Power Systems (MHPS), одного из лидеров по производству газовых турбин, без существенных изменений конструкции камеры сгорания можно использовать до 20% доли водорода в смеси топливного газа. Это позволит сократить выбросы монооксида углерода (CO), диоксида углерода (CO_2), оксидов серы (SO_x), несгоревших углеводородов [1].

Ведутся разработки и исследования по увеличению доли водорода в смеси топлива для ГТУ. Различия физических свойств водорода от других

газов требуют создания специализированных камер сгорания. Так, низшая удельная теплота сгорания водорода составляет 120 МДж/кг, в то время как для природного газа и метана данный показатель составляет 33,5 МДж/кг и 50,03 МДж/кг, соответственно. Несмотря на сложность данной задачи, компания Kawasaki Heavy Industries смогла разработать 3 различных горелочных устройства [2] для сжигания водорода (рис. 1). Диффузионная пламенная камера сгорания позволяет использовать 100% водорода (рис. 1a).

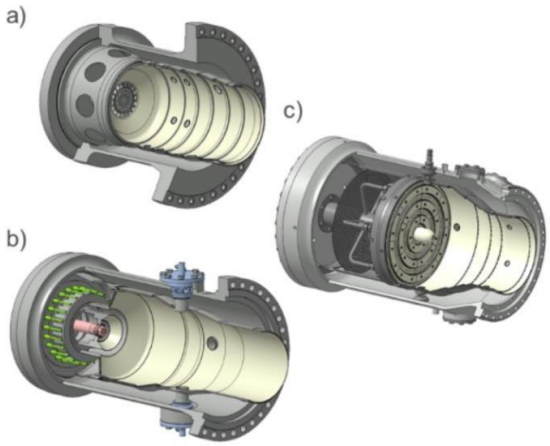


Рис. 1. Различные системы сжигания водорода:
a) диффузионное пламя, b) дополнительная горелка, c) горелка микро-микс

Ранее было проведено исследование [3] характеристик двигателя GE 6FA с применением различных видов топлива, в том числе водорода. На рис.2 продемонстрированы результаты исследования.

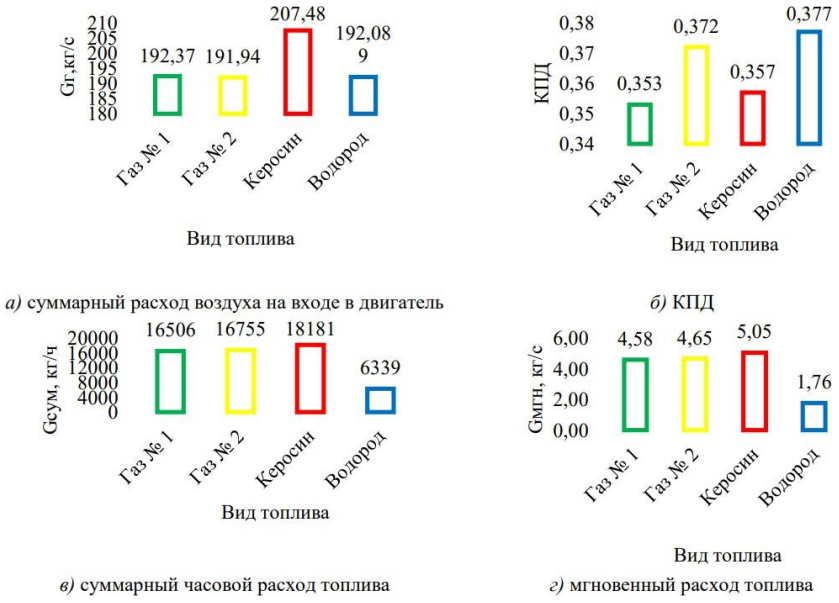


Рис. 2. Основные характеристики двигателя при работе на разных видах топлива

Как видно, при работе на водородном топливе двигатель имеет минимальный расход топлива и максимальный КПД. Это обусловлено высокой теплотворной способностью водорода.

Как известно, выбросы ТЭЦ, работающих на сжигании органических видов топлива, оказывают негативное влияние окружающую среду [4]. Последствиями являются загрязнение атмосферы, почвы и гидросферы. Водород является отличной заменой традиционному топливу, т.к. при его горении с чистым кислородом образуется паровоздушная смесь. При горении водорода в камере сгорания ГТУ образуется минимальная концентрация CO_2, а SO и SO_2 полностью отсутствует [5]. Однако стоит отметить, что при этом увеличивается количество выбросов NO_2.

Таким образом, можно сделать вывод, что водород является наиболее перспективным видом топлива для ГТУ. Сжигание водорода улучшает показатели двигателя и уменьшают вредные выбросы.

Источники

1. Marek C.J., Timothy D.S., Rishna K. Low-Emission Hydrogen Combustors for Gas Turbines Using Lean Direct Injection, NASAGlenn Research Center, Cleveland, Ohio 44135, 41 AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit AIAA–2005–3776, Tucson, Arizona, July 10–13, 2005.

2. Nurettin T.M., Ashikaga A.H., Harald F. Enhancement of fuel flexibility of industrial gas turbines by development of innovative hydrogen combustion systems. Gas for energy. 2018. Vol. 1. P. 1–5.

3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-2-84-92.

4. Петров С.Б., Петров Б.А. Оценка риска здоровью населения при воздействии твердых частиц в составе атмосферных выбросов многотопливных теплоэлектроцентралей // Экология человека. 2019. №6.

5. Марьин. Г. Е., Сопина Ю.В. Исследование влияния традиционного и водородного топлива на выбросы стационарных газовых турбин // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы XII Международной научно-технической конференции, Нижний Новгород, 16–19 сентября 2022 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2022. – С. 85-88. – EDN STQOGT.

УДК 62-1

ИЗУЧЕНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ

Леонард Владимирович Бабичевский
Науч. рук. канд. тех. наук, доцент А.В. Титов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
necrolit27@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрено шумовое загрязнение газовой турбины. Произведен расчет ожидаемого звукового давления.

Ключевые слова: ГПА, звуковое давление, компрессорная станция.

STUDY OF THE NOISE CHARACTERISTICS OF THE GAS TURBINE

Leonard V. Babichevsky
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
necrolit27@gmail.com

Abstract. The article deals with noise pollution of a gas turbine. The expected sound pressure is calculated.

Key words: GPU, sound pressure, compressor station.

Мощностные характеристики газоперекачивающих агрегатов в основном увеличиваются посредством повышения параметров их циклов и динамических нагрузок, что ведет к значительному увеличению излучаемого звуковое давление от энергоблоков, но снижается работоспособность и безопасность труда персонала, обслуживающего их.

В зависимости от вида исполнения газоперекачивающих аппаратов шумность газотранспортного предприятия будет разниться [2].

На компрессорных станциях, оснащенных агрегатами с газотурбинным приводом в цеховом исполнении, шум технологической обвязки нагнетателей прослушивается на расстоянии 250-300 м от трубопроводов, а далее значительно снижается за счет поглощения поверхностью земли, деревьями и экранирования зданиями и сооружениями компрессорных станций [5,7].

Физическая природа шума газоперекачивающих агрегатов состоит из аэродинамической и механической частей и каждой из них соответствует множество процессов работы ГТУ [3]. Главным же источником акустического воздействия энергоустановок является газовоздушный шум, который излучается каналами всасывания и выхлопа газоперекачивающих агрегатов [4,6].

Шум оборудования компрессорной станции с электроприводом - широкополосный с тональными составляющими. Максимум излучения, который составляет 90-100 дБ, имеет место в октавах от 1000 до 2000 Гц. Шум кривошипно-шатунных механизмов оборудования компрессорной станции с газомотокомпрессорами (механического происхождения), имеет импульсный характер, излучается в широком диапазоне частот, определяемом собственными частотами колебаний системы [2].

Для агрегата ГПА стационарного типа ГТНР-10 мощностью 4 МВт, работающего с центробежным нагнетателем (ЦБН) типа ЦБН 520-12-1 был определен ожидаемый уровень звукового давления в октавных полосах частот на расстоянии 20 метров от источника звука по методике [1].

Результаты расчета представлены в таблице ниже:

Таблица 1. Звуковое давления по частотам

Lp	L	Гц
119	79,2357	63
117,00	77,2357	125
110	70,2357	250
100	60,2357	500
99	59,2357	1000
104	64,2357	2000
96	56,2357	4000
Lp	L	Гц
91	51,2357	8000

Основываясь на изложенном материале можно сделать вывод о том, что ГПА является серьезным источников шумового загрязнения. В зависимости от конструктивных решений и местоположения станции шумовой режим может серьезно разниться.

Источники

1. СТО Газпром 2-3.5-042-2005 Методика расчета уровня шума от компрессорных станций. Дата введ. 22.09.2005

2. Терехов А.Л. Исследования и снижение шума на компрессорных станциях. - М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2002. С.30

3. Гуревич Г.А., Корзунов Ю.Л. и др. Исследования виброакустических характеристик одноступенчатой реактивной турбины. - Энергомашиностроение, 1974. № 3 С. 11-12.

4. Кузнецов С.Н. Исследование шума всасывания энергетических газотурбинных установок и строительно-акустические методы борьбы с ним. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. М., 1969 220 с.

5. Власов Е.Н., Дедиков Е.В., Терехов A.JL, Цулимов С.В. Исследования шума лопаточных машин на компрессорных станциях магистральных газопроводов и способы его снижения. М.: ИРЦ Газпром, 1998 24 с.

6. Lighthill M.I. The sound generated aerodynamically // Proc. Roy. Soc. Ser. «A». 1952.-V. 107 с.

7. Yoshio Fucano, Yasutoshi Senao. On turbulent noise in radial funs. // Когикэн нюсу. 1977. - № 215.

УДК 621.311

ВОДОРОД-АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Дамир Рустемович Бадрутдинов[1], Артем Евгеньевич Редель[2],
Мичил Иванович Заровняев[3]
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.Н. Маслов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]damirbadrytdinov@gmail.com, [2]mtaprovincess@mail.ru, [3]zarovnyaevmichil@mail.ru

Аннотация. В данной статье описан вариант применения водорода как аналогичного топлива для ГТУ.

Ключевые слова: водород, топливо, альтернативные виды топлива, ГТУ, тепловые станции, топливный газ, парогазовая установка.

HYDROGEN IS AN ALTERNATIVE FUEL FOR GAS TURBINE PLANT

Damir R. Badrutdinov[1], Artem E. Redel[2], Michil I. Zarovnyaev[3]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]damirbadrytdinov@gmail.com, [2]mtaprovincess@mail.ru, [3]zarovnyaevmichil@mail.ru

Abstract. This article describes the use of hydrogen as a similar fuel for gas turbines.
Keywords: hydrogen, fuel, alternative fuels, gas turbines, thermal power plants, fuel gas, combined cycle plant.

Главной причиной написания данной статьи заключается в том, что нынешние ТЭЦ используют в работе газотурбинных установках природный газ который в основном состоит из метана. Он негативно влияет на окружающую среду и производит большое количество вредных выбросов. Использование водорода позволит сократить общее количество токсинов в воздух. В данной работе мы докажем это суждение.

Водород - экологически чистый газ, выбросы в окружающую среду нулевые. Однако возникает проблема в его хранении, так как он взрывоопасен и нестабилен, плюс его производство дороговато, но это всё возмещается огромным выделением тепла, в среднем 140 Мдж на 1 кг.

В данной статье мы предлагаем неполный переход на водород, а только частичное его добавление в природный газ, рис. 1.

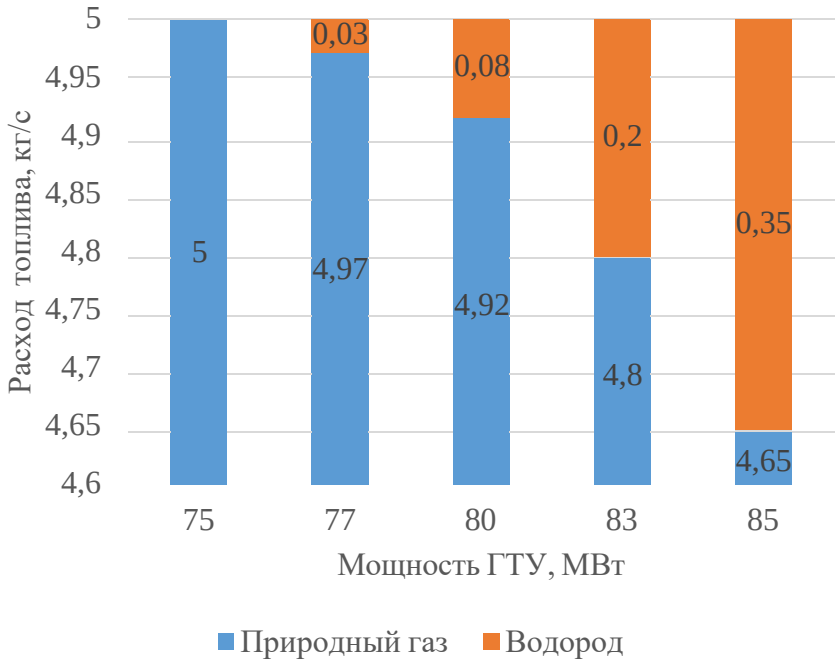


Рис.1 Расход топлива.

На рис. 1 описана связь между мощностью газовой турбины от расхода топливного газа с водородом. Видно, что при непрерывном

расходе газом, равном 5 кг/с использование водорода приводит к приросту мощности газовой турбины [1-3].

Как мы говорили выше, водород может поднять мощность ГТУ за счёт большой тепловой характеристики водорода. При использовании водорода в количестве 0,35 кг/с образовывается наибольшая мощность необходимая для работы ГТУ (85 МВт), также уменьшается общий расход природного газа и повышается применение водорода.

При переходе на водород, исчезают выбросы групп S_{ax} ,а выбросы CO и NO_x уменьшаются.

Стоит упомянуть и про эксплуатацию водорода. Необходимо выполнять строгие требования безопасности, при эксплуатации оборудования, так как водород огнеопасен, бесцветен и при пропадании в лёгкие человека убивает. Но данные проблемы легко исправить. Необходимо придумать новые способы эксплуатации оборудования, трубопроводов [4-6].

Подводя итоги, мы пришли к выводу, что водород повышает мощность ГТУ, уменьшает выбросы вредных веществ в окружающую среду. Такое альтернативное топливо позволит сократить расходы на организацию работы газотурбинных установок, невзирая на большую стоимость водорода.

Источники

1. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Горлов А.Н. Влияние водородного топлива на работу газотурбинной установки при работе на оптовом рынке электрической энергии и мощности // Международный технико-экономический журнал. 2022. Т. 82. No 1. С. 17–26.

2. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В., Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 3. С. 342-355. DOI: 10.21285/1814-3520-2021-3-342-355

3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. - 2021. №2(23), С. 84-92

4. Титов А.В. Осипов Б.М. Инструментальная среда для исследования газотурбинных установок на математических моделях //

Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 4.17-21.

5. Ермолаев Д.В., Тимофеева С.С. Влияние моделей структуры асфальтенов высоковязкого углеводородного сырья на энергетические характеристики получаемого синтез-газа // Труды Академэнерго. 2019.№ 3.

6. Аксютин О.Е., Ишков А.Г., Хлопцов В.Г., Казарян В.А., Столяревский А.Я. Концепция крупномасштабного развития инновационных систем производства и распределения метановодородного топлива как эффективного альтернативного энергоносителя. 2012 г.

УДК 621.45.042

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ ДЛЯ ПОДАЧИ В ПОТОЧНЫЙ ГАЗОГЕНЕРАТОР

Булат Рамилевич Валиуллин
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Г.Р. Мингалеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
bulat-valiullin@mail.ru

Аннотация. В работе описана система подготовки твердого топлива для поточной газификации. На сегодняшний день наиболее перспективными в мире являются поточные газогенераторы. Данный вид газогенераторов имеет самую высокую степень конверсии углерода, просты в использовании, имеют высокую степень выгорания топлива и обладают высокой эффективностью. Рассмотрена система подготовки топлива замкнутого типа с промежуточным бункером, шаровыми барабанными мельницами и сушкой воздухом.

Ключевые слова: газогенератор, твердое топливо, газификация, уголь, шаровая барабанная мельница, угольная пыль.

CONTROL OF THE DISPERSED COMPOSITION OF COAL DUST FOR SUPPLY TO A FLOW GAS GENERATOR

Bulat R. Valiullin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
bulat-valiullin@mail.ru

Abstract. The paper describes a system for the preparation of solid fuel for in-line gasification. To date, the most promising in the world are flow gas generators. This type of

gas generator has the highest carbon conversion rate, is easy to use, has a high degree of fuel burnup and is highly efficient. A closed-type fuel preparation system with an intermediate hopper, ball drum mills and air drying is considered.

Keywords: gas generator, solid fuel, gasification, coal, drum ball mill, coal dust.

Системы газификации топлива являются достаточно сложными. Эффективность работы основного аппарата – газогенератора – определяется как его конструкцией и свойствами поступающего топлива, так и работой вспомогательных систем: подготовки топлива; подачи окислителя; охлаждения и очистки генераторного газа.

В данной работе рассмотрена система подготовки топлива для поточной газификации, в которой осуществляется измельчение угля до пылевидного состояния и его частичная подсушка. Поточные газогенераторы рассматриваются как наиболее перспективные в мире для производства синтез-газа и имеющие самую высокую степень конверсии углерода – до 99% [1].

Для повышения эффективности работы газификационной установки необходимо учитывать затраты на всех стадиях преобразования топлива, в том числе и при его измельчении. Кроме того, установлено, что частицы угля в зависимости от размера в различной степени подвержены процессу термического разложения [2].

Рассмотрена система подготовки топлива замкнутого типа с промежуточным бункером, шаровыми барабанными мельницами и сушкой воздухом. Расчет проводился для наиболее перспективных угольных месторождений РФ [3] по методике, изложенной в работе [4].

Затраты энергии на измельчение углей при изменении дисперсного состава угольной пыли по остатку на сите 90 мкм (R_{90}) определялись с учетом зависимостей, полученных авторами статьи [5].

Результаты расчета представлены на рисунке.

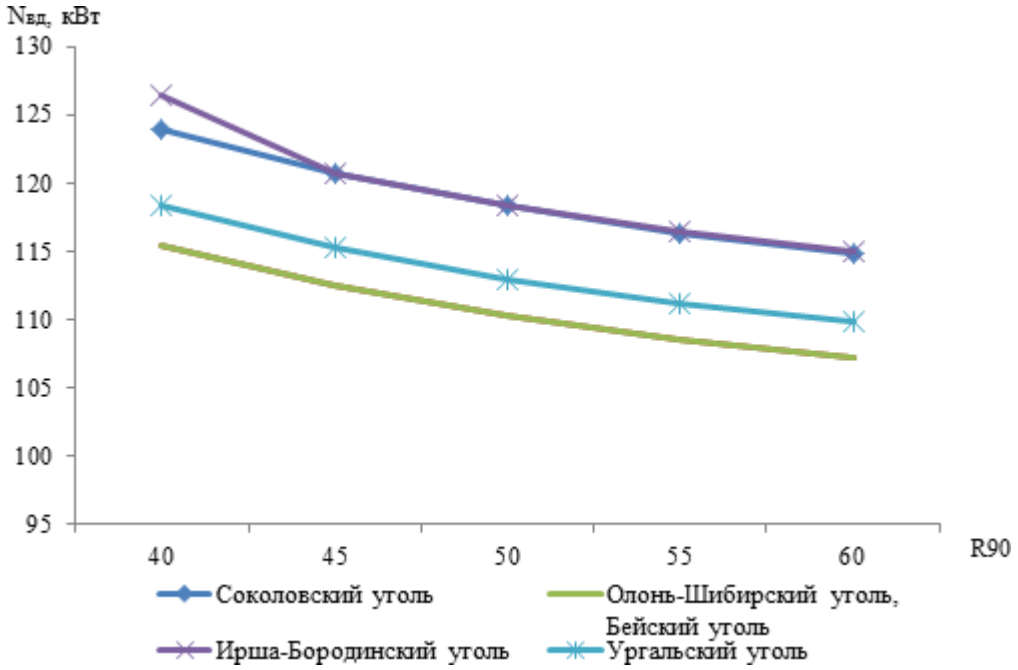


Рис. Зависимость потребляемой энергии от степени размола углей

Анализ зависимостей показывает, что при увеличении параметра R_{90} существенно снижаются затраты энергии на измельчение, поскольку уменьшается содержание более мелких фракций, имеющих размеры менее 200 мкм.

Источники

1. Рыжков А.Ф., Гордеев С.И., Богатова Т.Ф. Выбор схемы подготовки рабочего тела газовой турбины для ПГУ с внутрицикловой газификацией // Теплоэнергетика. 2015, №11. С.32−37.

2. Родионов В.А., Пихконен Л.В., Жихарев С.Я. Дисперсность каменноугольной пыли марки Ж Воргашерского месторождения и ее влияние на процесс термической деструкции // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое дело. – 2017. Т.16, №4. С.350-356.

3. Галькеева А.А., Мингалеева Г.Р. Возможности промышленного использования генераторного газа / А.А. Галькеева, Г.Р. Мингалеева // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. №11-12. С. 22-31.

4. Назмеев Ю.Г., Мингалеева Г.Р. Системы топливоподачи и пылеприготовления ТЭС: Справочное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2005. 480 с.

5. Иванов С.Д., Кудряшов А.Н., Ощепков В.В Определение производительности шаровой барабанной мельницы при размоле бурых углей // Теплоэнергетика. 2021. № 2. С. 61-67.

УДК 661.961.6

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ УГЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССИИ

Руслан Маратович Галяутдинов
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Г.Р. Мингалеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ryslik_0101@mail.ru

Аннотация. Водород является альтернативным видом топлива для энергетического оборудования. Водород может быть использован на ряду с природным газом, синтез-газом. Процесс получения водорода энергозатратный. В статье рассчитан объем водорода, полученный из углей различных марок крупных бассейнов России, а также приведены состав и свойства углей, указаны химические реакции газификации.

Ключевые слова: водород, уголь, углерод, газификация, реакция.

PRODUCTION OF HYDROGEN FROM COALS OF PROMISING DEPOSITS IN RUSSIA

Ruslan M. Galyautdinov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ryslik_0101@mail.ru

Abstract. Hydrogen is an alternative fuel for power equipment. Hydrogen can be used along with natural gas, synthesis gas. The process of obtaining hydrogen is energy-intensive. The article calculates the amount of hydrogen obtained from coals of various grades of large basins of Russia, and also shows the composition and properties of coals, and indicates the chemical reactions of gasification.

Keywords: hydrogen, coal, carbon, gasification, reaction.

Водород может быть получен различными способами, как правило, он получается из реакции разложения воды с использованием непосредственно угля в качестве реагента и источника энергии, при этом уголь отождествляется с углеродом. Разложение воды требует затрат энергии, которая может быть получена при окислениях угля [1]. На практике процессы разложения углерода не являются обратимыми, следует отметить, что реакция (1) является эндотермической и для ее осуществления нужно подводить определенное количество теплоты:

$$C + 2H2O = 2H2 + CO2 \ (1)$$

Как известно, наиболее эффективный способ получения водорода из угля – газификация. Под газификацией угля понимают превращение угля с помощью газифицирующих агентов в смесь газов. Для данного процесса характерны следующие определяющие реакции газификации углерода (табл.1) [2].

Таблица 1.

Реакции газификации углерода.

$C+O_2 \leftrightarrow CO_2$	(1)
$2C+O_2 \leftrightarrow 2CO$	(2)
$2CO+O_2 \leftrightarrow 2CO_2$	(3)
$C+CO_2 \leftrightarrow 2CO$	(4)
$C+H_20 \leftrightarrow CO+H_2$	(5)
$C+2H_20 \leftrightarrow CO_2+2H_2$	(6)
$CO+H_2O \leftrightarrow CO_2+H_2$	(7)
$C+2H_2 \leftrightarrow CH_4$	(8)
$CO+3H_2 \leftrightarrow CH_4+H_2O$	(9)
$CO_2+4H_2 \leftrightarrow CH_4+2H_2O$	(10)

Уголь, добываемый в крупнейших бассейнах России, имеет состав, представленный в табл.2 [3].

Таблица 2.

Состав и свойства углей различных марок

Угли	$C_р$, %	$H_р$, %	$O_р$, %	$N_р$, %	$S_р$, %	$A_р$, %	$W_р$, %	$V_г$, %
Соколовский ДГ	59,9	4,29	7,18	1,1	0,22	15,9	10	42,9
Бейский Д	59,35	3,96	8,73	1,6	0,52	14,4	13	41,4
Олонь-Шибирский Д	59,2	5,106	7,4	1,4	0,35	18,7	11	45
Ирша-Бородинский Б	53,28	3,7	15,4	0,9	0,6	10,2	32	49
Ургальский Г	58,46	4,44	10,4	0,6	0,29	31,6	8,4	42,5

Для определения количества водорода, которое можно получить из представленных в табл.2 углей использовалась методика, предложенная в работах [5].

Обращаясь к реакции (1), можно сделать следующий расчет:

$$\frac{RH_2O}{RC} = \frac{0{,}555 \cdot (W^p + 100 \cdot H_2O^{охл} + 0{,}1 \cdot V_Д \cdot W_д) + 4{,}96 \cdot H^p - 0{,}311 \cdot S^p}{(C^p/1{,}201) \cdot (1 - q_4/100)}$$

где RH2O – расход воды, RC- расход углерода, а также заданные значения расхода топлива и параметров дутья, λ - доля прореагировавшего водяного пара к исходному количеству (принимается в диапазоне 0÷1) [4]. Объем водорода можно определить по формуле:

$$V_{H2} = 0{,}224 \cdot [(\frac{C^p}{1{,}201})(1 - \frac{q_4}{100})] \cdot \lambda \cdot (\frac{RH_2O}{RC}).$$

Полученные результаты представлены в табл.3.

Таблица 3.

Объем водорода, полученного из 1 кг каждой марки угля

Угли	V_{H2}, м^3
Соколовский ДГ	0,50495
Бейский Д	0,50409
Олонь-Шибирский Д	0,55564
Ирша-Бородинский Б	0,6073
Ургальский Г	0,503

Источники

1. Введение в водородную энергетику / Э. Э. Шпильрайн, С. П. Малышенко, Г. Г. Кулешов; под ред. В. А. Легасова. – М: Энергоатом-издат, 1984.-264 с, ил.

2. Николаев Ю.Е., Мракин А.Н. Математическое описание процесса газификации твердого топлива в поточных автотермических газогенераторах // Вестник СГТУ. 2011. № 1(54). Выпуск 3

3. Галькеева А.А., Мингалеева Г.Р. Возможности промышленного использования генераторного газа / А.А. Галькеева, Г.Р. Мингалеева // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. №11-12. С. 22-31.

4. Химические вещества из угля. Пер. с нем. / Под ред. И. В. Калечица – М: Химия, 1980 – 616с, ил.

5. Беляев А.А. Газификация высокозольных топлив в кипящем слое: учеб. пособие. М.: Издат. МЭИ, 2006. 32 с

УДК 62-253.5

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАТЕРИАЛА ЛОПАТОК

Дмитрий Сергеевич Донецкий[1], Леонард Владимирович Бабичевский[2]
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Г.Р. Мингалеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1] myta.99@bk.ru, [2]necrolit27@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена эффективность работы газовой турбины в зависимости от материала лопаток с различной допустимой температурой поверхностей. Представлены результаты расчета газовой турбины с материалом лопаток из различных сплавов.

Ключевые слова: ГТУ, эффективность, материал, сплавы, лопатка.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF THE GAS TURBINE DEPENDING ON THE MATERIAL OF THE BLADES

Dmitriy S. Donetskiy[1], Leonard V. Babichevsky[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1] myta.99@bk.ru, [2]necrolit27@gmail.com

Abstract. The article considers the efficiency of the gas turbine depending on the material of the blades with different permissible surface temperatures. The results of the calculation of a gas turbine with the material of blades from various alloys are presented.

Keywords: GTU, efficiency, material, alloys, blade.

Основным путем повышения основных параметров работы ГТУ является повышение начальных параметров рабочего газа. Оно возможно путем использования охлаждаемых рабочих лопаток. Однако это сопряжено с дополнительными потерями энергии, т.к. снижение температуры рабочих лопаток на 250°С требуется примерно 2÷4% воздуха, который вследствие не совершает работу в охлаждаемой ступени турбины, и последующую ступень поступает со значительно меньшей температурой, чем температура газа [6].

В данной работе проведена оценка эффективности газовой турбины в зависимости от материала лопаток с различной допустимой температурой поверхностей, на основе предварительных расчётов тепловой схемы ГТУ по методике [1,2].

Для оценки будут проведены расчеты с материалами лопаток:

1. Аустенитные стали (типа ЭИ-612К) применяется для изготовления дисков, роторов, крепежных деталей, плоских пружин изготовленных методом холодной высадки, лопаток и других деталей турбин. Жаропрочный сплав на железоникелевой основе [3] .

2. Деформируемые сплавы на основе никеля (типа ЭИ-929ВД) жаропрочный, температура начала интенсивного окалинообразования 1050 °С. Применяется для изготовления лопаток турбин и других деталей для работы при температурах до 950°С [4].

3. Литейные сплавы на основе никеля (типа ЖС6К) применяется для производства литых прутковых заготовок, предназначенных для последующего переплава и отливки деталей газовых турбин [5].

Ниже представлена таблица с результатами расчетов при разных материалах лопаток:

Таблица1.

Результаты расчета газовой турбины с материалом лопаток из различных сплавов

Наименование показателя, единица измерения	**Значение показателя**		
1. Материал лопаток ГТ	ЭИ-612К	ЭИ-929ВД	ЖС6К
2. Температура металла,^{o}С	700	800	950
3. Расход воздуха на охлаждение	0,177	0,145	0,097
4. Температура газа после 1й ступени (перед 2й ступенью), К	1261,96	1261,96	1261,96
5. Относительное снижение удельной работы ГТУ	0,946	0,946	0,946
Наименование показателя, единица измерения	**Значение показателя**		
6. Внутренняя работа ГТУ, кДж/кг	340,67	340,67	340,67
7. Внутренняя работа ГТУ с охлаждением, кДж/кг	283,70	294,01	309,48
8. Предварительный механический КПД	0,983	0,983	0,983
9. Расход газов через турбину, кг/с	276,20	266,52	253,20
10. Расход топлива в КС, кг/с	5,32	5,13	4,88
11. Расход воздуха на входе в КС, кг/с	270,89	261,38	248,32
12. Расход воздуха на входе в ОК, кг/с	321,13	301,34	274,12
13. Расход газов на выходе из ГТ, кг/с	325,04	305,11	277,71

14. Электрический КПД ГТУ с охлаждением, %	29,15	30,21	31,80

В результате расчётов выяснилось, что материал, используемый в изготовлении лопаток, влияет не только на их прочность, но так же за счет жаропрочности металла требуется меньшее количество воздуха для охлаждения лопаток, что ведет к повышению КПД ГТУ и постепенному снижению потерь за счет отбора охлаждающего воздуха.

Источники

1. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов / А. Г. Костюк [и др.]; под ред. А. Г. Костюка. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 560 с: ил. – ISBN 978-5-383-00268-1.

2. Методика определения энергетических показателей ПГУ ТЭС с параллельной схемой // Буров В.Д., Цанев С.В., Соколова М.А. и др.// Изв. РАН. Энергетика. - 2001. - №2. - с. 113-120.

3. Пигрова Г.Д., Корхка С.И., Гребцова Т.М. Влияние кремния на фазовый состав сплавов на никелевой основе, металловедение и термическая обработка металлов. – Машиностроение, 1980, №4, с. 38–41.

4. Левин Е.Е., Пивник Е.М., Ильина Г.В., Мельникова И.С. Свойства и структура штампованных заготовок лопаток из сплава ЭИ929ВД для приводных газовых турбин. – Энергомашиностроение, 1980, №6, с. 15–17.

5. Масалева Е.Н., Рычкова Л.В. Влияние глубины обезлегированного слоя и шероховатости поверхности точнолитых отливок из сплава ЖС6-К на длительную и усталостную прочность. – Энергомашиностроение, 1980, №6, с. 19–23.

6. A. M. Kler, Yu. B. Zakharov, Optimizing parameters of GTU cycle and design values of air-gas channel in a gas turbine with cooled nozzle and rotor blades, 2012

УДК 661.96

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Димитрий Владиславович Ефимов
Науч. рук. канд. техн. наук А.Р. Ахметшин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
28efidimamov21russ@mail.ru

Аннотация. Водородное топливо получает все большее распространение в энергетике. В данной работе рассмотрен один из основных способов получения чистого водорода. Проведен анализ потенциала чистого водорода как наиболее перспективного источника энергии. Приведен пример возможного пути реализации производства водородного топлива.

Ключевые слова: водород, выработка электрической энергии, приливная электрическая станция, получение водородного топлива.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY

Dimitri V. Efimov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
28efidimamov21russ@mail.ru

Abstract. One of the main methods for obtaining pure hydrogen is considered. The analysis of the potential of pure hydrogen as the most promising source of energy is carried out. An example of a possible way to implement the production of hydrogen fuel is given.

Keywords: hydrogen, generation of electric energy, tidal electric power plant, production of hydrogen fuel.

Водород — самое распространённое химическое вещество, составляющее около 77 % всей барионной массы всей Вселенной. Водород в свободном состоянии при нормальных условиях является газом без цвета, запаха и вкуса [1]. Несмотря на распространение водород в чистом виде не встречается, поэтому необходимо затратить энергию на его производство, поэтому водород является дорогим топливом для широкого использования в энергетике.

Сырьем для получения водорода является вода, а для получения искусственных углеводородов - уголь, углекислый газ или природные карбонаты, то есть запасы практически неограниченные. Полученное топливо сравнительно легко транспортировать, хранить и аккумулировать. Водород – химический элемент, который в процессе синтеза может заменять любое ныне существующее топливо и являющийся одной из самых перспективных составляющих нашей планеты, запасы которого практически неисчерпаемы. Энергосодержание 1 г водорода эквивалентно примерно 4 г бензина. При использовании водорода в топливных элементах эффективность водорода как топлива оказывается выше в 4-10 раз [2].

Один из наиболее распространенных способов получения водорода - из воды путем электролиза. Электролизом воды называется физико-химический процесс, при котором под действием постоянного электрического тока вода разлагается на кислород и водород. В электролитической ячейке дистиллированная вода подвергается электролизу, при этом химическая реакция идет по следующей известной схеме: $2H_2O + энергия \rightarrow 2H_2 + O_2$ [3].

На данный момент ведутся разработки о создании центров по производству водорода и аммиака с расчетом на использование энергии приливных электростанций. Основную роль проекта возлагают на Пенжинскую ПЭС в Охотском море, чей потенциал способен напитать водородную отрасль, перевернуть мировую энергетику и стать основой энергосистемы всего Дальнего Востока. По предварительным подсчетам выработка Пенжинской ПЭС – свыше 100 ГВт/час, что сравнимо с 25 современными атомными станциями, или с 5 китайскими ГЭС «Три ущелья». В строительстве станции рассматривается два основных проекта: северная (21 ГВт) и южная (87 ГВт) границы. Но проблема заключается в том, что ближайшие потребители полностью обеспечены энергией и еще 100 ГВт им незачем [4].

Производство водорода довольно затратный процесс, требующий огромное количество электроэнергии. Благодаря вырабатываемой Пенжинской ПЭС электроэнергии этот процесс очень удешевляется. Учитывая это факт можно построить рядом со станцией завод по извлечению водорода из воды. Сжижать водород и газовозами развозить его по миру (рис.1) [5].

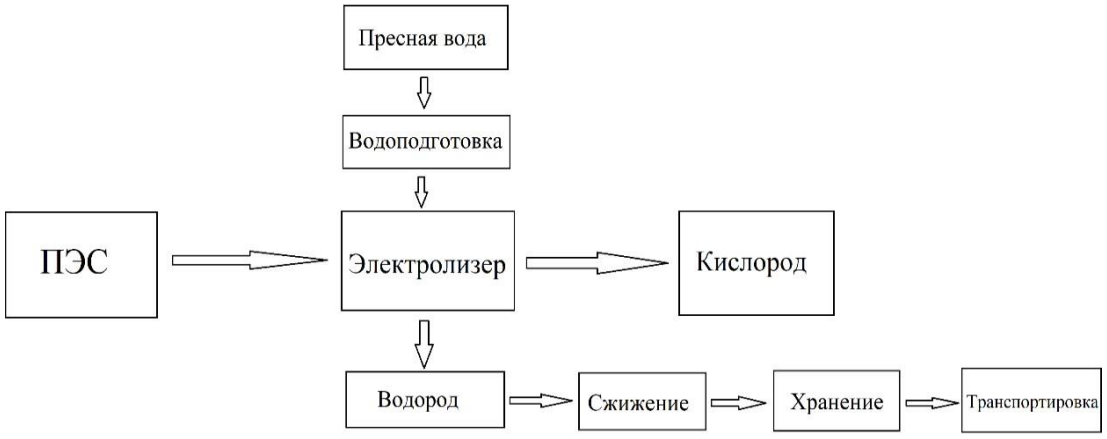


Рис.1 Схема производства водорода

Преимущество водородного топлива перед электрическими аккумуляторами — повышенная долговечность на 1,5-2 раза. При этом водородные аккумуляторы лучше приспособлены для сурового климата. Кроме этого другой способ применения – стационарное резервное питание. Их можно приспособить даже для энергоснабжения небольших автономных пунктов вроде полярных станций [4].

Таким образом, этот проект по праву можно назвать большим революционным шагом, способным перевернуть энергетическую отрасль всей планеты.

Источники

1. Карпова С.С., Компан М.Е., Максимов А.И., Мошников В.А., Основы водородной энергетики; Гостехиздат - Москва, 2011. - 288 с.

2. Алхасов А. Б. Возобновляемая энергетика. ИЛ - Москва, 2012. – 886 с.

3. Бушуев В.В. Мировая энергетика: состояние, проблемы, перспективы; Книга по Требованию - М., 2019. - 664 с.

4. Марьин Г.Е., Сопина Ю.В Перспективы применения водорода в энергетике. В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Материалы конференции. Белгород, 2021. С. 4160-4163. [Электронный ресурс] https://elibrary.ru/item.asp?id=46382755

5. Солодова Н.Л., Черкасова Е.И., Салахов И.И., Тутубалина В.П. Водород - энергоноситель и реагент. Технологии его получения. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2017; Том 19 (№ 11-12):39-50. [Электронный ресурс] https://www.energyret.ru/jour/article/view/466/418

УДК 62-622

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГАЗОТУРБИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Александр Вениаминович Ишалин[1], Георгий Евгеньевич Марьин[2]

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.В. Титов

[1] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан,

[2]АО «ТАТЭНЕРГО», г. Казань, Республика Татарстан

[1]Aiv1999@yandex.ru, [2] george64199@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены современные методы транспортировки водорода при помощи ГТУ. Проанализированы преимущества и недостатки каждого метода.

Ключевые слова: водород, ГТУ, топливо, турбина, мощность, природный газ, транспортирование.

TRANSPORTATION OF HYDROGEN MIXTURES USING GAS TURBINE TECHNOLOGIES

Alexander V. Ishalin [1], George E. Marin[2]
[1]KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan,
[2]TATENERGO, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]Aiv1999@yandex.ru, [2]george64199@mail.ru

Abstract. The article considers modern methods of hydrogen transportation using gas turbines. The advantages and disadvantages of each method are analyzed.

Keywords: hydrogen, GTU, fuel, turbine, power, natural gas, transport.

В настоящий момент мощное развитие получили альтернативные источники энергии, в сравнении с традиционными они требуют особого подхода в транспортировании, хранении, расчете газодинамических процессов. Одним из таких источников является водородное топливо. [1]

Для внедрения водородных технологий в традиционную энергосистему необходимы новые методы транспорта топлива, которые должны удовлетворять требованиям безопасности, экономичности и экологии. Однако, транспортирование водорода обусловлено рядом проблем, таких накопление, компримирование, поэтому прежде чем транспортировать водород, его необходимо привести в состояние пригодное для транспортировки и затем компримировать.

В настоящий момент можно выделить несколько способов транспортирования водорода [2].

Рис.1 способы транспортировки водорода

Транспортировка водорода в трубопроводе делится на три вида и нагнетание возможно при помощи ГПА:

в чистом виде;

в виде отдельных партий (Порционно);

в составе метано-водородной смеси.

Транспортировка водорода в чистом виде (содержание 99%) наиболее трудоемка и требует затрат не только на производство водорода, но и на содержание инфраструктуры. Для транспорта водорода необходимы специальные водородопроводы, так как чистый водород нельзя прокачивать в трубопроводе предназначенного для природного газа, так как контакт с водородом приводит к охрупчиванию стальных трубопроводов. Строить новую систему трубопровопроводов предназначенных для водорода очень дорога, а дальнейшая эксплуатация окупать себя будет на протяжении длительного времени.

Второй вид транспортировки — это порционное добавление, суть данного метода заключается в чередовании партий водорода природного газа. Данный метод позволяет сохранить дорогой водород в качественном виде, с минимальным содержанием инертных газов. При смене подаваемого газа образуется смешение природного газа и водорода, поэтому следует отсекать начало и конец партии. При правильном подборе

объема партии и соблюдении всех условий концентрация получаемого водорода будет не менее 99,73% [3].

Третий вид транспортировки – это покачивание в составе метано-водородной смеси. Транспортировка по данному методу имеет наименьшую выгоду с точки зрения получения в конце чистого водорода [4]. Однако, данный метод, в сравнении с предыдущими, самый простой и менее ресурсно, и энергозатратный.

Вывод: транспортировка водорода, процесс, имеющий определенные сложности. Однако с каждым днем создается все больше методик и технологий, позволяющих транспортировать водород в более чистом, экономичном и безопасном виде.

Источники

1. Study of the effect of fuel temperature on gas turbine performance / G. Marin, D. Mendeleev, B. Osipov, A. Akhmetshin // E3S Web of Conferences, Prague, 14–15 мая 2020 года. – Prague, 2020. – P. 01033. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801033. – EDN UPDAIR.

2. Алексеева О. К., Козлов С. И., Фатеев В. Н. Транспортировка водорода // Транспорт на альтернативном топливе. 2011. №3 (21). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/transportirovka-vodoroda (дата обращения: 30.10.2022).

3. Лурье М.В. Транспортировка партий водорода по газопроводу в потоке природного газа. Территория «НЕФТЕГАЗ». 2020;1(11-12):84-88.

4. Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок / Г. Е. Марьин, Б. М. Осипов, А. Р. Ахметшин, М. В. Савина // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2021. – Т. 25. – № 3(158). – С. 342-355. – DOI 10.21285/1814-3520-2021-3-342-355. – EDN RCIJEG.

УДК 662.76

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ В ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ

Илюза Раисовна Казбакова
Науч. рук. канд. техн. наук С.С. Тимофеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
iluza.ru@gmail.com[1]

Аннотация. В статье исследована возможность применения различных видов альтернативного топлива для газотурбинных установок. Поскольку основным топливом является природный газ, в настоящей работе в качестве объекта исследования выступали биогаз, синтез-газ, пиролизный газ и технологический газ. Рассмотрены способы их получения и использования в зависимости от состава и теплоты сгорания.

Ключевые слова: альтернативное топливо, биогаз, синтез-газ, пиролизный газ, технологический газ, газотурбинная установка.

POSSIBILITIES OF USING ALTERNATIVE FUELS IN GAS TURBINE PLANTS

Ilyuza R. Kazbakova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
iluza.ru@gmail.com[1]

Abstract. The article investigated the possibility of using different types of alternative fuels for gas turbine plants. Since the main fuel is natural gas, the biogas, synthesis gas, pyrolysis gas and process gas were the object of study in this work. Methods of their production and use depending on the composition and heat of combustion are considered.

Keywords: alternative fuel, biogas, synthesis gas, pyrolysis gas, process gas, gas turbine plant.

Как известно, на газотурбинных электростанциях в качестве основного топлива используется природный газ [1]. Особую актуальность приобретают исследования, направленные на рассмотрение использования альтернативного топлива. Производство и применение альтернативных видов топлива дает возможность экономии природных ресурсов, а также позволяет утилизировать отходы отраслей промышленности, сельского хозяйства, деревообработки и т.д. В качестве альтернативных видов топлива для газотурбинных установок рассмотрим синтез-газ, биогаз, пиролизный газ и технологический газ.

Состав каждого из приведенных видов альтернативного топлива приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Состав альтернативных топлив

Компоненты газа, %	Биогаз	Синтез-газ	Пиролизный газ	Технический газ
Метан	40-70	9-11	1-4	30,7

Углекислый газ	30-60	30-32	8-15	0,1
Сероводород	3	1-5		
Водород	1	38-40	10-17	50
Моноксид углерода		15-18	14-22	0,6
Азот	-	-	50-60	-
Этилен	-	-	-	14,8

Биогаз получают в результате анаэробного сбраживания растительных остатков и отходов животноводства в специальных аппаратах – метантенках. Теплота сгорания биогаза составляет около 20,2 МДж/кг. 1м^3 сгоревшего биогаза способен выработать 1,25-1,40 кВт.ч электроэнергии. Биогаз целесообразно использовать в установках, работающих на двух видах топлива [2].

Синтез-газ получают путем газификации угля, биомассы, древесных отходов и другого органического сырья при использовании газифицирующих агентов в газогенераторах различного типа [3]. При горении в камерах сгорания энергетических установках синтез-газ, смешиваясь с основным топливом, обеспечивает повышенную реакционную способность топливной смеси, что способствует улучшению процесса ее сгорания. Однако, синтез-газ не всегда способен полностью заменить традиционное газовое топливо, так как его теплота сгорания меньше почти в 2-3 раза.

Перспективным альтернативным видом топлива для энергетической промышленности является пиролизный газ, его производство основано на преобразовании твёрдого топлива в газообразное [4]. Данный газ можно применять в качестве топлива как в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), так и в газотурбинных установках, которые оснащены теплообменными аппаратами и генераторами. Однако, теплота сгорания пиролизного газа почти в 3,5 раза ниже, чем у природного газа, что также приводит к увеличению относительного расхода топлива.

Альтернативой традиционному топливу могут служить газообразные горючие отходы различных производств [5]. Теплота сгорания технологического газа составляет 21,7 МДж/м^3, его состав соответствует требованиям предъявляемых к качеству газа [6]. Их можно использовать в качестве самостоятельного источника энергии или добавки к основному топливу в газотурбинных установках. В энергетических установках использование таких газов в камерах сгорания является одним из основных направлений научных исследований.

Результаты проведенного исследования показали, что альтернативные виды топлива в зависимости от теплоты сгорания и состава можно применять для производства энергии в качестве самостоятельного топлива, либо добавки к основному.

Источники

1. Атдаев Ы.Ы. Комбинированное использование природного газа и биогаза в газотурбинных установках // Научные исследования в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития . Сборник научных статей по материалам VII Международной научно-практической конференции. Уфа, 2022. С.16-21.
2. Девянин С.Н., Чумаков В.Л., Белаль И. Газ и удобрение из биоотходов // Сельский механизатор. 2017. № 9. С. 12-13.
3. Renzi M., Caligiuri C., Rossi M. Micro-Gas Turbine Feed With Natural Gas and Synthesis Gas: Variation of the Turbomachines' Operative Conditions With and Without Steam Injection // Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air. 2017. P. 1.
4. Высоцкий С.П., Иванченко В.А., Мурга А.В. Особенности использования возобновляемых энергоресурсов // Вести Автомобильно-дорожного института. 2020. №1(32). С. 26-32.
5. Хизбуллин А.Р. Перспективы применения и транспортировки технологических газов // В сборнике: XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика. Материалы конференции. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова . Казань, 2022. С. 270-273.
6. Тимофеева С.С., Хизбуллин А.Р., Мингалеева Г.Р. Оценка возможности применения газоперекачивающего агрегата для транспортировки технологического газа // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13. № 4 (52). С. 76-87.

УДК 621-01

АНАЛИЗ НДС НА ОСНОВЕ МКЭ ЦЕЛЬНОКОВАНОГО РОТОРА ТУРБИНЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭКСПЛУТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК С УЧЁТОМ ДЕФЕКТОВ В ОСЕВОМ КАНАЛЕ

Анжелика Алексеевна Ютанова[1], Максим Дмитриевич Клейдман[2]

Науч. рук. канд. физ-мат. наук, доцент О.В. Клейдман

[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан, [2]НИУ «МЭИ», г. Москва

[1]beyhive03@mail.ru, [2]max02d@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены полноразмерные объемные модели метода конечных элементов (МКЭ) цельнокованого ротора турбины К-210-130 при отсутствии и наличии дефектов в расточке. В качестве дефекта смоделирована трещина полукруглой формы для трёх значений диаметра. В программном комплексе ANSYS проведен анализ напряжённо-деформированного состояния (НДС) цельнокованого ротора турбины.

Ключевые слова: МКЭ, турбина, дефект, НДС, прочность, напряжения, ANSYS.

SSS ANALYSIS BASED ON THE FEM OF A SOLID FORGED TURBINE ROTOR UNDER THE ACTION OF OPERATING FORCES WITH CONSIDERING DEFECTS IN THE AXIAL CHANNEL

Angelica A. Yutanova[1], Maksim D. Kleidman [2]
[1] KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan, [2] MPEI, Moscow
[1]beyhive03@mail.ru, [2]max02d@mail.ru

Abstract. Full-size three-dimensional models of the finite element method (FEM) of a one-piece forged turbine rotor K-210-130 in the absence and presence of defects in the bore are considered. As a defect, a semicircular crack is modeled for three diameter options. The ANSYS software package was used to analyze the stress-strain state (SSS) of a one-piece forged turbine rotor.

Keywords: FEM, turbine, crack, SSS, strength, stresses, ANSYS.

Механика деформирования и разрушения твердых тел с учётом ползучести является областью эффективного применения МКЭ [1]. Цельнокованые роторы выполняются с центральным отверстием (расточкой) для удаления из поковки инородных включений и дефектов. Эти дефекты тем более опасны, что расположены в зоне максимальных напряжений [2]. Трещины обычно возникает полукруглой формы и приводят к хрупкому разрушению ротора. В работе проводится анализ НДС паровой турбины К-210-130 под действием нагрузок от вращения с учётом возможных дефектов.

Для конденсационной турбины К-210-130 учитывались данные: номинальная мощность 210 МВт, начальное абсолютное давление пара 12,8 МПа (130 кгс/см^2), промежуточный перегрев пара до 565^{0}С, давление в конденсаторе 3,46 кПа. Механические свойства конструкционного

материала: Сталь Р2М, ρ = 7860 кг/м^3, E = 2,2·10^5 Мпа, μ = 0,3, $\sigma_т$ = 460 Мпа, $\sigma_в$ = 540 Мпа, относительное удлинение 18%.

Диски ротора испытывают воздействие центробежной нагрузки, обусловленной массовыми силами диска, а также подвержены действию контурной нагрузки, связанной с передачей усилий на ободную часть диска от действия лопаток [3]. Данные для расчета контурной нагрузки соответствуют справочной информации «Развесовка рабочих лопаток К-210-130» в зависимости от ступени, количества, массы и радиуса лопаток.

Применяя ANSYS, актуальность ПК отмечена в [4], был использован 20-узловой объемный квадратичный элемент, обеспечивающий большую точность вычислений. На рис.1 представлены полученные изолинии интенсивности напряжений ротора без дефектов. Высоко нагруженной зоной ротора является расточка в области первой ступени по ходу пара. Здесь действуют максимальные интенсивности напряжений 124 МПа и самые высокие температуры, поэтому в этой области наибольшая вероятность разрушения и возникновения трещины [5].

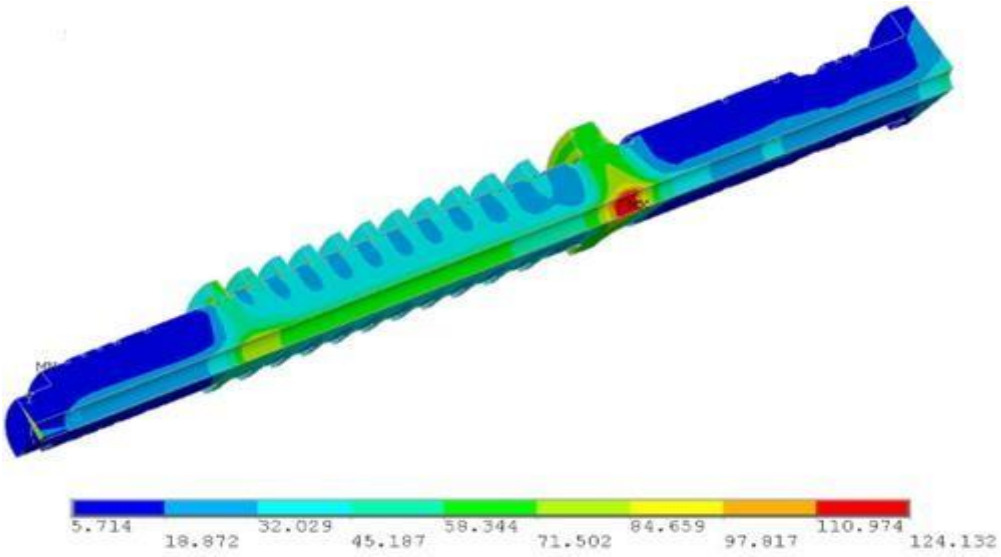


Рис.1. Изолинии интенсивности напряжений, МПа

В программном комплексе ANSYS также проведен расчет объемной конечно-элементной модели ротора с трещиной в осевом канале. Дефект смоделирован под первой ступенью в плоскости действия максимальных растягивающих напряжений от центробежных сил. Рассмотрены три диаметра 15,8 мм, 31,6 мм, 47,4 мм. Трещина моделируется при помощи закрепления её берегов. Расчет проведен при скорости вращения 3000 об/мин, при этом использовалась билинейная интерполяция кривой деформирования конструкционной стали.

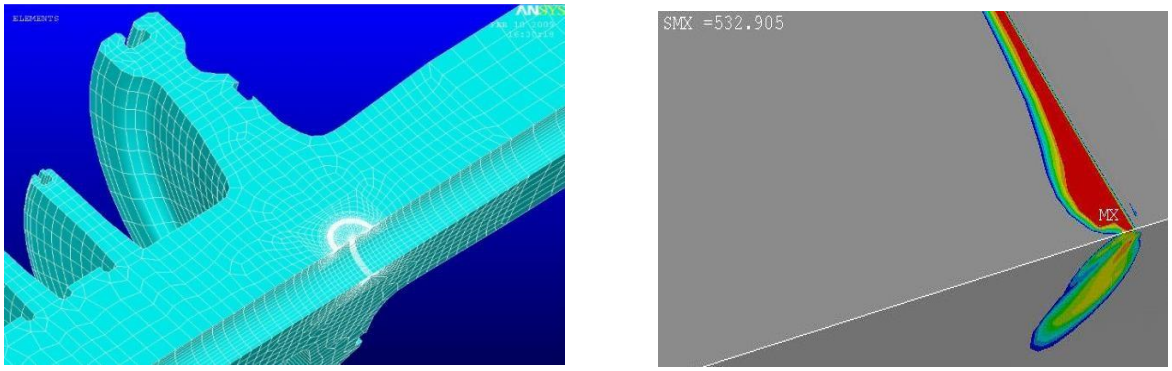


Рис.2. Сетка КЭ в области трещины и изополя напряжений в вершине трещины

В результате получены изолинии интенсивности напряжений и деформаций, действующих в области вершины трещины вдоль всего ее фронта (рис.2). Максимальные напряжения равны 514, 532 и 545 Мпа соответственно диаметрам трещин.

Источники

1. Титов А.В., Осипов Б.М. Инструментальная среда для исследования газотурбинных установок на математических моделях // Вестник КГЭУ. 2017. № 4 (36). С. 17-21.

2. Марьин Г.Е., Менделеев Д.И., Ахметшин А.Р. Подвод различных веществ в проточную часть газовой турбины для повышения ее энергетических характеристик // В сб.: Современные проблемы теплофизики и энергетики: матер. III междун. конфе. 2020. С. 601-602

3. Сафин А.Р., Петров Т.И., Копылов А.М., Гибадуллин Р.Р. Метод проектирования и топологической оптимизации роторов синхронных двигателей // Вестник КГЭУ. 2020. Т. 12. № 2 (46). С. 45-53.

4. Тазеев И.Р., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Замалиев А.Н. Моделирование установки для балансировки ротора в программном комплексе ANSYS // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2018; 20(5-6). С.75-83.

5. Кушнаренко В.М., Чирков Ю.А., Клещарева Г.А., Решетов С.Ю. Причины преждевременного разрушения теплообменных труб энергетического оборудования // Вестник КГЭУ. 2021. № 1 (49). С. 75-84

УДК 662.76.032

АНАЛИЗ СТАДИЙ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Евгений Васильевич Клейн
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Г.Р. Мингалеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
zombee1997@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены стадии газификации твердого топлива. Описаны процессы, происходящие с углеродом в процессе газификации на каждой из стадий и сложности, возникающие в момент протекания определенных стадий газификации.

Ключевые слова: газификация, газогенератор, низкосортное топливо.

ANALYSIS OF SOLID FUEL GASIFICATION STAGESPLANTS

Evgeny V. Klein
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
zombee1997@mail.ru

Abstract. The article considers the stages of solid fuel gasification. The processes that occur with carbon during the gasification process at each of the stages and the difficulties that arise at the time of certain stages of gasification are described.

Keywords: gasification, gas generator, low-grade fuel.

Газификация – это процесс превращения твердого топлива в генераторный газ, который происходит при высоких температурах в присутствии окислителя. Углерод в топливе взаимодействует с кислородом, содержащемся в воздухе, и водяным паром, специально добавленным в воздух. Газогенератор – это аппарат для газификации топлива, в котором твердое топливо испытывает различные физико-химические преобразования при взаимодействии с окислителем и восстановительной средой, образующейся в результате химических реакций (см. рисунок) [1].

В зависимости от назначения генераторного газа и его свойств газификация будет производиться в различных по схеме и устройству газогенераторах [2].

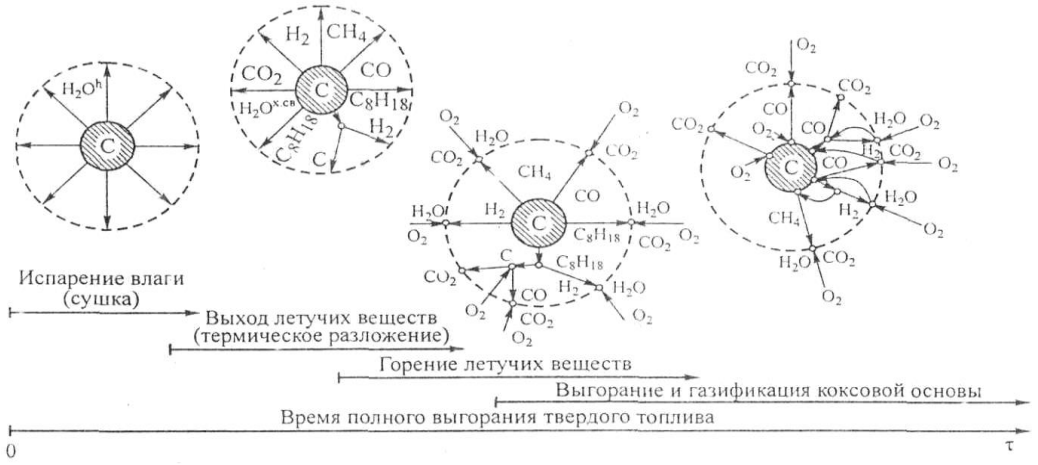


Рис. Стадии трансформации твёрдого топлива в процессе газификации [3]

Каждая из вышеперечисленных стадий имеет существенное значение в процессе превращения твердого топлива в генераторный газ.

В процессе сухой перегонки термический распад органической части топлива протекает с выделением кислот, смол, спиртов и прочих веществ. Точка росы для смол примерно 20-30°, в следствие чего возможна их конденсация в газопроводах либо в выпускном устройстве из-за понижения температуры. Кислоты, выделяющиеся во время сухой перегонки топлива, способствуют возникновению коррозии на стальных деталях. Из-за выпадения сконденсировавшихся смол на них осаждается пыль, из-за чего происходит уменьшение проходных сечений газопроводов. Для того, чтобы газогенератор работал без сбоев необходимо через нагретый до 800-1000°С коксовые остатки пропустить продукты возгонки, чтобы разложить их на элементарные неконденсирующиеся про атмосферные условия газы: CO, CO_2, H_2, и прочие [4].

Углерод, который является основным компонентом коксового остатка, горит при взаимодействии с кислорода воздуха, поступающего в газогенератор [5]. Из-за того, что при окислении углерода температура повышается до 1300-1500°, то для её снижения во время газификации тощих топлив в воздух, поступающий в газогенератор, добавляют водяной пар [6]. Из-за того, что битуминозные топлива в рабочем состоянии содержат большое количество влаги, то их газификация происходит без дополнительного ввода водяного пара.

Тепло и выделяющиеся в результате горения CO_2, CO и перегретый в окислительной зоне водяной пар направляются в восстановительную зону,

в которой происходит восстановление CO_2 в CO и разложение водяного пара [7].

Изучение протекания реакции углерода с кислородом и выяснение условий, способствующих восстановлению CO_2 и разложению водяного пара, занимают значительное место в понимании процесса газификации топлива.

Источники

1. Козлов А.Н. Обзор современных тенденций развития технологий газификации твердых топлив / А. Н. Козлов // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2021. – № 1. – С. 130-148. – DOI 10.31857/S0002331021010088.

2. Асанов А.А. Современные тенденции развития газогенераторных установок на угле / А. А. Асанов, С. А. Аликеев, Т. С. Абдыкадыров // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. – 2013. – № 4. – С. 85-89.

3. Бойко Е.А., Пачковский С.В. Кинетическая модель термохимического превращения твердых органических топлив // Журнал прикладной химии. 2004. №9. С. 1558-1567.

4. Донской, И. Г. Влияние состава угольно-биомассного топлива на эффективность его газификации в газогенераторах поточного типа / И. Г. Донской // Химия твердого топлива. – 2019. – № 2. – С. 55-62. – DOI 10.1134/S002311771902004X.

5.Савина М.В., Тимофеева С.С. Разработка схемы использования генераторного газа из низкосортного угля в ПГУ / М. В. Савина, С. С. Тимофеева // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 2(50). – С. 66-77.

6.Тимофеева, С. С. Исследование режимных параметров поточного газогенератора при газификации твердого топлива / С. С. Тимофеева, Г. Р. Мингалеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 16. – С. 216-223.

7. Совершенствование способов получения синтез-газов из низкосортных топлив / А. Ф. Рыжков, В. Е. Силин, А. В. Попов [и др.] // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – 2011. – № 3(8). – С. 3-8.

УДК 621.548

ВРЕДНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Нияз Рамилевич Мингазов[1], Марина Сергеевна Новоселова[2]
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Г.Р. Мингалеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]niyaz-kazan01@mail.ru, [2]nova-mara0607@list.ru

Аннотация. Ужесточение экологических стандартов требует нового подхода к развитию электроэнергетики. Ветровая энергетика – это перспективное современное направление в отрасли альтернативной энергетики. Ветроэнергетику можно считать самой чистой в отношении влияния на окружающую среду. Однако, не смотря на все преимущества, ветроэнергетика имеет свои отрицательные стороны, которые рассмотрены в статье.

Ключевые слова: ветроэнергетика, окружающая среда, воздействие.

HARMFUL ENVIRONMENTAL IMPACT OF WIND POWER PLANTS

Niyaz R. Mingazov[1], Marina S. Novoselova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]niyaz-kazan01@mail.ru, [2]nova-mara0607@list.ru

Abstract. The tightening of environmental standards requires a new approach to the development of the electric power industry. Wind power is a promising modern direction in the alternative energy industry. Wind power can be considered the cleanest in terms of environmental impact. However, despite all the advantages, there are also negative aspects that are considered in the article.

Keywords: wind power, environment, impact.

Ветроустановки при внедрении в экосистему не требуют больших затрат на строительство, небольшие сроки возведения также малы. Одним из несовершенств ВЭУ является влияние на орнитофауну, морскую фауну (при размещении ветрогенераторов в море, океане), а также на птиц и летучих мышей. [1] В самом начале построек полей ветряных установок не учитывались маршруты животных и насекомых. Живые существа помимо опасности попадания в лопасти установки, попадают в область низкого

давления, тянущейся за лопастью, из-за чего в организме разрушаются капилляры, в следствии чего животное может погибнуть. В связи с этим необходимо строить ВЭУ в той местности, где исключено расположение маршрутов перелета птиц.

В отличии от традиционной энергетики ветроустановки при работе не выделяют опасных выбросов CO2 и NOx. Но у ВЭУ также есть недостатки. В отличии от солнечных панелей ветровые установки создают шумовое загрязнение. Аэродинамический шум (при скорости вращения лопастей 10-12 оборотов в минуту, скорость на концах лопастей может достигать 300 км/ч) при вращении лопастей в различном звуковом спектре, также возникает механический шум при работе редуктора для передачи от ветроколеса к генератору, также механический шум возникает из-за работы редуктора. [2] Уровень шума непосредственно рядом с генератором достигает 100 дБ, что близко к болевому порогу человеческого уха. На расстоянии 350 метров от ВЭУ величина шума около 45 дБ. [3] Шумовое загрязнение приводит к нарушению ориентирования в пространстве многих животных.

При работе ветроустановок возникает вибрация, которые появляются в связи с работой лопастей и редуктора. В настоящий момент идут исследования для минимизации низкочастотной вибрации. Ветровые генераторы – источники инфразвука. Загрязнение такого типа также оказывает негативное воздействие на обитателей окружающей среды. Животные стараются покинуть территорию, что приводит к нарушению и разрушению пищевых цепочек. Также воздействие инфразвука вызывает у людей тошноту, головокружение и чувство страха, изменение артериального давления, нарушение зрения и вестибулярного аппарата. Но воздействие ВЭГ на людей можно избежать за счет благоразумного размещения установки на расстоянии более трёх сотен метров от жилых домов. [4] При этом необходимо учесть розу ветров и высоту ближайших зданий на предполагаемом месте сооружения ветроустановки. Влияние на земельные ресурсы. Фундамент ветряка занимает большую площадь, также при его монтаже изменяются свойства почвенного слоя. Это сокращает площадь, пригодную для сельскохозяйственных угодий. Площадь, занимаемая ВЭУ, составляет 200 – 400 м^2. Также стоит учесть вероятного попадания строительного мусора в почву. [5]

Несмотря на наличие проблем со снижением вибрации, шумовых помех при работе, ветроэнергетика является перспективным направлением в изолированных районах и территорий с дефицитом электроэнергии.

Источники

1. Беляева Д.А. Ветроэнергетических станций преимущества и недостатки // Строительство и реконструкция: Сборник научных трудов 3-й Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Курск, 28 мая 2021 года / – С. 59-61. – EDN HLRXLN.

2. Пирогова Т.О. Отрицательные стороны использования ветроэнергетических станций // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Том II. – Казань: КГЭУ, 2020. – С. 358-362.

3. Михалычева Э.А. Экологические аспекты строительства и эксплуатации ветроэнергетических станций // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2013. – № 2(80). – С. 121-122. – EDN VPEJIC.

4. Табунщиков А.Т. Возмещение вреда, причиненного использованием ветроэнергетических станций // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 34. – С. 2002-2007. – EDN AUNNGX.

5. Москаленко Н.И. Моделирование радиационного теплообмена в средах, возмущенных сильными антропогенными и природными воздействиями. Структурные и математические модели // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – № 3-4. – С. 28-37. – EDN SGFOSD.

УДК 621.311

РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Александр Сергеевич Михайлов[1], Ринат Марсович Галимов[2]
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.Н. Маслов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1] alexmikhaylov24@gmail.com, [2] cheerfulandhigh@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ текущей ситуации в Республике Башкортостан в сфере энергетики, рассматривается актуальность использования возобновляемых источников энергии в Республике Башкортостан, их перспектива, а также сделан вывод об их будущем вкладе в развитие региона.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, Республика Башкортостан.

DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Alexander S. Mikhailov[1], Rinat M. Galimov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1] alexmikhaylov24@gmail.com, [2] cheerfulandhigh@mail.ru

Abstract: The article presents an analysis of the current situation in the Republic of Bashkortostan in the field of energy, considers the relevance of the use of renewable energy sources in the Republic of Bashkortostan, their prospects, and also concludes about their future contribution to the development of the region.

Keywords: renewable energy sources, Republic of Bashkortostan.

Не для кого не секрет, что большинство энергии России приносят невозобновляемые источники энергии. Традиционная энергетика и, соответственно, вырабатывающие их электростанции являются на сегодняшний момент основным поставщиком электроэнергии в мире.

Для сравнения: возобновляемые источники энергии приносят России лишь 0,3% всей электроэнергии, что явно не идет сравнение с частью, которую приносят традиционные методы получения энергии. Эта тенденция для России весьма закономерна, так как в отличии от стран Европы, Россия имеет огромные запасы топливных ресурсов [1-3].

И все же развитие возобновляемых источников энергии неизбежно, ведь запасы, какими бы большими они не были, когда-нибудь, но закончатся. Использование возобновляемых источников энергии положительно повлияет на экологию в стране. К тому же, не стоит забывать, что Россия обладает не малыми территориями, вследствие чего, многие непригодные для других целей, земли можно использовать для добычи энергии из возобновляемых источников. Именно поэтому России необходимо развивать данную сферу энергетики.

Для Республики Башкортостан этот вопрос является наиболее актуальным, так как регион является одним из наиболее энерго дефицитных, входя в десятку самых проблемных регионов по энерго обеспечению. Подобная тенденция негативно влияет на развитие региона, ибо это вызывает отток инвестиций, а что самое главное, от недостатка электроэнергии страдает производство республики [3-5].

Регион крайне сильно зависит от соседних, откуда приходится поставлять недостающую электроэнергию, а также необходимые для работы производств топливных ресурсов. При все при этом, регион имеет негативную тенденцию развития сферы энергообеспечения. С каждым годом регион потребляет все больше электроэнергии, однако количество вырабатываемой энергии падает, вследствие устаревания эксплуатируемого оборудования, что опять же компенсируется ввозом из вне.

Сложившуюся проблему могли бы решить возобновляемые источники энергии. Например, Башкирия обладает большим количеством рек, которые могли бы быть использованы для получения энергии с помощью специальных станций. Также, очевидно, регион может рассчитывать на получение электроэнергии при помощи солнца и ветра.

Многое из предложенного уже частично реализовано на территории республики.

Из уже функционирующих в республике можно отметить Нугушскую ГЭС, восемь микро-ГЭС и ВЭС “Тюпкильды”.

Потенциальные энергетические ресурсы рек Башкортостана оцениваются в объеме 7–11 млрд. кВт*ч.

В ближайшее время планируется постройка ВЭС в Белебеевском районе. Из приблизительных подсчетов следует, что на территории республики можно расположить свыше 500 ВЭС, что в год будет приносить практически столько же, сколько теоретическая энергия рек - 6 млрд. КВт*ч за год.

Помимо этого, функционируют восемь солнечных электростанций. В их число входят электростанции в Хайбуллинском, Куюргазинском, Зианчуринском, Бурзянском, Стерлибашевском, Гафурийском, Баймакском районах, а также в Агидели.

Солнечная энергетика в целом является наиболее перспективным возобновляемым источником энергии на территории Республики Башкортостан. Для этого хорошо подходят южные районы республики. С помощью них возможно добиться высоких показателей выработки электроэнергии, которые будут сопоставимы с показателями Центральной и Южной Европы, где развитием данной отрасли занимаются уже долгое время и крайне успешно получают из нее энергию.

Вывод: Возобновляемые источники энергии являются крайне перспективными и актуальными для Республики Башкортостан. Они могли бы помочь в решении давно сложившейся проблемы дефицита электроэнергии в регионе и повысить приток инвестиций в регион.

Источники

1. Каширина Е.С. Возобновляемые источники энергии как фактор развития энергетической системы Республики Башкортостан, 2016

2. Рейтинг регионов по уровню энергодостаточности – итоги 2017 года, РИА Рейтинг

3. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Ахметшин А.Р. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 3(43). С. 47-56.

4. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-2-84-92.

5. Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Энерго-ресурсосберегающий эффект в системах электроснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 1. С. 156-166. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-1-156-166.

УДК 620.91; 621.311.26

ГИБРИДНЫЕ МИНИ-ТЭС НА БИОМАССЕ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ КАК АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Мадина Фаридовна Набиуллина
Науч. рук.д-р техн. наук, доцент Г.Р. Мингалеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
madinanabiullina@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены две конфигурации солнечной энергии и биомассы гибридной мини-ТЭС. Представлены результаты расчета гибридной мини-ТЭС в конфигурации параллельной установки солнечных коллекторов и парового котла на биомассе.

Ключевые слова: гибридные станции, солнечная энергия, биомасса.

HYBRID MINI-THERMAL POWER PLANTS ON BIOMASS AND SOLAR ENERGY AS AUTONOMOUS SOURCES OF HEAT AND ELECTRICITY

Madina F. Nabiullina
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
madinanabiullina@yandex.ru

Abstract. The article considers two configurations of solar energy and biomass of a hybrid mini-thermal power plant. The results of the calculation of a hybrid mini-thermal power plant in the configuration of a parallel installation of solar collectors and a biomass steam boiler are presented.

Keywords: hybrid stations, solar energy, biomass.

Существует большое разнообразие конфигураций гибридных электростанций общего назначения, которые могут включать гидроэнергетику различных форм, геотермальную энергию, концентрированную солнечную энергию (CSP), биомассу и другие. Гибридные электростанции могут даже включать в себя оборудование для производства электроэнергии на основе невозобновляемых источников, таких как природный газ, уголь или даже атомные электростанции [1]. В отличие от солнечной фотоэлектрической и ветроэнергетики, некоторые из этих технологий (включая гидроэлектростанции и геотермальные электростанции) очень специфичны для конкретного объекта и не так легко поддаются общей оптимизации. Однако если соединить солнечную фотоэлектрическую или ветровую энергию с этими установками, их параметры производительности с точки зрения обеспечения переключения энергии, увеличения стоимости мощности или предоставления услуг могут быть включены в общий процесс оптимизации элементов солнечной фотоэлектрической и ветряной электростанции [2].

Концентрированная солнечная энергия (CSP) является перспективной технологией для гибридизации с другими энергетическими технологиями для производства электроэнергии. CSP может быть легко интегрирована с другими типами энергии в синергетическую систему, которая имеет много потенциальных преимуществ, включая лучшую диспетчеризацию и надежность, повышенную эффективность, уменьшенные капитальные затраты за счет совместного использования оборудования и возможность гибкой работы путем чередования между

источниками энергии, что может привести к повышению общей эффективности за счет сочетания различных источников энергии [3].

Рассмотрим различные конфигурации установки солнечных коллекторов и парового котла на биомассе.

На рис.1 представлен котел на биомассе в качестве резервного котла. В этой конфигурации котел на биомассе предназначен для нагрева теплоносителя, поступающего от солнечного коллектора, вместо воды. Такая конструкция требует, чтобы котел на биомассе обладал очень эффективной динамической характеристикой, чтобы адаптировать его к изменчивости условий солнечного излучения [4].

Рис. 1. Гибридная конфигурация CSP и биомассы с включением котла на биомассе в качестве резервного

В случае параллельного подключения солнечного коллектора и котла на биомассе (рис. 2) как солнечная, так и биомассовая системы способны генерировать перегретый пар. Оба потока соединены вместе для увеличения выработки энергии. Чтобы поддерживать соответствующие условия подачи пара, объем воды, подаваемой через котел на биомассе, регулируется в зависимости от солнечного излучения и пара, генерируемого солнечным полем. Котел на биомассе работает на разной мощности, в зависимости от вклада солнечной энергии, для получения постоянной выработки электроэнергии.

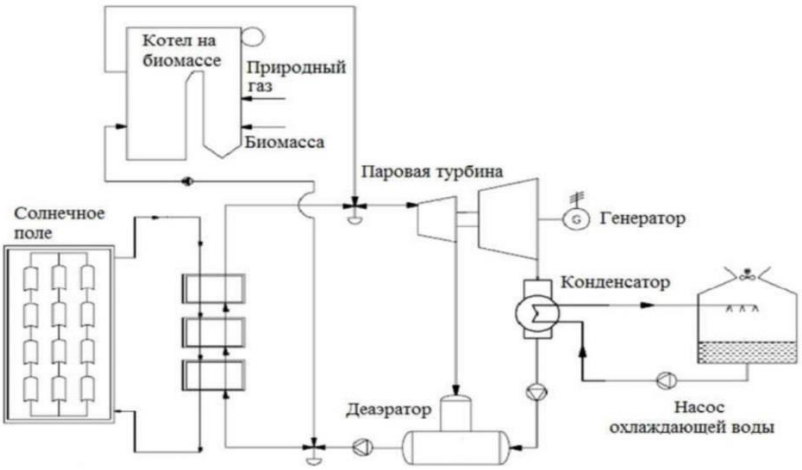


Рис. 2. Гибридная конфигурация солнечной энергии и биомассы с параллельными установками CSP и биомассы

В данной работе более подробно рассмотрена схема гибридной мини-ТЭС мощностью 10 МВт с использованием солнечной концентрированной энергии и биомассы с параллельно установленными CSP-панелями и блоками использования биомассы. Расчетная ежемесячная выработка электроэнергии в данной конфигурации показана в таблице 1.

Таблица 1

Расчетная ежемесячная выработка электроэнергии на основе сжигания биомассы и CSP

	CSP, кВт·ч	Биомасса, кВт·ч	Солнечная инсоляция, Вт/м²
Январь	209,44	1695,15	680,0
Февраль	443,52	1461,07	1440,0
Март	868,56	1036,03	2820,0
Апрель	1321,31	583,28	4290,0
Май	1700,15	204,44	5520,0
Июнь	1826,43	78,16	5930,0
Июль	1761,75	142,84	5720,0
Август	1382,91	521,68	4490,0
Сентябрь	880,88	1023,71	2860,0
Октябрь	465,08	1439,51	1510,0
Ноябрь	255,64	1648,95	830,0
Декабрь	166,32	1738,27	540,0

ИТОГО	11281,98	11573,1	36630,0

Основываясь на стандартных условиях солнечного излучения [5], результаты в таблице 1 показывают максимальную мощность CSP в летний период (1826,43 кВт·ч в июне), в течение которого установка на биомассе достигает минимальной нагрузки. Напротив, биомасса достигает 90% энергетического вклада в зимние месяцы.

Источники

1. Нгуен Д.Т. Оценка энерго- и ресурсосберегающего эффекта при внедрении гибридных объектов малой распределенной генерации в республике Вьетнам / Д.Т.Нгуен, Г.Р.Мингалеева, М.В.Савина // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2019. – Том 21, № 5 – С. 132-140.

2. Dykes K., King J., DiOrio N., King R., Gevorgian V., Corbus D., Blair N., Anderson K., Stark G., Turchi C., and Moriarty P. Opportunities for Research and Development of Hybrid Power Plants //Technical Report NREL/TP-5000-75026 - 2020. [Электронный ресурс]. URL: https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75026.pdf (дата обращения 10.11.2022).

3. Nathan G. J., Jafarian M., Dally B. B., SawW. L., Ashman P. J., Hu E., & Steinfeld A. Solar thermal hybrids for combustion power plant: Agrowingopportunity // Progressin Energy and Combustion Science. 2018. V.64. P.4–28.doi:10.1016/j.pecs.2017.08.002

4. T. Srinivas, B.V. Reddy, Hybrid solar–biomass power plant without energy storage, Case Studies in Thermal Engineering, Volume 2, 2014, P.75-81.

5. Значение солнечной инсоляции в г. Казань (Республика Татарстан) [Электронный ресурс]. URL: https://www.betaenergy.ru/insolation/kazan/ (Дата обращения 19.10.2022).

УДК 621.438

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВА ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Марина Сергеевна Новоселова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.В. Титов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
nova-mara0607@list.ru

Аннотация. В газотурбинных установках используется жидкие или газообразные топлива, однако предпочтительным считается газообразный топливный газ, в частности природный газ благодаря своим энергетическим свойствам. Также в настоящее время рассматриваются возможности применения других видов топлива в целях повышения технико-экономических характеристик ГТУ. В статье рассматриваются новые перспективные топливные газы.

Ключевые слова: газотурбинные установки, топливо, топливный газ.

PROMISING TYPES OF FUEL FOR GAS TURBINE UNITS

Marina S. Novoselova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
nova-mara0607@list.ru

Abstract. Gas turbine units use liquid or gaseous fuels, but fuel gas, in particular natural gas, is preferred due to its energy properties. The possibility of using other types of fuel to improve the technical and economic characteristics of the GTU is also being considered. The article looks at some of the promising fuel gases.

Keywords: gas turbine units, fuel.

В настоящее время самым распространенным видом топливо для газотурбинных установок является природный газ, имеющий разный состав компонентов благодаря различиям мест добычи, за счет высокой теплотворной способности, составляющей в среднем 33-34 МДж/м^3, и низкой стоимости [1]. Однако сейчас рассматриваются и другие виды топлива, например: биогаз, получаемый из органических отходов жизнедеятельности человека, водород, попутный газ, добываемый совместно с нефтью, синтез-газ, производимый тремя методами: газификацией угля, конверсией метана и парциальное окисление углеводородов.

Использование биогаза как топлива для ГТУ позволяет утилизировать пищевые, сельскохозяйственные и прочие отходы и материалы органического происхождения, считающиеся возобновляемым источником энергии, и решить тем самым проблему их захоронения. В зависимости от исходного материала для производства биотоплива низшая теплота сгорания может варьироваться от 16-17 (для текстиля, бумажной продукции и кожи) до 41-46 МДж/кг (для полистирола и полиэтилена), что говорит о сравнимом с природным газом потенциалом [2].

Водород является перспективным видом топлива, имеющим высокую температуру горения (порядка 2200-2400 К), низкие выбросы CO_2 и теплотой сгорания около 140 МДж/кг, а также является вторичным энергоресурсом, что означает его низкую стоимость. Однако водород как самостоятельное топливо имеет ограничение в связи с тем, что ГТУ используются в составе ПГУ, следовательно, ограничивается температура горения в камере сгорания газовой турбины для поддержания оптимальной температуры газов для котла-утилизатора. Поэтому водород также используют для смеси с природным газом для удешевления производства электроэнергии за счет снижения расхода топливного газа и его конечной стоимости [3, 4].

Применение как топлива для газотурбинной установки попутного нефтяного газа (ПНГ) решит вопрос его утилизации. Однако значимой проблемой для достижения этого является широкая вариативность состава ПНГ в зависимости от месторождения и высокое содержание в нем примесей. Попутный газ имеет теплотворную способность в пределах 16-64 МДж/кг в зависимости от месторождения [5].

В заключение стоит отметить, что все перечисленные выше виды топлива перспективны и открывают новые возможности для энергетики, в частности, снижение выбросов вредных веществ в атмосферу, удешевление производства электроэнергии, повышение эффективности газотурбинных установок, использование возобновляемых и «зеленых» источников энергии.

Источники

1. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Зунино П., Менделеев Д.И. Влияние состава топлива на энергетические параметры газотурбинной установки // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. №5.

2. Горячев, И. В. Бытовые отходы - источник возобновляемой энергии / И. В. Горячев, А. Б. Бейлин, А. Н. Бобраков // Твердые бытовые отходы. – 2012. – № 3(69). – С. 26-29. – EDN OPZVBX.

3. Марьин, Г. Е. Использование водорода в качестве топливного газа для энергетических ГТУ / Г. Е. Марьин // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых) : Международная молодёжная научная конференция, посвященная 60-летию со дня осуществления Первого полета человека в космическое пространство и 90-летию Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ. Материалы конференции. Сборник докладов. В 6-ти томах, Казань, 10–11

ноября 2021 года. – Казань: Индивидуальный предприниматель Сагиева А.Р., 2021. – С. 274-277. – EDN QGKLOT.

4. Марьин, Г. Е. Перспективы применения водорода в энергетике / Г. Е. Марьин, Ю. В. Сопина // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 20 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 4160-4163. – EDN DFRRQF.

5. Шершнев, О. В. Опыт применения ДКУ ENERPROJECT при утилизации попутного нефтяного газа в качестве топлива для ГТ ЭС / О. В. Шершнев // Территория Нефтегаз. – 2011. – № 6. – С. 38-41. – EDN NXZHUB.

УДК 621.3

ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Эвелина Игоревна Сайфуллина
Науч. рук. стар.преп. Г.Е. Марьин.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Sajfullina1@bk.ru

Аннотация. В данной статье представлен обзор и анализ теплообменных аппаратов высокого давления. Рассмотрены схемы и проанализирована их эффективность.

Ключевые слова: теплообменные аппараты, ТЭС, питательная вода, подогреватели, эффективность.

HIGH PRESSURE HEAT EXCHANGERS

Evelina I.Sajfullina
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Sajfullina1@bk.ru

Abstract. This article presents an overview and analysis of high-pressure heat exchangers. Schemes are considered and their efficiency is analyzed.

Keywords: heat exchangers, thermal power plants, feed water, heaters, efficiency.

Теплообменные аппараты высокого давления необходимы в теплоэнергетике и в химической промышленности. Они служат для повышения эффективности тепловых электрических станций за счёт подогрева питательной воды после деаэратора перед тем, как ее подают в котел на производстве [1].

Теплообменные аппараты подразделяются на разные виды групп в зависимости от типа конструкции, назначения, а также взаимодействия сред.

При выборе теплообменника учитывается технический уровень устройств. Относительный уровень определяется при сравнении устройства с характеристиками абсолютного технического уровня. Перспективный уровень предусматривает совокупность технических показателей. Показатели долговечности и надежности устройств очень важны для теплообменных аппаратов [2].

На рис. 1 представлен подогреватель высокого давления с поверхностью теплообмена, который выполнен из труб с диаметром 16 мм.

Рис. 1 Теплообменник высокого давления

Пластинчатый разборный служит наиболее распространенным и новейшим теплообменным аппаратом на сегодняшний день. Данный теплообменник состоит из 2 основных пластин: подвижной и неподвижной прижимных плит. Обе плиты имеют пару отверстий. На рис. 2 представлено изображение примера теплообменного аппарата.

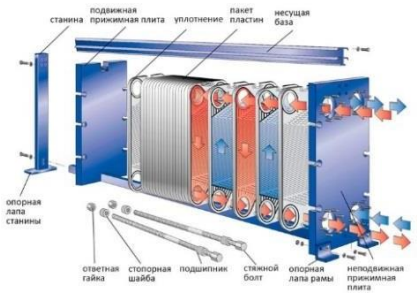


Рис. 2 Устройство РПТО

Среди большого разнообразия видов теплообменных аппаратов следует уделить внимание пластинчатым, поскольку именно они на данный момент в большинстве случаев используются на производстве. Их востребованность объясняется немалым количеством преимуществ [3].

При формировании пластинообразных теплообменников пластинки, чаще всего, выбирают из количества массово выпускаемых индустрией, так как формирование новых пластинок считается довольно затратным. Количество пластин выбирают и назначают, исходя из показаний теплового и гидравлического расчетов.

Пластинчатые теплообменники широко используются в решениях получения горячей воды для бытовых нужд, так как они эффективны и за счёт этого экономят пространство, нежели по сравнению с резервуарами горячей воды.

Однако, теплообменники высокого давления имеют ряд недостатков. Такие как загрязнение и особая эксплуатация в сфере теплоэнергетики. Современные технологии позволяют при очистке теплообменников удалить стойкие отложения и отложения в трубах без агрессивных средств с помощью технологии высокого давления «KAMAT» [4].

Система TORNADO, разработанная компанией «KAMAT», оснащенная приводом и направляющей для шланга высокого давления, обеспечивает высокопроизводительную систему очистки. Даже на поверхностях с большим количеством изгибов, трубы очищаются от стойких отложений и улучшается их производительность.

Таким образом, теплообменники высокого давления позволяют увеличить поверхность теплообмена между средами, а также повысить КПД аппарата [5].

Источники

1. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Ахметшин А.Р. Повышение эффективности парогазовой установки за счет охлаждения поступающего воздуха с помощью абсорбционной холодильной машины // Серия конференций ИОФ: Материаловедение и инженерия. 2019. Том. 643.

2. Менделеев Д.И., Галицкий Ю.Ю., Марин Г.Е., Ахметшин А.Р. Изучение работы и повышение эффективности парогазовых установок // E3S Web of Conferences. 2019. Том. 124. номер статьи 05061. DOI 10.1051/e3sconf/201912405061.

3. Менделеев Д.И., Марин Г.Е., Ахметшин А.Р. Внедрение и использование газовых турбин с абсорбционной холодильной машиной в

технологических схемах тепловых электростанций // Международная мультиконференция по промышленному инжинирингу и современным технологиям (FarEastCon) 2019. 2019. № статьи 8934431. DOI 10.1109 / FarEastCon.2019.8934431.

4. Ольховский Г.Г. Перспективные газотурбинные и парогазовые установки для энергетики (обзор) / Г.Г. Ольховский Г.Г. // Теплоэнергетика. – 2013.

5. Бурдыгина Е.В., Трофимов А.Ю., Хафизов Ф.М. Эффективность работы теплообменной аппаратуры технологических установок НПЗ // В сборнике: Трубопроводный транспорт - 2011 Материалы VII Международной учебно-научно-практической конференции. 2011. С.223-224.

УДК 621.311

ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ДЕФЕКТЫ ГАЗОВОЗДУШНОГО ТРАКТА ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Михаил Олегович Смышляев[1], Вадим Андреевич Абрамов[2]
Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор Н.И. Москаленко
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]mishka.smsh@gmail.com, [2]abramovbadim@gmail.com

Аннотация. Газотурбинный двигатель сложный, технологичный агрегат, включающий в себя множество деталей и узлов, изготовленных с высокой точностью, работающий при высоких нагрузках и различных климатических условиях. При этом, как и любая другая техника подвержен отказам. В статье представлены наиболее распространённые причины отказов ГТД.

Ключевые слова: газовоздушный тракт, эрозионный износ, высокотемпературная газовая коррозия.

COMMON DEFECTS OF THE GAS-AIR PATH OF GAS TURBINE ENGINES

Mikhail O. Smyshlyaev[1], Vadim A. Abramov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]mishka.smsh@gmail.com, [2]abramovbadim@gmail.com

Abstract. A gas turbine engine is a complex, technologically advanced unit that includes many parts and assemblies manufactured with high precision, operating under high loads and various climatic conditions. At the same time, like any other technique, it is prone to failures. The article presents the most common causes of gas turbine engine failures.

Keywords: gas-air path, erosive wear, high-temperature gas corrosion.

Опыт эксплуатации ГТД показывает, что наиболее характерно отказы двигателей происходят по дефектам, носящим конструктивно-производственные причины. Однако они появляются и по эксплуатационным причинам, таким, как попадание воды, грязи, птиц и других посторонних предметов при запуске и работе, а также при работе на некондиционном топливе.

Среди отказов ГТД различают параметрические (постепенные), обусловленные выходом какого-либо параметра за установленный допуск, и внезапные, обусловленные разрушением отдельных деталей и узлов двигателей [1]. Рассмотрим часто встречающиеся отказы ГТД в условиях эксплуатации, а именно разрушение узлов газовоздушного тракта, и разберем причины их возникновения.

Дефекты лопаточной части осевого компрессора.

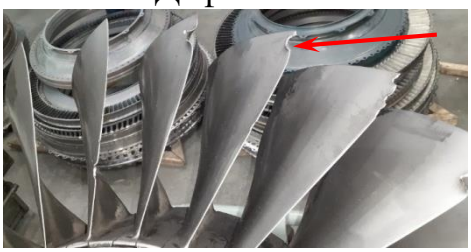


Рис. 1. Вид забоин, вмятин, вырывов материала на рабочих лопатках 1-ой компрессора.

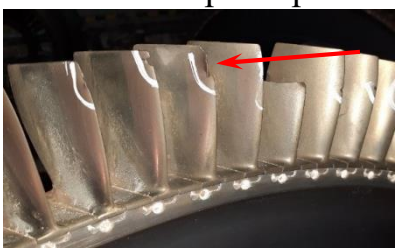


Рис. 2. Вид забоин на рабочих лопатках и обрыва ½ части пера рабочей лопатки 8-й ступени ротора КВД.

Значительные повреждения рабочих (роторных) лопаток компрессора (рис. 1, 2) могут происходить в результате попадания в ГВТ двигателя со стороны входного устройства, разрушенных фрагментов у элементов конструкции ВОУ.

При этом обрыв лопатки происходит от развития трещины с началом от грубой забоины на входной кромке, которая является концентратором напряжений, вследствие чего, под действием рабочих нагрузок началось развитие трещины.

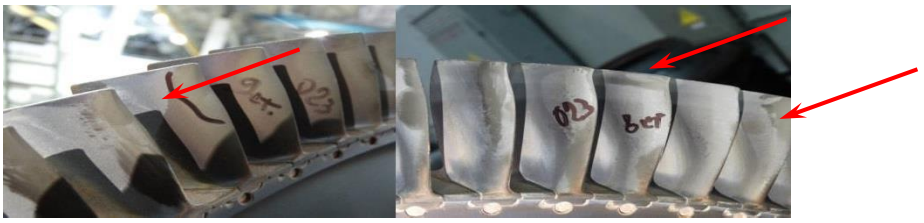


Рис. 3. Вид эрозионного износа входных кромок лопаток в периферийных сечениях в рабочих колёсах 8 и 9 ступеней компрессора.
а) Рабочие лопатки 8 ступени компрессора. б) Рабочие лопатки 9 ступени компрессора.

В процессе эксплуатации в сложных климатических условиях (запыленной атмосфере) двигателя с попаданием в ГВТ недостаточно очищенного воздуха происходит эрозионный износ профиля пера лопаток (см. рис. 3). Поступающая пыль оказывает эрозионное воздействие на лопатки компрессора и турбины, а также может осаждаться в виде твердого осадка на деталях горячей части двигателя. Характер влияния запыленного воздуха на работу двигателя зависит от физико-химической природы пыли, ее дисперсного состава и концентрации пыли в общем объеме воздуха, засасываемого компрессором двигателя. Газовые турбины нередко работают на топливе, содержащем повышенную концентрацию серы, что приводит к постепенному накоплению на поверхности лопаток осадка соли и протеканию сульфидной коррозии [2]. В составе топлив нередко присутствует ванадий, легкоплавкие оксиды которого вызывают разрушение поверхностного слоя лопаток газовых турбин [3-5]. Высокотемпературное окисление жаропрочных никелевых сплавов в сочетании с сульфидной и ванадиевой коррозией, а также эрозией существенно ограничивают ресурс лопаток.

Источники

1. Абдельвахид М. Б. Методика оценки влияния климатических условий и эрозионного износа на характеристики ТРДДФ. … дис. к-та техн. наук. Москва, 2014.

2. Нарушко, Е. О. Защитные покрытия от высокотемпературной газовой коррозии лопаток осевого компрессора в авиастроении // Инженерно-педагогическое образование в XXI веке: материалы VII Республиканской научно-практической конференции молодых ученых / Белорусский национальный технический университет; гл. ред. С. А. Иващенко [и др.] – Минск: БНТУ, 2011. – Ч. 2. – С. 110-115.

3. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92.

4. Менделеев Д.И., Марьин Г.Е., Ахметшин А.Р. Показатели режимных характеристик парогазового энергоблока ПГУ-110 МВт на частичных нагрузках // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 3(43). С. 47-56.

5. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р., Савина М.В. Добавление водорода к топливному газу для повышения энергетических характеристик газотурбинных установок // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. Т. 25. № 3(158). С. 342-355.

УДК 620.952; 631.363

ПОДГОТОВКА ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ ДЛЯ СЖИГАНИЯ В КОТЛАХ

Эльнар Владикович Сулейманов
Науч. рук.д-р техн. наук, доцент Г.Р. Мингалеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
elnar.sulejmanov@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются все актуальные способы подготовки топлива на основе древесной биомассы и их применение для сжигания в котлах. Проанализированы преимущества и недостатки древесной биомассы. Также рассматриваются проблемы и перспективы производства топлива на основе биомассы и использования в котельных установках.

Ключевые слова: биомасса, сжигание, древесное топливо, возобновляемые источники энергии.

PREPARATION OF BIOMASS-BASED FUEL FOR COMBUSTION IN BOILERS

Elnar V. Suleymanov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
elnar.sulejmanov@mail.ru

Abstract. This article discusses all relevant methods of biomass-based fuel preparation and their application for combustion in boilers. The advantages and disadvantages of woody biomass are analyzed. The problems and prospects of biomass-based fuel production and use in boiler plants are also considered.

Keywords: biomass, combustion, wood fuel, renewable energy sources.

В настоящее время существует большая потребность в использовании альтернативных, возобновляемых источниках энергии. Это обусловлено дефицитом ископаемого топлива, и соответственно, ростом цен в будущем.

Биомасса, в целом, является живой органической массой, которая находится в экосистеме и ее элементах вне зависимости от того, за какое время она образовалась и накопилась. Рассмотрим вид биомассы, являющийся более актуальным для нашей темы [1].

Биотопливо, получаемое из древесины, имеет ряд преимуществ и недостатков. Одним из преимуществ является возобновляемость ресурса, так как оно добывается из продуктов растительного происхождения, поэтому теоретически является безграничным. Вторым достоинством можно назвать то, что биотопливо содержит меньше токсичных примесей по сравнению с традиционными видами топлива.

Однако, имеются и свои недостатки. Производство биотоплива требует большого количества древесины, а это значит, в стране необходимы большие территории под выращивание сырья [2].

По подсчетам ученых, запасы возобновляемой биомассы в России образуют примерно 3 млрд. тонн, в основном в виде отходов лесной промышленности и сельского хозяйства. Россия – одна из стран, в которой находятся огромные запасы биомассы лесов и растений и составляют 24% от мировых запасов. Российское агентство лесного хозяйства установило общий допустимый уровень вырубки лесов на уровне 670 миллионов кубических метров, однако в 2015 году фактически было вырублено только 203 миллиона тонн древесины. Общий годовой объем древесных отходов, образующихся в результате вырубок в России, составляет 8 милиардов тонн в год. Однако по оценкам экспертов, для производства твердого биотоплива в России используется только 8 миллионов м3 древесных отходов. По оценкам экспертов в России насчитывается около 20 предприятий по производству древесных гранул с производственной мощностью от 30000 до 70000 тонн [3].

Конвертация древесной биомассы в топливо и тепловую энергию производится различными способами: гранулирование, брикетирование, торрефикация.

Гранулирование или брикетирование древесного биотоплива дает возможность улучшить тепловые технические характеристики, обеспечить механическую прочность и транспортабельность топлива. Кроме того, в Российской Федерации активно ведется производство гранулированного топлива, их часть в топливно-энергетическом балансе страны повышается. Гранулированное биотопливо имеет высокую скорость сгорания и значительное теплосодержание.

Последние годы интенсивно ведутся научно-исследовательские работы по изучению процесса торрефикации, который базируется на термической обработке древесного сырья без доступа воздуха. Результатом процесса торрефикации становится гомогенный продукт (биоуголь) с высокой энергетической плотностью, измельчение которого подчиняется тем же законам, что и для углей [4].

В данной работе предложена конструкция котла, работающего на древесных гранулах:

Рис. Котел на топливе в виде древесных гранул.

Принцип работы данного котла – дозированная подача топлива в камеру сгорания в том объёме, которое нужно для получения заданного количества тепловой энергии в определенный момент времени [5].

Источники

1. Исламова С.И., Вачагина Е.К. Исследование эффективности преобразования энергии при термической утилизации древесной биомассы / С.И. Исламова, Е.К. Вачагина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. №9-10. С. 5-6

2. Марьяндышев П.А. Исследование процессов термического разложения биотоплива и разработка способов повышения эффективности его энергетического использования / П.А. Марьяндышев, А.А. Чернов, В.К. Любов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. - №1. – С.23-26.

3. Наянов Е.А., Графкина М.В. Эколого-экономические использования альтернативных видов топлива в Российской Федерации // Инновационная наука. – 2016. – № 8–3. – С.181–183.

4. Ларсон Э., Фиорез Г., Лю Г. Совместное производство обезуглероженного синтетического топлива и электроэнергии из угля + биомасса // Наука об окружающей среде. – 2010. – №3. – С.28-42.

5. Сафин Р.Г., Альмухаметов Р.С., Альджбури А.Х.Х. Установка для получения синтез-газа из древесных отходов // Лесной вестник. – 2017. № 2. – С.61–64.

УДК 621.438

АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ СТАЦИОНАРНОЙ ГТУ НА ОСНОВЕ ПРОТОТИПА

Айрат Ахметович Хасанов
Науч. рук. к-т техн. наук, М.В. Савина
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
hasanov2015@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены основные этапы создания электронной модели элементов конструкции ГТУ с учётом технических характеристик прототипа и возможного варьирования режимными параметрами работы компрессора и турбины ГТУ.

Ключевые слова: САПР, АС ГРЭТ, электронная модель, осевой компрессор, осевая турбина.

ALGORITHM FOR DEVELOPING AN ELECTRONIC MODEL OF A STATIONARY GTU PROTOTYPE

Airat A. Hasanov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
hasanov2015@gmail.com

Abstract. The article considers the stages of creating electronic models of GTU elements.

Keywords: CAD, AS GRET, electronic model, axial compressor, axial turbine.

Современные технологии позволяют цифровым двойникам отражать поведение отдельных физических объектов в режиме реального времени в зависимости от сложности двойника. Например, в области энергетики это может быть отдельная турбина на гидроэлектростанции или в газоперекачивающем устройстве с возможностью контроля ее работы в зависимости от различных внешних условий на протяжении всего жизненного цикла. Каждая такая турбина обладает собственными техническими и эксплуатационными характеристиками, а также степенью износа [1]. Цифровые 3D-модели деталей и сборочных единиц позволяют получить визуальное отображение конструкции изделия в процессе выполнения, как проектных работ, так и производственных операций (отладка, ремонт и т.д.). Параметризация, реализованная в современных САПР, дает возможность изменяя параметрические зависимости, сделать процесс проектирования гибким и удобным. Возможность формирования в виде 3D-моделей параметрической базы данных, становится источником использования моделей типовых конструкций деталей и узлов в проектных работах. Виртуальный анализ сборочных единиц позволяет избежать случайных ошибок. Модели могут использоваться для формирования базы проектных данных, выполнения анимации, демонстрирующей принцип действия разрабатываемого изделия и т.д. После формирования сборочной единицы можно выполнить анализ сборки- разнесение её компонентов, с целью определения нежелательных пересечений и касаний в сборке. Выполняемый анализ позволяет обнаружить ошибки на ранних этапах проектирования и оперативно внести необходимые изменения [2].

В работе [3] предложено использование трехмерной геометрической установки ТГ-16М в учебном процессе. Геометрическая модель, смоделирована с помощью программного обеспечения SolidWorks 2019 и имеет возможность отследить каждую деталь как отдельно, так и в сборке. Также созданы анимированные видеоролики с воспроизведением принципа действия ТГ-16М (последовательная сборка-разборка) и его термогазодинамические характеристики (ТГХ).

В настоящей работе предлагается алгоритм разработки в качестве технического проекта электронной модели газотурбинного двигателя с измененным числом ступеней в компрессоре и турбине и оценка адекватности математической модели расчет ТГХ.

За исходные данные принято, что в состав ГТУ входит осевой компрессор и осевая турбина. Выбор камеры сгорания зависит от типа топлива. Ранее была проведена оценка влияния климатических условий (атмосферного давления, относительной влажности и температуры

наружного воздуха) на характеристики ГТУ GT13E2 и определено, что понижение температуры наружного воздуха на 10°С приводит к уменьшению числа ступеней, а осевая скорость при этом возрастает [4]. Поэтому для расчета осевого компрессора и осевой турбины варьируемыми параметрами являются: расход воздуха и газов, кг/с, температура и давление окружающей атмосферы и газов на входе и выходе из турбины, К, МПа; число оборотов, об/мин; осевая скорость м/с, вид топлива.

По газодинамическому расчету определяются размеры для эскиза проточной части, в частности средний диаметр, размеры лопатки СА и РК (высота, ометаемая площадь и т.д.). Далее проводится профилирование лопатки СА и РК. При этом рассматривается возможность проектирования неохлаждаемой или охлаждаемой ступени турбины с помощью различных средств автоматизации расчетов [5,6].

Суть имитационной модели заключается в том, чтобы на основе параметрической модели элементов конструкции прототипа ГТУ создать сборку в САПР и, изменив геометрические параметры для компрессора и турбины, получить новый эскиз проточной части и рассчитать основные режимные параметры ГТУ (КПД, давление, температура, расход воздуха и т.д.) в АС ГРЭТ.

Источники

1. Брук П. Цифровые двойники, основанные на симуляции мультифизических процессов /П. Брук//САПР и графика. – 2019. – № 7(273). – С. 24-26.

2. Сагадеев В.В. Технологии геометрического моделирования в формировании проектно-конструкторской компетенции/В.В. Сагадеев, Л.А. Смирнова, М.Е. Кирягина//Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2019. – Т.11. – №4(44). – С. 47-54.

3. Чичи И.Ф. Применение технологии трехмерного моделирования ГТУ в образовательном процессе студентов в области энергомашиностроения/И.Ф. Чичи// Тинчуринские чтения-2021 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года/Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая компания "Астор и Я", 2021. – С. 201-205.

4. Ямщиков К.О. Исследование влияния снижения температуры наружного воздуха на эффективность работы стационарной газовой турбины/К.О. Ямщиков, М.В. Савина//Тинчуринские чтения-2021

"Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 2. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая компания "Астор и Я", 2021. – С. 208-211.

5. Данилов М.А. Автоматизированное проектирование и расчет осевой неохлаждаемой ступени турбины малоразмерного ГТД с использованием параметрической трехмерной модели/М. А. Данилов//Авиационные двигатели и энергетические установки: Сборник научных трудов. – Москва: Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, 2020. – С. 265-270.

6. Титов А.В., Осипов Б.М. Инструментальная среда для исследования газотурбинных установок на математических моделях//Вестник КГЭУ.2017.№4(36). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/instrumentalnaya-sreda-dlya-issledovaniya-gazoturbinnyh-ustanovok-na-matematicheskih-modelyah (дата обращения: 11.11.2022).

СЕКЦИЯ 5. Автоматизация технологических процессов и производств

УДК 004.896

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Тамерлан Ильгизарович Абдеев[1], Альбина Радиковна Сахибгареева[2]
Науч. рук. канд. техн. Наук, доц. М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]tamerlan94dew@gmail.com, [2]alya.saxibgareeva.02@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены возможные и существующие варианты использования нейронных сетей в энергетической промышленности. Также предложен способ применения глубокого обучения с перспективой в будущем.

Ключевые слова: Нейронные сети, глубокое обучение, система, эффективность.

THE USE OF NEURAL NETWORKS FOR AUTOMATIC CONTROL OF ELECTRIC NETWORKS

Tamerlan I. Abdeev[1], Albina R. Sakhibgareeva[2],
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]tamerlan94dew@gmail.com, [2]alya.saxibgareeva.02@mail.ru

Abstract. The article discusses possible and existing options for using neural networks in the energy industry. A method for applying deep learning with a future perspective is also proposed.

Keywords: neural networks, deep learning, system, efficiency.

Нейронная сеть представляет собой серию алгоритмов, которые пытаются идентифицировать основные отношения в наборе данных с помощью процесса, имитирующего работу человеческого мозга. В этом смысле они относятся к системам нейронов органической или искусственной природы[1].

Нейронные сети могут адаптироваться к изменению входных данных; поэтому сеть генерирует наилучший возможный результат без необходимости переделывать критерии вывода.

Нейросети используют процесс глубокого обучения, благодаря концепции которого, получили свое название.

Глубокое обучение — это разновидность машинного обучения на основе искусственных нейронных сетей. Процесс обучения называется глубоким, так как структура искусственных нейронных сетей состоит из нескольких входных, выходных и скрытых слоев. Каждый слой содержит единицы, преобразующие входные данные в сведения, которые следующий слой может использовать для определенной задачи прогнозирования. Благодаря этой структуре компьютер может обучаться с помощью собственной обработки данных [2].

Подобные особенности обработки данных сделали нейронные сети будущим энергетической сферы. С помощью глубокого обучения стало возможным прогнозировать расходы энергии для потребителей, оптимизировать процессы генерации, ускорить ремонт и обслуживание систем, обнаруживать максимально быстро неполадки и сбои в работе сети [3].

Возможное применение нейронных сетей в будущем — это создание машины, которая будет повышать КПД станций за счет постоянных вычислений в режиме реального времени [4]. Эту особенность энтропии упоминал Джеймс Клерк Максвелл в мысленном эксперименте под названием "Демон Максвелла", где он описывал процесс разделения молекул на быстрые и медленные, благодаря чему энтропия в конечном состоянии уменьшается. Это противоречит второму началу термодинамики, но если рассматривать замкнутую систему "молекулы-вычисления", то общая хаотичность не изменяется: она лишь концентрируется в вычислениях.

Используя эту идею, мы можем создать машину с нейронной сетью для вычисления траектории движения, скорости и местонахождения молекул, или иных составляющих топлива, с возможностью влиять на эти факторы для увеличения эффективности генератора. Подобная технология является перспективной в будущем, поскольку человечество со временем открывает новые источники энергии, которые необходимо использовать рационально, исключая излишние траты, то есть максимально эффективно.

С помощью нейронных сетей возможно в режиме реального времени следить за ходом реакции в атомных станциях и влиять на различные факторы для стабилизации процесса, что не только повысит энергоэффективность этих предприятий,но и снизит вероятность непредвиденной ситуации или аварии [5].

Таким образом, возможности нейросетей в быстрой обработке массивов данных делают их применение в энергетике неотъемлемой частью в настоящем и будущем, позволяя упростить выработку энергии и

повысить ее эффективность.

Источники

1. Глубокое обучение и машинное обучение в Машинном обучении Azure [Электронный ресурс] https://learn.microsoft.com/ru-ru/azure/machine-learning/concept-deep-learning-vs-machine-learning (дата обращения: 04.11.22).

2. Применение нейронных сетей для диагностики электромеханических систем [Электронный ресурс] https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-dlya-diagnostiki-elektromehanicheskih-sistem (дата обращения: 04.11.22).

3. Применение нейронных сетей для диагностики и контроля цифровых электрических подстанций [Электронный ресурс] https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/52611/1/conference_tpu-2018-C04_p433-434.pdf (дата обращения: 04.11.22).

4. Нейронные сети на службе энергетиков [Электронный ресурс] https://www.osp.ru/os/2016/04/13050997 (дата обращения: 05.11.22).

5. Применение нейронных сетей для решения задач электроэнергетики [Электронный ресурс] https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/97903/1/sueb_2021_046.pdf (дата обращения: 04.11.22).

УДК 004.384

АКТУАЛЬНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ RASPBERRY PI

Данис Радикович. Абдрахманов [1], Руслан Дамирович Садыков[2]
Науч. рук., канд. техн. наук, В.А. Данилов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1] danis1108@mail.ru, [2]rsa00821@gmail.com

Аннотация. В тезисе описываются возможности одноплатных компьютеров, рассматриваются их достоинства и недостатки. Также представлены актуальные альтернативы raspberry.

Ключевые слова: одноплатный компьютер, автоматизация, средства автоматизации, raspberry pi.

CURRENT ALTERNATIVES TO RASPBERRY PI

Danis R. Abdrakhmanov [1], Ruslan D. Sadykov [2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1] danis1108@mail.ru, [2]rsa00821@gmail.com

Abstract. The thesis describes the capabilities of single-board computers, discusses their advantages and disadvantages. Current alternatives to raspberry are also presented.

Keywords: single-board computer, automation, automation tools, raspberry pi.

Автоматизация производства – ключевой фактор развития промышленности, требующий использования самых современных технологий. Основой для автоматизации какого-либо процесса является программируемый логический контроллер (ПЛК) [1].

ПЛК – это техническое средство, выполняющее функции управления физическими процессами в соответствии с заложенным алгоритмом, с применением информации, принятой от датчиков и выводимой на окончательные устройства. В этой статье рассматриваются устройства, способные стать заменой ПЛК, а именно – одноплатные компьютеры [2].

Среди современных одноплатных компьютеров самым популярным является Raspberry Pi. Это одноплатный компьютер, имеющий малые габариты, базирующийся на ARM-архитектуре. Имеет процессор, ОЗУ, видеоускоритель, а некоторые вариации снабжены множеством разъёмов, включая USB, Ethernet и microHDMI [3].

Несмотря на качество и функционал, нынешняя цена на данное устройство отталкивает. Именно поэтому энтузиасты экспериментируют с огромным количеством различных одноплатных компьютеров (SBC). Так на свет и появляются такие устройства, как:

HackBoard 2 - одноплатный компьютер. Размеры платы - 120x80 мм, её основа - 64-х битный Intel Celeron N4020. Компактный, но функциональный. Снабжен кнопкой питания, светодиодным индикатором состояния питания и небольшой батареей RTC.

NVIDIA® Jetson Nano ™ Developer Kit – компьютер с малыми габаритами, но с достаточной мощностью, позволяющий одновременно запускать несколько нейронных сетей для таких задач, как классификация изображений, обнаружение объектов, сегментация и обработка речи.

Rock Pi 4 - небольшой одноплатный компьютер на 6 ядерном Hex Core Rockchip RK3399, достаточно мощный для своего форм-фактора и

цены. Компьютер подходит для применения в качестве 4К мультимедиа приставки, игровой ретро-приставки или простого домашнего сервера.

Orange Pi Zero - по функционалу максимально приближенный аналог Raspberry Pi, но за значительно меньшую цену. Имеет следующие характеристики: 4-х ядерный процессор H2 Cortex-A7, графический процессор Mali400MP2, оперативная память до 512 МБ, поддерживает Wi-Fi, USB 2.0 и TF-карты.

NanoPi R4S - одноплатный headless-ПК с процессором RK3399 и 2-я гигабитными портами Ethernet. Не рассчитан для применения в качестве компьютера, т.к. не имеет видеовыхода. Но имеет крошечные габариты (66×66 мм).

ZeroPi продвигает себя как устройство для разработчиков, занимающихся созданием smart-гаджетов и работающих с IoT-технологиями. Нет видеовыхода, но может использоваться в качестве базы для разработки файлового сервера или роутера. Снабжен 4-х ядерным процессором Allwinner H3, с частотой 1,2 ГГц.

В целом недостатки одноплатных плат следующие:

1) Чувствительность портов к перегрузкам

2) невозможность изменения комплектации (RAM, CPU, GPU)

3) необходимость дополнительных знаний

В противовес этому перечислим достоинства одноплатных компьютеров, объясняющие рациональность их использования как альтернативу ПЛК:

1) Низкое энергопотребление

2) Малые габариты

3) Стандартный набор интерфейсов связи

4) Многозадачность

5) Множество вариантов подключения

6) Достаточная производительность для реализации большинства проектов

7) Возможность регистрации информации и ее хранение [4].

Существует множество одноплатных компьютеров, у каждого устройства свое предназначение. Применение одноплатных компьютеров является недорогим и весьма эффективным решением. Вместе с этим возможность использования аналогов с локально направленным функционалом приведет к еще большей экономии [5].

Источники

1. Каракулов А. С., Федоринов В. С. Использование Raspberry Pi в

качестве ПЛК на примере контроллера для термостата //Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции, г. Томск, 25-30 октября 2021 г. – 2021. – С. 61-62.

2. Максимычев О. И., Либенко А. В., Виноградов В. А. Программирование логических контроллеров (PLC). – 2016.

3. Upton E., Halfacree G. Raspberry Pi user guide. – John Wiley & Sons, 2014.

4. Пантюхин А. Р. Недостатки и преимущества использования одноплатных компьютеров в мобильной робототехнике //Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 12-14 ноября 2014 г. Т. 1.—Томск, 2014. – Изд-во ТПУ, 2014. – Т. 1. – С. 349-350.

5. Берестинов А. А., Кулганатов А. З., Нестеров А. С. Применение одноплатного микрокопьютера Raspberry PI для автоматизации различных процессов //Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. – 2020. – С. 181-183.

УДК 681.516.32

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЫМОУДАЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЗДАНИИ

Даниил Булатович Абзалов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н. В. Богданова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
esports_707@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена разработка и проектирование автоматизированной системы дымоудаления. Актуальность работы заключается в том, что система дымоудаления должна быть грамотно спроектирована, так как при возникновении пожара, она должна обеспечить безопасную эвакуацию персонала из здания и не допустить распространения дыма по зданию.

Ключевые слова: дымоудаление, автоматизация, безопасность, датчики, помещение.

DESIGN OF A SMOKE EXHAUST SYSTEM IN A PRODUCTION BUILDING

Daniil B.Abzalov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
esports_707@mail.ru

Abstract. The article discusses the development and design of an automated smoke removal system. The relevance of the work lies in the fact that the smoke removal system must be competently designed, since in the event of a fire, it must ensure the safe evacuation of personnel from the building and prevent the spread of smoke throughout the building.

Keywords: smoke removal, automation, security, sensors, premises.

В нынешнее время работоспособность любого предприятия целиком и полностью зависит от соблюдения правил пожарной безопасности, ведь на таких объектах находятся множество людей, большинство из которых в случае возникновения пожара не смогут покинуть помещение из-за удушения угарным газом [1]. Для избежания подобных ситуаций была разработана система дымоудаления.

Для грамотного проектирования данной системы любого объекта необходимо определить, что представляет из себя данный объект, а также учесть возможность устранения ложных срабатываний системы [2]. В нашем случае это производственное здание со следующими параметрами: 4 этажа, высота каждого 3,5 м; цех, высота которого 6 м.

Каждый из этажей представляет собой коридор, из которого можно попасть в какой-либо кабинет, а также выйти на лестницу, которая будет являться коридором безопасности [3]. В коридоре безопасности по правилам пожарной безопасности должно быть создано избыточное давление, поддерживаемое в диапазоне от 20 Па до 150 Па, препятствующее распространению дыма, за удаление которого будет отвечать вентилятор дымоудаления, установленный на крыше здания [4]. Поддержание избыточного давления будет осуществлять вентилятор подпора воздуха, обозначенный номером 3 на функциональной схеме, представленной на рисунке 1.

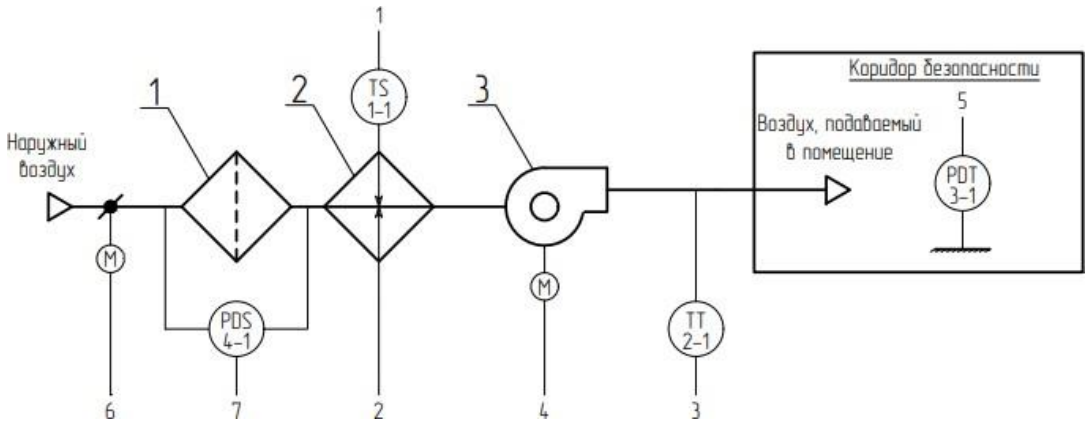


Рисунок 1. Функциональная схема автоматизации подпора воздуха системы дымоудаления.

В качестве центрального сетевого контроллера был выбран С2000М, к которому будет подключён С2000-КДЛ. С2000-КДЛ был выбран в связи с тем, что он имеет адресную систему, а значит оператор, находящийся в комнате охраны всегда будет знать, от куда конкретно поступает тревожный сигнал.

К С2000-КДЛ в свою очередь будут подключаться датчики (извещатели): адресно-аналоговый оптико-электронный (ДИП-34А-03); многодиапазонный (С2000-Спектрон-608); линейный двухпозиционный оптико-электронный С2000-ИПДЛ-Д. Кроме того, к С2000-КДЛ будет подключаться сигнально пусковой блок С2000-СП4, обеспечивающий своевременное закрытие-открытие огнезадерживающих клапанов.

В каждом из помещений следует установить два извещателя ДИП-34А-03, а также один извещатель С2000-Спектрон-608 для того, чтобы обеспечить защиту от ложных срабатываний. Для защиты от ложных срабатываний в контроллере С2000-КДЛ необходимо установить Алгоритм С, который подразумевает собой выдачу сигнала о пожаре только при срабатывании двух пожарных извещателей.

В цеху же будут устанавливаться пожарные дымовые оптико-электронные линейные двухпозиционные извещатели С2000-ИПДЛ-Д, так как основное их предназначение заключается в обнаружении загораний в помещениях, имеющих большую площадь, большую протяжённость или большую высоту потолков, что характерно данному цеху объекта.

Благодаря спроектированной автоматизированной системе дымоудаления удалось обеспечить своевременный вывод дыма из помещений, создать зону безопасности, в которую не проникает дым, а также обеспечить защиту от ложных срабатываний [5]. Не стоит забывать,

что при возникновении пожара, основной задачей системы дымоудаления является освобождение путей эвакуации от дыма.

Источники

1. Рябова В.И., Андреев А.А. Система дымоудаления в многоквартирном доме. // Научные горизонты. 2019 № 9. С. 184-188.
2. Колесниченко Е.Л., Сивков Ю.В., Автоматизация системы пожаротушения и дымоудаления в здании ДК "Строитель" г. Тюмени. // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации). 2014. № 12. С. 240-243.
3. Казанина И.В., Разбицкий Е.В., Автоматизация систем управления метрополитена г. Алматы. // Актуальные научные исследования в современном мире. 2019. № 12. С. 96-101.
4. Киселева А.А., Смирнов В.Д., Внедрение современных систем дымоудаления в производственных помещениях. // Техносферная безопасность. 2019. С. 104-106.
5. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП: проектирование и разработка: учебно-практическое пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2008.

УДК 620.9:004.896

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПО ПРИНЦИПАМ СТРАТЕГИИ 2030

Ангелина Романовна Андреева
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Марат Абдулбариевич Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]melinoehades21@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные концепции стратегии 2030 и ее применение в энергетике. Приведены примеры устранения недостатков существующих автоматизированных систем с применением искусственного интеллекта, машинного обучения и машинного зрения. Необходимость существования стратегии 2030.

Ключевые слова: стратегия 2030, машинное обучение, искусственный интеллект, автоматизация.

AUTOMATION BY THE PRINCIPLES OF STRATEGY 2030

Angelina R. Andreeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
melinoehades21@mail.ru

Abstract. The article deals with the main concepts of Strategy 2030 and its application in the energy sector. Examples are given to address the shortcomings of existing automated systems using artificial intelligence, machine learning and machine vision. The need for the existence of Strategy 2030.

Keywords: strategy 2030, machine learning, artificial intelligence, automation.

Автоматизация технологических процессов привела к весомому упрощению производства, исключила огромную нагрузку, ошибки в следствие человеческого фактора [1]. Однако, человеческий фактор исключен не до конца. Искусственный интеллект внедряется стремительнее с каждым днем, сфера автоматизации и промышленности этого также не избежала. Стратегия 2030 направлена на повсеместное внедрение технологий искусственного интеллекта, виртуализации, оцифровки и применения многих технологий индустрии 4.0 с целью укрепления ключевых промышленных и энергетических объектов [2].

Стратегия 2030 это не только о совершенствовании автоматики методом внедрения искусственного интеллекта, эта стратегия также о вытекающей экономии и наименьшей степени потери энергии и не только. Ни одна система автоматизации не является совершенной, так как допускает потери. Внедрение принципов исследуемой стратегии стремятся уменьшить эти потери и привести автоматизацию к совершенству [3].

Рассматривая энергетическую отрасль, внедрение автоматизации достаточно упрощает работу, позволяя отказаться от постоянного присутствия рабочего персонала, но и при этом дает лучший результат по сравнению с предыдущими технологиями. Примером служит ГТУ, которая увеличивает электрический КПД установок до 57-59%, но при этом имеет свои недостатки, такие как: долгий запуск, низкая надежность конструкции из-за уязвимости для попадания посторонних объектов из отсека[4]. Данные недостатки также устранимы применением искусственного интеллекта, машинного зрения и машинного обучения, которое отлично справляется с производственными процессами за счет оперативной работы с сигналами.

Машинное обучение получает и анализирует закономерности, а затем прогнозирует заданную величину. Помимо анализа существующих закономерностей, данная технология выявляет новые и успешно использует их, что для человека, зачастую, является сложным и затратным по временным ресурсам занятием. Визуализация также относится к данной

технологии, ее преимущество заключается в моделировании данных, что упрощает выбор стратегии [5].

Машинное зрение при этом автоматизируют извлечение, анализ, структурирование необходимых данных, содержащихся в полученных изображения, что позволяет обнаружить дефекты даже на высокоскоростном оборудовании [6].

Применение принципов исследуемой стратегии не только создаст прорыв в автоматизации процессов, но и внесет весомое развитие в пользу экономики и рационального распределения ресурсов. Сравнивая эпоху переворота промышленности искусственным интеллектом с другими переворотами, которые несли огромные потери и долгую адаптацию, можно с уверенностью говорить о перспективе быстрого применения. Технологии цифровизации, роботизации и машинного обучения успешно упрощают нашу жизнь уже в настоящее время, а их применение в масштабной сфере промышленности и энергетики позволят нам улучшить качество, скорость производства и распределение ресурсов в мире. Стратегия 2030 – уверенный шаг в рациональное применение инноваций.

Источники

1. Схиртладзе А.Г., Хомченко В.Г., Федотов А.В. Автоматизация технологических процессов и производств // Абрис. 2012. С. 12.

2. Потапов А.С. Технологии искусственного интеллекта // учебное пособие. 2010 С. 3 – 8.

3. Национальная промышленная стратегия 2030 // Федеральное министерство экономики и энергетики. Берлин. 2019. С. 1 – 18.

4. Рудаченко А.В., Чухарева Н.В., Байкин С.С. Газотурбинные установки // учебное пособие. 2008. С. 17

5. Лимановская О.В., Алферьева Т.И. Основы машинного обучения // учебное пособие. 2020. С. 1 – 6.

6. Селянкин В.В., Скороход С.В. Анализ и обработка изображений в задачах компьютерного зрения // учебное пособие. 2015. С. 7 – 8.

УДК 62-3

УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Дмитрий Витальевич Багинский
Науч. рук к.т.н., доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
megafonn593@icloud.com

Аннотация. В работе представлена технология управления двигателем постоянного тока, регулировка направления и скорости вращения, рассмотрены основные проблемы использования широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Ключевые слова: микроконтроллер, управление, драйвер, транзистор, ШИМ.

DC MOTOR CONTROL

Dmitry V. Baginsky
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
megafonn593@icloud.com

Abstract. The paper presents the technology of controlling a DC motor, adjusting the direction and speed of rotation, the main problems of using pulse width modulator (PWM) are considered.

Keywords: microcontroller, control, driver, transistor, PWM.

В коллекторном двигателе постоянного тока существуют два главных компонента – ротор, совмещенный с валом и состоящий из катушек и статор из неподвижных электромагнитов. Коллектор с помощью щеток служит для переключения выводов катушек внутри ротора.

При старте мотора, ток многократно превышает его номинальный режим что может стать причиной его поломки.

Катушки вырабатывают ток при ходе двигателя, следовательно, наводится ЭДС в противофазе с основной, возрастающая при увеличении скорости [1]

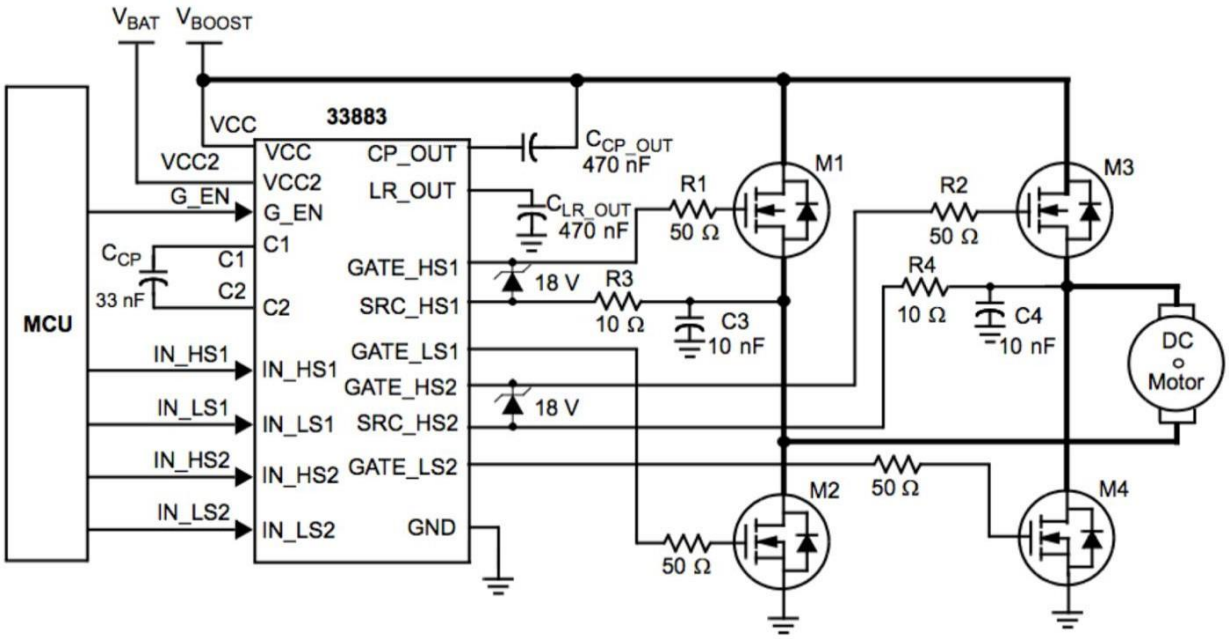
Для вращения мотора необходимо подать напряжение нужного уровня. Направление вращения зависит от полярности поданного напряжения, скорость же определяется его порядком, но при напряжении меньше половины номинального значения вращение мотора прекратится, отчего перегреется и может выйти из строя.

Максимальная мощность мотора требует подачи тока максимального значения, а так как в двигателе постоянного тока зависимость вращающего момента и тока линейная, доступна плавная регулировка. При повышении нагрузки на мотор скорость его падает [2].

Для подключения микроконтроллера требуются силовые ключи. Так как цифровые приборы не смогут выдать ток достаточной величины, который необходим для вращения мотора.

Простейшие электронные ключи в виде одиночных биполярных или полевых транзисторов не смогут обеспечить режима реверсивного движения вала двигателя, а так же требуют включения в схему большого количества дополнительных элементов защиты как самих транзисторов (например, диоды Шоттки для предотвращения перенапряжения вследствие размыкания ключа), так и самого микроконтроллера (например, конденсаторы для гашения помех вследствие искрения щеток коллектора), скорость же вращения будет постоянной.

H-мост необходим для изменения направления вращения вала без использования механического устройства (см. рисунок).



H-мост

При открытии транзисторов M3 и M2 на клеммах мотора сверху будет плюс, а снизу минус. Мотор начнет вращаться. При открытии M1 и M4 полярность сменится, что вызовет вращение в другую сторону [3] Внутри MOSFET транзисторов конструкционно существуют паразитные диоды, защищающие схему при запертых каналах транзисторов. Искрогасящий конденсатор в схеме обязателен для защиты элементов управления.

Драйверы MOSFET транзисторов (на рис. обозначен как 33883), позволяющих коммутировать большие токи, используются при высоковольтных моторах; они управляются низковольтными сигналами микроконтроллера от 2 до 5В, а на выходе выдают напряжение нужного уровня, необходимое для полного открытия MOSFET транзисторов, которое не способен выдать напрямую микроконтроллер (на рис. обозначен как MCU) из-за превышения его на порядок. К достоинству драйверов можно отнести большой импульсный ток, способный ускорить открытие полевых транзисторов. Управление N-канальным транзистором в верхнем ключе лучше организовывать через драйвер, так как требуются напряжения относительно истока и питания мотора [4]

При быстрой подаче и отводе напряжения на моторе его индуктивность воспрепятствует изменению тока, а мотор продолжит вращаться по инерции, среднее напряжение на обмотках упадет.

Микроконтроллер генерирует импульсный ШИМ сигнал, а мотор его усредняет за счёт индуктивности обмоток и инерции ротора, а следовательно, масса ротора и величина нагрузки определяют минимальный уровень частоты, необходимой для более ровного тока, протекающего через мотор, иначе ток спадет до нуля, и вся энергия уйдет в нагрев.

Чтобы выдать ток, необходимый для быстрого открытия транзистора, нужны специальные драйверы; так как микроконтроллер не способен выдать ток такого уровня для его защиты необходимо перед базой MOSFET ставить резисторы (R1, R2 и два нижних у баз транзисторов M2 и M4), что сильно замедляет время открытия. На высоких частотах начитает мешать паразитные ёмкости и индуктивности, поэтому для управления моторами постоянного тока вполне достаточно 10 кГц [5]

Для снижения стартового тока необходимо плавно поднимать на старте частоту ШИМ.

Обязательно наличие конденсаторов (C1-C3, $C_{ср}$) в зоне прохождения больших импульсных токов, иначе напряжение на линии питания будет сильно проседать и микроконтроллер будет постоянно сбрасываться.

Двигатель постоянного тока является неотъемлемой частью таких областей техники, как автомобильная электроника, электропривод, робототехника, а знание управления им необходимо для правильного его использования и диагностики основных узлов регулирования.

Источники

1. Как управлять мотором постоянного тока [Электронный ресурс]. /

http://myowndevice.ru/index.php/theory/item/39-kak-upravlyat-motorom-postoyannogo-toka

2. Логачев И.С., Родин Г.Г. Ремонт обмоток машин постоянного тока – Физматлит, 2020. – 128 с.

3. Шенфер К.И. Динамомашины и двигатели постоянного тока: учебное пособие – Физматлит, 2019. – 328 с

4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. - Изд. 2-е. - М.: Издательство БИНОМ . - 2019.- 704с., ил.

5. Электропривод: учебник / Н.Е. Кабдин, В.Ф. Сторчевой. – М.: МЭСХ, 2021. – 286 с.

УДК 004.735

ПРЕИМУЩЕСТВО БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АСУ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Альберт Хамитович Баймурзин
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.М. Сафаров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
albertkhamitovich@gmail.com

Аннотация. Беспроводные технологии играют важную роль в решении сложных инженерных задач: использование современных, основанных на стандартах беспроводных технологий дает доступ к новым инструментам, которые могут помочь преобразовать и упростить работу автоматизации технологических процессов в рамках Индустрии 4.0. Беспроводная технология предлагает такие преимущества, как экономичность, отсутствие проводов и простота настройки, но только при правильном применении технологии, но промышленные предприятия должны знать о стандартах и потенциальных проблемах.

Ключевые слова: Автоматизация, беспроводные технологии, стандарты, инженерия, преимущества.

ADVANTAGE OF WIRELESS TECHNOLOGIES IN ACS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Albert K. Baimurzin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
albertkhamitovich@gmail.com

Abstract. Wireless technologies play an important role in solving complex engineering problems: the use of modern, standards-based wireless technologies provides access to new tools that can help transform and simplify the work of process automation within Industry 4.0. Wireless technology offers the benefits of cost-effectiveness, no wires, and ease of setup, but only when the technology is applied correctly, but industries need to be aware of the standards and potential issues.

Keywords: automation, wireless technologies, standards, engineering, advantages.

Следующее поколение промышленного прогресса, которое называется Индустрия 4.0, направлено на объединение и компьютеризацию традиционных отраслей, таких как автоматизация. Цель Индустрии 4.0 — сделать заводы «умными» с точки зрения повышения адаптивности и эффективности использования ресурсов, а также улучшения интеграции процессов спроса и предложения между заводами [1].

Совместимость продуктов от разных поставщиков, прозрачность и простота подключения участников сети являются ключевыми факторами, которые помогают определить, является ли беспроводное решение частью методологии индустрии 4.0. Другим ключевым показателем может быть то, предоставляют ли устройства диагностику и Big Data с уровня цеха в облако через стандартизированные протоколы, такие как транспорт телеметрии очереди сообщений (MQTT), OPC-UA и расширенный протокол очереди сообщений (AMQP) [3,4].

Итак, как достигается беспроводная связь? В области автоматизации беспроводные решения должны соответствовать не только стандартам IO-Link конкретной компании, но и международным стандартам. IO-Link для беспроводной технологии является расширением IO-Link на физическом уровне и определяет беспроводную связь между датчиками и контроллерами в отрасли автоматизации. Его также можно интегрировать в ряд промышленных продуктов, чтобы избежать прокладки кабелей. [2].

На данный момент одними из лучших промышленных беспроводных сетей являются Trusted Wireless и WirelessHART с возможностью безопасной и надежной передачи дискретной и аналоговой информации на большое расстояние, что зачастую является ключевым фактором [5]. Но также не стоит забывать о применении WiFi и Bluetooth, их также используют в промышленности для работы на небольших расстояниях.

Рассматривая вопрос частоты работы беспроводных технологий, на территории России наилучший вариант - 2,4 ГГц, используемый в

большинстве беспроводных устройств, обеспечивает покрытие в более широком диапазоне. Но благодаря высокой пропускной способности, данная частота уязвима для широкого списка устройств. Чтобы решить данные недостатки, используют черные списки и адаптивную скачкообразную перестройку частоты в каждом из беспроводных устройств.

Таким образом, как и любой другой аспект автоматизации, беспроводная технология требует тщательного рассмотрения и планирования, чтобы максимизировать ее преимущества. Беспроводные решения – это экономичный и разумный подход к автоматизации процессов, отвечающий промышленным требованиям с помощью простой, надежной и защищенной беспроводной технологии передачи данных.

Источники

1. Хальясмаа А.И., Ревенков И.С., Сидорова А.В. Применение технологии цифрового двойника для анализа и прогнозирования состояния трансформаторного оборудования // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. № 3 (55). С. 99-113.

2. Нургалиев Р. К., Зарипов Р. Н., Флакс Д. Б., Даутова Э. У. Промышленные сети передачи данных // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennye-seti-peredachi-dannyh (дата обращения: 27.10.2022).

3. Игошева А.М. Тенденции развития промышленных сетей и устройств промышленной автоматизации // Перспективы развития информационных технологий. 2015. №26. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-razvitiya-promyshlennyh-setey-i-ustroystv-promyshlennoy-avtomatizatsii (дата обращения: 27.10.2022).

4. Байтимиров А.Д., Шустрова М.Л. Беспроводные технологии в промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №14. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/besprovodnye-tehnologii-v-promyshlennosti (дата обращения: 27.10.2022).

5. Страшун Ю.П. Стандарты беспроводных коммуникаций в АСУ // ГИАБ. 2013. №11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/standarty-besprovodnyh-kommunikatsiy-v-asu (дата обращения: 25.10.2022)

УДК 681.5.015.23

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Разиль Рустемович Башаров
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.М. Сафаров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
basharoff.razil@mail.ru

Аннотация. В статье предложена оптимизация режимов работы дорожно-строительной техники. Для достижения цели были использованы аспекты по временному горизонту, по очередности во времени, по характеру плановых решений.

Ключевые слова: аспекты планирования, коэффициент износа, срок службы до списания, средний ресурс до капитального ремонта.

OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF CONSTRUCTION EQUIPMENT

Razil R. Basharov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
basharoff.razil@mail.ru

Abstract. The article proposes the optimization of the modes of operation of road construction equipment. To achieve the goal, aspects were used according to the time horizon, according to the order in time, according to the nature of planned decisions.

Keywords: planning aspects, depreciation coefficient, service life before decommissioning, average resource before major repairs.

В настоящее время сфера строительства играет важную роль в экономическом развитии страны. Однако, следует отметить, что динамичное развитие этой сферы требует все более рационального использования строительной техники.

Целью исследования является оптимизация режимов работы строительной техники путем использования различных аспектов планирования.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие задачи: построение математических моделей и графиков показателя коэффициента износа используемой техники, срока службы до списания, среднего ресурса до капитального ремонта, а так же, разработка методики оптимизации.

Для решения задачи оптимизации работы были использованы аспекты планирования по временному горизонту, по очередности во времени, по характеру плановых решений.[1]

Благодаря сроку службы до списания, мы определяем тот диапазон планирования, который нам подходит (в нашем случае - это среднесрочное планирование).[2]

Оперативно-календарное планирование позволяет рассчитать годовой режим работы и коэффициент износа. Во избежание каких-либо внештатных ситуаций применяется внеочередное планирование, которое мы определяем из среднего ресурса до капитального ремонта.[3,4]

В нашем случае мы использовали дорожно-строительную технику, так как строительство дорог всегда будет актуальным, по причине того, что процесс износа дорожного покрытия является постоянным.[5]

На основе проделанного исследования мы можем сделать вывод, что с помощью расчетов коэффициента износа используемой техники, срока службы до списания и среднего ресурса до капитального ремонта можно более рационально использовать технику, оптимизировав ее работу.

Источники

1. Низамов Л.В., Чичирова Н.Д. Программный комплекс оптимизации режимов работы теплоэлектроцентрали. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2016. (1-2). С. 64-74. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/programmnyy-kompleks-optimizatsii-rezhimov-raboty-teploelektrotsentrali?ysclid=lb0syae1ij822773373

2. Паздерин А.В., Самойленко В.М., Мухлынин Н.Д., Крючков П.А. Суточное планирование режима работы источников электрической энергии в составе микро- и минигрид // Вестник казанского государственного энергетического университета 2021. Т.13. №4 (52) С. 64-75.

3. Букалова А.Ю., Букалов Г.Э. Сетевое планирование при автодорожном строительстве// Инженерный вестник Дона, 2019, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2019/6013

4. Абакумов Р.Г. Бюджетирование и планирование в строительстве: учебное пособие / Абакумов Р.Г. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. - 266 с.

5. Белецкий Б.Ф., Булгакова И.Г. Строительные машины и оборудование: Справочное пособие для вузов, факультетов и техникумов / Б.Ф. Белецкий. Изд. второе, переработ. и дополн. - Ростов-на-Дону: Изд-во Феникс, 2005. – 608с.

УДК 377.1

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ С ВЫБОРОМ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТАЖЕРОВ МИЦ

Арсений Владимирович Богданов
Науч. рук. канд. техн. наук А.Н. Богданов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Arseniy.bogdanov.97@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме выбора оптимального варианта применения станков с ЧПУ в образовательном процессе для обучения стажёров МИЦ КГЭУ.

Ключевые слова: ЧПУ, образовательный процесс, обучение стажёров.

ANALYSIS OF THE USE OF CNC MACHINES IN THE EDUCATIONAL PROCESS WITH THE CHOICE OF THE OPTIMAL OPTION FOR TRAINING INTERNS OF THE YIC

Arseniy V. Bogdanov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Arseniy.bogdanov.97@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the problem of choosing the optimal option for using CNC machines in the educational process for training interns of the YIC KSPEU.

Keywords: CNC, educational process, trainee training.

С развитием электроники и программного обеспечения все более доступным становится инструментарий цифрового мелкосерийного производства и прототипирования - станки с ЧПУ и 3D-принтеры. И тем больше возможностей появляется у разработчиков новых устройств [1].

То, что раньше требовало при прототипировании значительных трудозатрат, времени и финансовых ресурсов, сейчас может быть реализовано достаточно оперативно и с меньшими расходами [2].

Но для того, чтобы разработчик мог эффективно использовать такой инструментарий с меньшими потерями времени и расходного материала, важным является качественное обучение работе на данном оборудовании [3].

В ходе данной работы был изучен опыт использования станков с ЧПУ в учреждениях среднего и специального образования. В школах такие станки применяются в основном для производства элементов мебели: спинок и сидений для стульев, полок, защитных поверхностей для столов и т.п., которые потом используются самой школой [4].

В МИЦ существует аналогичный подход – разработки резидентов МИЦ должны применяться либо в самом МИЦ, на кафедре, в КГЭУ или в другой организации, связанной с нашим университетом. В своём распоряжении молодежный инновационный центр имеет: фрезерный станок (рис.1) и станок лазерной резки (рис.2)

Рис.1. Фрезерный станок

Рис.2. Станок лазерной резки

Именно на них резиденты МИЦ будут обучаться работе с ЧПУ-оборудованием.

Для обучения резидентов МИЦ были определены задачи, выполнив которые, стажеры с нулевым опытом могли бы и научиться работать на ЧПУ станке:

1. Пройти первичный инструктаж по технике безопасности при работе на станке.

2. Изучить конструкцию и технические особенности данного оборудования.

3. Изучить принцип работы станка [5].

4. Ознакомиться с существующими программами для управления станком.

5. Под руководством опытного пользователя осуществить первый запуск готовой программы и выполнить пробную задачу.

6. Изучить готовую программу и на основе полученных знаний сделать не сложный чертеж.

7. Соблюдая технику безопасности, самостоятельно запустить станок и загрузить программу (сделанный ранее чертеж)

8. Проанализировать результат выполненной работы с точки зрения рационального использования материалов и сделать выводы.

9. Постепенно усложняя задачи, приобретать навыки и совершенствовать свои умения.

Таким образом, резиденты МИЦ, которые выполнят задачи, обозначенные выше, приобретут практические навыки использования станков с ЧПУ при реализации НИОКР.

Источники

1. Теория автоматического управления: учебное пособие/ В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Н.С. Криницын. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 196 с.

2. Власов С.Н., Годович Г.М., Черпаков Б.И. Устройство, наладка и обслуживание металлообрабатывающих станков и автоматических линий: Учебник для техникумов. М.: Машиностроение, 1995. 404 с.

3. Пайвин А.С., Чикова О.А. Основы программирования станков с ЧПУ Учебное пособие «Основы программирования станков с ЧПУ» для студентов направления подготовки: Технология и предпринимательство. Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2015. – 102с.

4. Дерябин А.Л., Эстерзон М.А. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС. М.: Машиностроение, 1989.

5. Босинзон М.А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация. – М.: Академия, 2012. – 192 с

УДК 681.5

МЕСТО АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МИНИ-ТПА В СФЕРЕ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ильгиз Маратович Газизуллин
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.А. Данилов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ilgizgazizullin@mail.ru

Аннотация. В статье предложено решение проблемы высокой стоимости производства небольшой серии пластиковых деталей. В сравнении с классическими термопластавтоматами (ТПА), мини-ТПА требуют значительно меньших затрат на обслуживание и оснастку при производстве деталей объемом до 20 см^3 тиражом до 500 штук.

Ключевые слова: термопластавтомат, издержки, пресс-форма, литье под давлением, формование.

THE PLACE OF AUTOMATED MINI PRESSES IN SMALL-SCALE PRODUCTION

Ilgiz M. Gazizulin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ilgizgazizullin@mail.ru

Abstract. The paper proposes a solution to the problem of high cost of production of a small series of plastic parts. In comparison with classic injection molding machines (IMMs), mini IMMs require significantly lower maintenance and tooling costs when producing parts with a volume of up to 20 cm3 in a run of up to 500 pieces.

Keywords: injection molding machine, costs, mold, injection molding.

Литье под давлением термопластов стало основным средством для производства высококачественной коммерческой продукции. Возможно, в связи с этим успехом, наблюдается постоянное давление, направленное на повышение стандартов качества литьевых деталей при одновременном требовании сокращения времени разработки продукта и стоимости единицы продукции. Можно утверждать, что требования, предъявляемые к процессу формования, часто превышают его возможности. О недостатке возможностей иногда свидетельствуют длительные циклы разработки продукции, чрезмерные затраты на оснастку, низкая производительность процесса и низкое качество продукции [1].

За последние несколько лет мировая экономика существенно выросла, что привело к высокой загрузке производственных мощностей. Инфляция индексов потребительских цен, однако, остается ниже среднего исторического уровня [2]. Возможно, такое противоречивое поведение объясняется попытками производителей оригинального оборудования сдержать и даже снизить стоимость продукции. Например, нередко крупные заказчики требуют ежегодного снижения цен на компоненты на несколько процентов. Если поставщик не удовлетворяет их требования, заказчик уходит в другое место. Таким образом, формовщик испытывает постоянное давление с целью снижения стоимости формованных деталей. Поскольку себестоимость продукции зависит от множества факторов, существует несколько подходов к снижению себестоимости, которые можно и нужно использовать [3]. Потенциал снижения затрат будет обсуждаться в этой статье.

Одним из таких способов оптимизации издержек на оснастку [4] является вывод на рынок недорогих мини-термопластавтоматов (мини-ТПА). Принцип работы предлагаемых машин основан на принципе работы классических ТПА (рисунок 1), но не требует больших средств на изготовление пресс-форм, а также значительных трудозатрат при их замене.

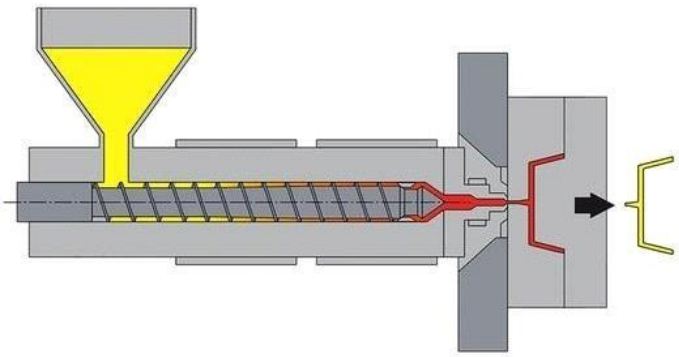


Рис. 1. Принцип работы ТПА

Уменьшенные варианты таких машин позволят значительно быстрее и с меньшими затратами производить небольшие партии (до 500 штук) пластиковых деталей объемом до 20 $см^3$[5].

Проект планируется реализовать в виде тестовой машины. На данный момент разработан каркас и концепция работы мини-ТПА (рисунок 2).

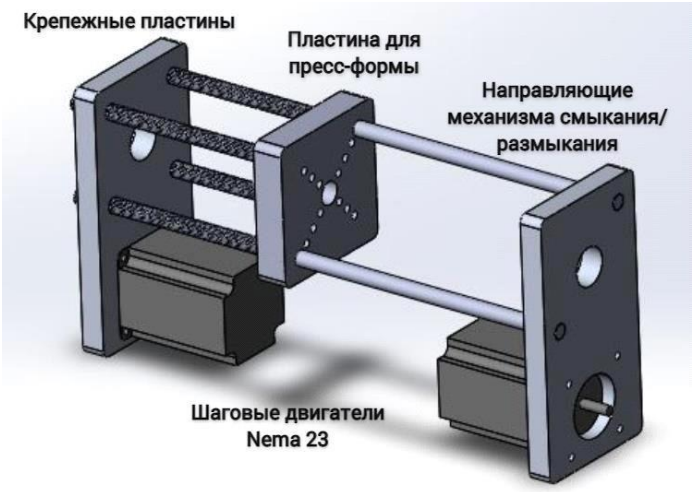


Рис. 2. Каркас разрабатываемого мини-ТПА

Источники

1. Stanek M., Manas M., Manas D., Sanda, S. Plastics Parts Design Supported by Reverse Engineering and Rapid Prototyping // Chemicke listy. – 2009. – Vol. 103. – P.91-95.

2. Kazmer D. Injection Molding Gate Flow Control. Patent US, no. 5,556582, 1996.

3. Kazmer D., Thomas R., Sherbelis G. Polymer Process Engineering // Springer Science & Business Media, 1997.

4. Фетисова, Т.С. Проектирование литьевых форм для изготовления пластмассовых изделий: учеб. пособие / Т.С. Фетисова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 102 с.: обл.

5. Головкин Г.С. Проектирование технологических процессов изготовления изделий из полимерных материалов. — М.: Химия, КолосС, 2007. — 399 е.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

УДК 681.532.5:621.65

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБОРОТОВ ДВИГАТЕЛЯ НАСОСА

Алмаз Айратович Гаянов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Республика Татарстан
Almaz.gayanov@inbox.ru

Аннотация. В статье рассмотрено использование нейронного регулятора для

оптимальной настройки ПИД регулятора в автоматической системе регулирования оборотов двигателя насоса.

Ключевые слова: нейронный регулятор, ПИД регулятор, регулирование, насос.

USING A NEURAL GOVERNOR TO REGULATE PUMP MOTOR SPEED

Almaz A. Gaianov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Almaz.gayanov@inbox.ru

Abstract. The article discusses the use of a neural controller for optimal adjustment of the PID controller in the automatic engine speed control system of the pump.

Keywords: neural controller, PID controller, regulation, pump.

Известно, что традиционно «узким местом» на пути повышения качества даже простых схем регулирования является их неудовлетворительная настройка. Не редко, качество работы обновленных технических средств не удовлетворяет современным требованиям. Их наладка требует привлечения квалифицированных специалистов. Таких специалистов мало. Они стоят дорого. И, как, следствие, современные не дешевые контроллеры не обеспечивают ожидаемого качества работы [1].

Из рис.1. видно, что нейронные сети, в ПИД-регуляторах используются для построения блока настройки его коэффициентов [2]. Нейронная сеть обладает способностью "обучаться", что позволяет использовать опыт эксперта для обучения нейронной сети искусству настройки коэффициентов ПИД-регулятора.

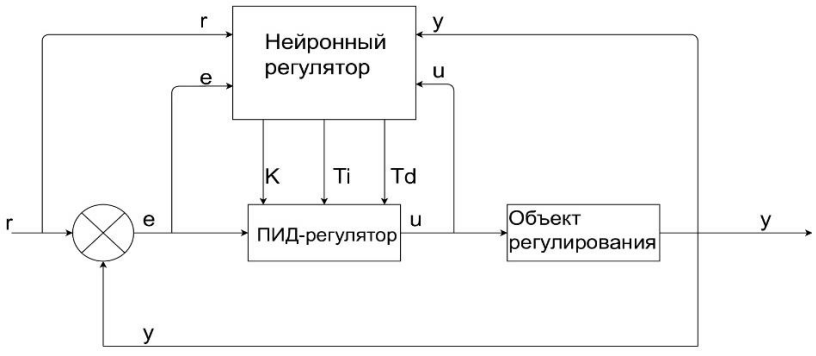


Рис.1. Структурная схема автоматического регулирования оборотов двигателя насоса

Нейронные регуляторы можно применять для упрощения настройки, а также корректировки настроек схем управления оборотов двигателя насоса [3].

В качестве нейронного регулятора будет применена трёхслойная

нейронная сеть, которая показана на рис.2.

На вход в нейронную сеть подаются: Ошибка, заданная величина, установившееся значение регулируемой величины

На выход приходят коэффициенты для ПИД регулятора

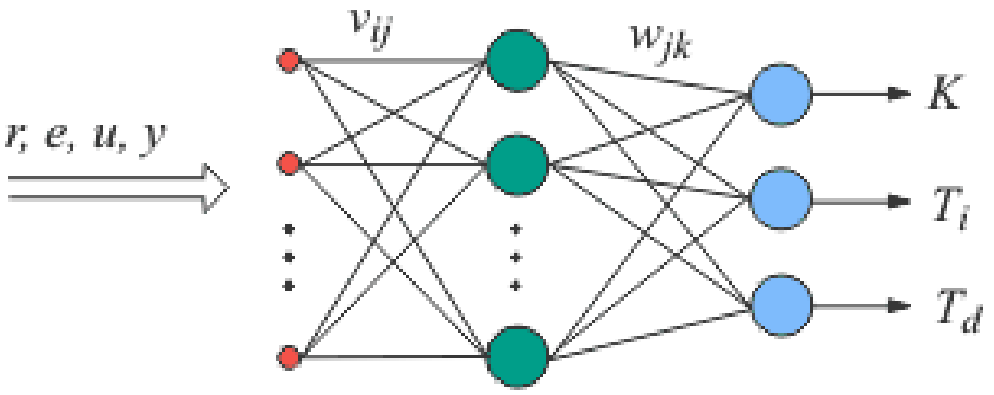


Рис.2. Структура нейронной сети

Нейронная сеть обучается способом обратного распространения ошибки [4].

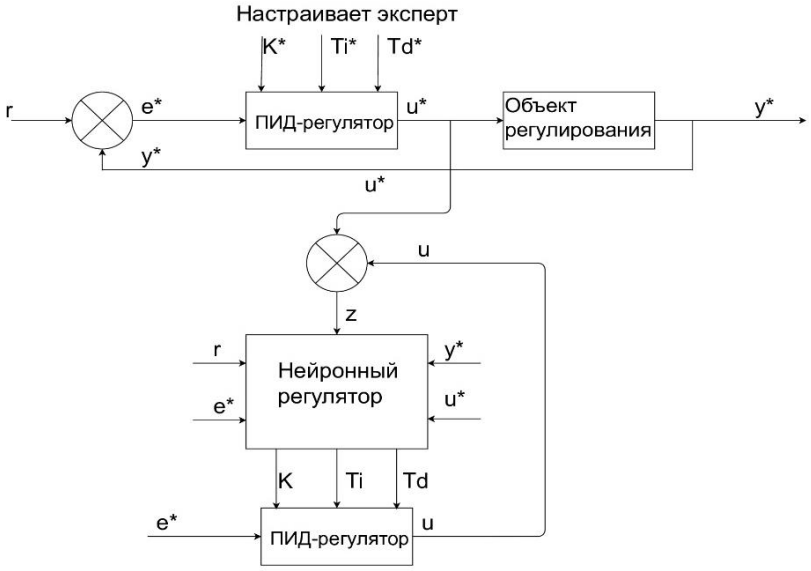


Рис.3. Обучение нейронного регулятора

Предполагается, что нейронная сеть будет «учиться» у эксперта настройке ПИД-регулятора. Схема обучения регулятора показана на Рис.3. Создается банк оптимальных настроек ПИД-регулятора, данные из которого будет использоваться для обучения нейронной сети. После обучения нейронная сеть должна быть проверена на адекватность. Нейронной сети дается набор сигналов, которые, не были включены в банк, если ошибка не больше допустимой, то нейронная сеть считается обученной [5].

На вход в нейронную сеть подаются данные с системы, благодаря которым она высчитывает оптимальные настройки ПИД регулятора.

К положительным качествам нейронной сети можно отнести то, что регулятор подстраивается под изменяющиеся условия и прогнозирует изменения, так же автоматизированной системе с нейронным регулятором не требуется эксперт, который будет настраивать и поддерживать систему.

К недостаткам нейронного регулятора относится то, что его необходимо обучить, что занимает большое количество времени и требует эксперта, обучающего нейронную сеть, при этом обученная нейронная сеть может не подойти другой системе.

Источники

1. Гумерова Р.Х. Моделирование потребления электроэнергии приводами насосов при дроссельном и частотном регулировании производительности. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017;19(3-4):96-106. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2017-19-3-4-96-106

2. Карницкий Н.Б. Перспективы установки частотно-регулируемого электропривода на циркуляционных насосах системы технического водоснабжения ТЭЦ / Вестник казанского государственного энергетического университета. Том 13, № 4 (52), 2021. – С.14-27.

3. Использование метода обратного распространения ошибки для параметрической адаптации шагового нейрорегулятора / И.Ю. Казьмирук, [и др.]. // Молодой ученый. — 2018. — № 24 (210). — С. 1-11. — URL: https://moluch.ru/archive/210/51476/ (дата обращения: 09.11.2022).

4. Энциклопедия АСУ ТП: Сайт. URL: https://www.reallab.ru/bookasutp/5-pid-regulyatori/5-7-nechetkaya-logika/ (дата обращения 8.11.2022)

5. Казьмирук, И.Ю. Применение нейронных сетей в качестве регулятора в двухконтурных системах автоматического регулирования. Молодой ученый. — 2019. — № 4 (242). — С. 91-96. — URL: https://moluch.ru/archive/242/56031/ (дата обращения: 09.11.2022).

УДК 681.516.32

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Валерий Юрьевич Горбов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
valera322gg@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена разработка и проектирование автоматизированной установки вентиляции на производстве. Актуальность данного решения заключается в необходимости повышения эффективности использования теплоносителей и электричества в современных реалиях.

Ключевые слова: вентиляция, приточно-вытяжная система, проектирование, помещение, рекуператор.

ENGINEERING OF VENTILATION CONTROL SYSTEMS IN THE PRODUCTION

Valeriy Y. Gorbov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
valera322gg@gmail.com

Abstract. The article discusses the development and engineering of an automated ventilation installation in production. The relevance of this decision lies in the need to improve the efficiency of the use of heat carriers and electricity in modern realities.

Keywords: ventilation, supply and exhaust system, engineering, room, recuperator.

Для проектирование автоматизированной системы управления необходимо изначально изучить процесс, который будет автоматизирован [1]. В нашем случае процессом является воздухообмен в помещении с высокими требованиями, такими как защита от запыленности и определенными параметрами воздуха. Все это необходимо для обеспечения качественного рабочего процесса [2].

Параметры воздуха необходимые для оптимальной работы:

1) Температура наружного воздуха, так как необходимо избежать обмерзания вентиляционной установки в холодный период и для поддержания температуры подаваемого воздуха согласно СНиПу 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;

2) Расход подаваемого и вытяжного для поддержания необходимой температуры подаваемого воздуха и кратности воздухообмена согласно СНиПу 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Мы рассмотрели параметры, которые необходимы для создания безопасной и оптимальной системы воздухообмена. Однако, как обеспечить защиту от опасных факторов на производстве для этого рассмотрим технологическую схему, которая будет являться оптимальной.

Технологическая схема автоматизированной системы управления вентиляции в производственном цехе представлена на рисунке 1.

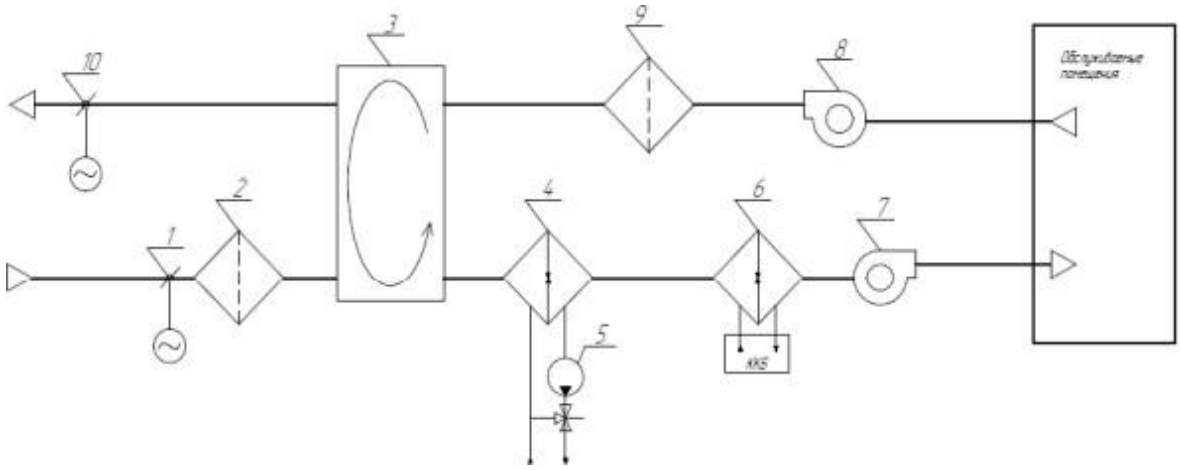


Рис. 1. Технологическая схема автоматизированной системы управления вентиляции.

Главным устройством, благодаря которому данная система может быть установлена и использована на многих производствах, является рекуператор, расположенный под номером 3 на рисунке 1. Рекуператор – устройство, которое использует теплоту вытяжного воздуха для нагрева притяжного воздуха [3]. Для системы вентиляции на производстве должен быть установлен именно роторный рекуператор в отличие от многим известного пластинчатого рекуператора [4]. Данный выбор обусловлен следующими преимуществами:

1) Возможность автоматического регулирования (скорость вращения элемента);

2) Компактность устройства;

3) Роторный рекуператор может возвращать влагу в помещение.

К недостаткам можно отнести только затраты электричества на вращение пластины, но денежные затраты на электричество для роторного рекуператора намного меньше, чем затраты на замену или размораживания установки с пластинчатым рекуператором.

Защиту от замерзания мы установили с помощью роторного рекуператора, но также нам необходима защита от запыленности. Для этого мы используем датчики перепада давления на фильтрах и полную блокировку одной из установок при запыленности фильтра, то есть в помещении нам потребуются 2-3 резервные установки на случай замены фильтров.

Таким образом, проектирование системы вентиляции на производстве требует детального изучения самого производства и необходимых условий для данной системы в этом помещении. Благодаря роторному рекуператору мы уменьшаем энергозатраты вспомогательных систем на производстве [5].

Источники

1. Немова Д.В. Системы вентиляции в жилых зданиях как средство повышения энергоэффективности. // Интернет-журнал "Строительство уникальных зданий и сооружений". 2012. №3.

2. Галкина Н.И. КПД систем вентиляции // Инженерный вестник Дона. 2017. №2.

3. Ситников Н.Р. Оптимизация систем вентиляции различными способами. // Научный электронный журнал «Оригинальные исследования». 2020. С. 10-19.

4. Системы вентиляции: виды, устройство, назначение. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://tion.ru/ventilyaciya/ – свободный.

5. Мельников В.Д., Нестеренко Г.Б., Лебедев Д.Е., Мокроусова Ю.В., Удовиченко А.В. Проблемы, перспективы применения и методика расчета нормированной стоимости накопления электрической энергии. // Вестник КГЭУ. 2019. Т.11 №4(44). С. 30-36.

УДК 543.27. -8

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ

Дарья Вячеславовна Дятлова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
dyatlovadarya89@gmail.com

Аннотация. В данной статье дано определение газоанализаторов, классифицирование и применение их в промышленности. Рассмотрена история развития и перспективы использования газоанализаторов в Индустрии 4.0.

Ключевые слова: газоанализатор, газы, шахта, Индустрия 4.0, загазованность.

HISTORY AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF GAS ANALYZERS

Daria V. Dyatlova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
dyatlovadarya89@gmail.com

Abstract. This article gives the definition of gas analyzers, their classification and application in industry. The history of development and prospects for the use of gas analyzers in Industry 4.0 are considered.

Key words: gas analyzer, gases, mine, Industry 4.0, gas content.

Газоанализаторы – это устройства, предназначенные для анализа газовых смесей и измерения их компонентов. Газоанализирующие устройства в большинстве своем получило широкое применение в качестве устройств, своевременно обнаруживающих утечки горючих газов из газообразующего оборудования в целях предотвращения аварийных ситуаций и взрывов на промышленных объектах.

Существует несколько типов газоанализаторов, используемых в разных аспектах промышленности в зависимости от назначения [5]:

– газоанализаторы продуктов горения для наладки и контроля печей, котлов и топливосжигающих установок;

– приборы контроля безопасности рабочих зон;

– газоанализаторы, контролирующие уровень выбросов в атмосферу и утечек газов;

– приборы по контролю выхлопных газов различных двигателей внутреннего сгорания;

– анализаторы газов в жидкостях.

Также, различают газоанализаторы в зависимости от конструктивного исполнения и особенностей. Они подразделяются на [4]:

– портативные (персональные и индивидуальные);

– переносные;

– стационарные.

Однако, все данные группы газоанализаторов объединяет одна миссия – сохранение безопасности на промышленных объектах. Впервые, вопрос о безопасности работ с взрывоопасным газом возник во первой половине 17-го века в угольных шахтах Англии. О первых взрывах рудничного газа написал Ричард Мосли в конце 17-го века. Именно тогда начали применять опасный метод очищения шахт от горючих газов – выжигание его при помощи некоторой конструкции, состоящий из шеста с прикрепленными к нему свечами. К счастью, после того как английский ученый Роберт Плот выяснил, что причиной взрыва рудничного газа является метан. Для определения загазованности рудников впервые начали использовать шахтовые лампы, изобретенные английским физиком Гемфри Девви [3]. В «Правилах горной промышленности и техники безопасности» 1893 года описано, как использовать спиртовку Пилера и лампу Дэви в качестве газосигнализатора. С повышением концентрации метана усиливается яркость пламени. С 1870-го года добыча и использование природного газа приобрела промышленный масштаб. Газ начинают применять для отопления, готовки, металлургии и промышленных работах. Однако, также, как и в шахтах, утечки газа являются серьезной опасностью. В следствие чего возникает необходимость применения сигнализаторов загазованности в домах и квартирах.

Современные газоанализаторы, в той или иной степени, требуют для корректной работы «человеческого фактора». Например, использования портативных (переносных и индивидуальных) газоанализаторов работнику необходимо держать его при себе. Пребывание работников, занимающихся замерами в загазованных зонах, подвергают опасности человечки жизни. Помимо этого, когда сотрудник получает сигнал, он должен немедленно предупредить окружающих об опасности. Цепь может рваться из-за различных препятствий, которые можно обобщить как «человеческий фактор». В перспективах развития газоанализаторов планируется эффективное их применением в автоматизированных системах анализа газов в воздухе. Благодаря четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0.) необходимость подвержены опасности работников пропадёт из-за автоматизации процессов анализа газов [1,2]. При

получении сигнала от газоанализатора об опасности, система будет реагировать незамедлительно и принимать меры: изменения потоков воздуха в вентиляции, экстренное отключение станков, прокладывание оптимального маршрута эвакуации, вызов спасателей. Включение газоанализаторов в автоматизированные системы позволит значительно повысить эффективность газоанализаторов и увеличит разнообразность их применения.

Таким образом, газоанализаторы – это устройства, позволяющие измерять и отслеживать газовые смеси в воздухе. Они применяются не только в промышленных и исследовательских, но и в бытовых целях. Газоанализатор является незаменимым устройством в работе с опасными газами. С наступлением Индустрии4.0. откроется возможность интегрировать газоанализаторы в автоматизированные системы для незамедлительного реагирования в случае опасности для человека и предприятия в целом.

Источники

1. Чуйков А.М., Мещеряков А.В., Гапеев А.А. Применение интеллектуального газоанализатора для своевременной оценки и контроля газовоздушной среды // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. - 2015. - №1(6). - С. 367-368.

2. Понуровский Я.Я. Новое поколение газоаналитических систем на основе диодных лазеров // Аналитика. – 2019. – №1. – С. 68-74.

3. Зайцева В.В., Михайленко В.С., Кича М.А., История возникновения и перспективы использования термокондуктометрического метода газового контроля // Вестник Манэб. – 2021. – №3. – С. 18-26.

4. Корягина Е.В., Бухарев Н.В. Автоматизация проверки газоанализаторов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2009. – №2. – С. 75-76.

5. Ермишин К.А. Газоанализаторы в газовой и нефтяной промышленности // Студенческий форум. – 2019. – №41-1(92). – С. 62-63.

УДК 681.51

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ

Азат Альбертович Зиятдинов[1], Евгения Викторовна Захарова[2]
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]ooomynikos@gmail.com, [2]Evgzakharova45@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются преимущества введения коллаборативных роботов в промышленные процессы производства, задачи, с которыми данный вид автоматизации может справляться, а также приведены данные применения этого вида роботов в мировой промышленности на данный момент.

Ключевые слова: коллаборативные роботы, автоматизация, промышленность, производственные процессы, программирование.

ADVANTAGES OF USING COLLABORATIVE ROBOTS

Azat A. Ziyatdinov[1], Evgeniya V. Zakharova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]ooomynikos@gmail.com, [2]Evgzakharova45@yandex.ru

Abstract. This article discusses the advantages of introducing collaborative robots into industrial production processes, the tasks that this type of automation can cope with, as well as data on the use of this type of robots in the global industry at the moment.

Keywords: collaborative robots, automation, industry, production processes, programming.

Автоматизация промышленности является постоянной задачей любых производств. Введение новых технологий и разработок упрощает процесс производства и позволяет улучшить его. Одним из перспективных способов автоматизации является введение коллаборативных роботов.

Коллаборативные роботы (коботы) чаще всего недорогие, просты в применении, а также легки в программировании. Кобот пример промышленного робота, имеющий систему сенсоров и компьютерное зрение, что позволяет с практически абсолютной точностью препятствовать столкновениям с человеком и иными препятствиями, включая ситуацию сбоя встроенного ПО [1]. Эти роботы используются в тесной контактной работе с людьми, а не в специализированных зонах, как, к примеру промышленные роботы.

На сегодняшний день рынок коллаборативых роботов является

наиболее быстро растущим сегментом из всех видов промышленных роботов. Однако количество коботов, продаваемых в России в год, исчисляется единицами. Одной из главных причин этого является то, что сегодня руководители предприятий и инженеры не знают всех особенностей и преимуществ коботов.

По данным исследований применения коботов в мировой промышленности они имеют ряд следующих преимуществ:

- Облегченный способ программирования с помощью "показа" необходимых движений роботу сотруднику, который изменяет положение манипулятора руками по необходимым позициям. В перспективе робот будет сам повторять необходимые движения [2].
- Безопасность для людей. Коботы не требуют значительных выделенных площадей и ограждения периметра безопасности, невелики по размеру — это позволяет использовать роботов в помещении с людьми.
- Удобны при использовании в малом и среднем бизнесе, т.к. внедрение коботов не предполагает затраты крупных сумм. Относительно низкая стоимость создает возможности проектирования разнообразных бизнес-проектов с применением данных роботов. Срок окупаемости, как правило, невелик. Стоимость кобота в РФ от $10.000, хотя типовая их стоимость - примерно вдвое или втрое выше в 2022 году [3].
- Широкий спектр применения, а так же разнообразие выполняемых задач. Коботы обычно способны манипулировать грузами весом до 10 кг и могут быть достаточно небольшими. Особенно хорошо они могут выполнять повторяющиеся действия, такие, как выбор или расстановка, упаковка, нанесение клея или пайка.

На основе выше полученных данных можно предположить области применения коботов в промышленности. Наиболее очевидное применение – это операции паллетирования и депаллетирования. Однако с обычным паллетированием прекрасно справится классический шарнирный робот, коботов целесообразно применять, когда изделие необходимо подать человеку или наоборот принять от человека. В этом случае использовать классического шарнирного робота нельзя из-за требований техники безопасности.

Также необходимо обратить внимание, что коботы не так жестко привязаны к месту работы, как классические промышленные роботы. Коллаборативный робот может быть легко перемещен на другое место и настроен на новую работу. Это является явным преимуществом при использовании нескольких машин на большой территории производства, для исполнения небольших задач [4].

По данным использования и применения коботов в мировом рынке, выявлены несколько прогнозов их внедрения. Согласно прогнозам на 2025 г. объемы мирового рынка коллаборативных роботов достигнут $10.14 млрд к 2025 году при среднегодовом приросте на уровне 44.5% [3]. На повышение спроса влияет усиление инвестиций в автоматизацию производственных процессов. В 2018 году на рынке коботов лидировали европейские государства: их доля составила порядка 37% [5].

На сегодняшний день коллаборативные роботы все чаще вводятся в оборот в различных лабораториях, цехах и мастерских. Их эффективность, производительность и экономичность также может значительно улучшить работу предприятий в разных сферах.

Коллаборативных роботов лучше всего использовать для самых рутинных и требующих точности процессах на производстве. В этом случае сотрудники могут быть направлены на выполнение других, более творческих обязанностей.

Совместное использование человеческого труда и коботов повысит ключевые показатели продуктивности производственных процессов и качества продукции.

Источники

1. Герасимов В. Н. К вопросу управления движением мобильного робота в динамической среде // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. № 1 (2). С. 44—51.

2. Михайлов Б. Б., Назарова А. В., Ющенко А. С. Автономные мобильные роботы — навигация и управление // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. № 2 (175). С. 48—67

3. Коллаборативные роботы [Электронный ресурс] http://robotrends.ru/robopedia/katalog-kollaborativnyh-robotov (дата обращения 07.11.2022)

4. Ющенко А. С. Состояние и перспективы диалогового управления роботами // Труды Института психологии РАН. Актуальные проблемы психологии труда инженерной психологии и эргономики. Вып. 7. М.: Изд-во Института психологии РАН, 2015. С. 408—423

5. Interactive Collaborative Robotics. First international Conference, ICR 2016 / Ed. by A. Ronzhin, G. Rigoll, R. Meshcheryakov. Springer, LNAI 9812, 254 p.

УДК 629.78

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В КОЛОНИЯХ ПОСЕЛЕНИЯХ НА СПУТНИКЕ ЮПИТЕРА ЕВРОПЕ

Вадим Владимирович Иванов[1], Рамиль Фанилевич Габдрахманов[2]
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]vadim_2002@list.ru, [2]doc8956@gmail.com

Аннотация. В статье описан возможный способ реализации экологических систем жизнеобеспечения для проживания на спутнике Европа.

Ключевые слова: спутник, система, Европа, жизнеобеспечение, поверхность.

DEVELOPMENT OF A LIFE-SUPPORT SYSTEM IN COLONY SETTLEMENTS ON JUPITER'S MOON EUROPE.

Vadim V. Ivanov [1], Ramil F. Gabdrakhmanov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]vadim_2002@list.ru, [2]doc8956@gmail.com

Abstract. The article describes a possible way to implement ecological life support systems for life on the European satellite.

Key words: satellite, system, Europe, life support, surface.

Спутник Юпитера Европа рассматривается как потенциальный объект для освоения. Он представляет интерес для исследования из-за наличия подповерхностного океана, в котором могут находится микроорганизмы. Также база на спутнике может рассматриваться, как перевалочный и дозаправочный пункт для дальних перелетов.

Из-за неблагоприятных параметров поверхности Европы, таких как низкая температура, высокая радиация и низкое давление, реализация базы на поверхности не представляется возможным. Следовательно, она должна находится под поверхностью в созданном или найденном “воздушном кармане” вблизи подповерхностного океана, где ледяной панцирь спутника будет защищать от вредных факторов.

Мы предлагаем систему жизнеобеспечения, состоящую из: система кислородообеспечения, система очистки атмосферы, система водообеспечения, система питания экипажа, средства регулирования температуры и влажности атмосферы, средства удаления отходов, средства

регулирования давления, средства санитарно-бытового обеспечения, средства индивидуальной защиты экипажа, средства медико-биологического обеспечения [1]. Реализовать системы кислородообеспечения, водообеспечения и очистки атмосферы можно через добычу и переработку льда и воды из подповерхностного океана [2]. Для обеспечения продовольствия будет использоваться гидропоника для выращивания простейших в первое время сельскохозяйственных культур, таких как фасоль, горох, салат, а также грибов [3]. Энергоснабжение будет осуществляться через солнечные панели, выведенные на поверхность спутника. Ввиду отсутствия атмосферы солнечные панели будут эффективны.

Большая часть систем жизнеобеспечения возможно автоматизировать, такие как добыча и переработка воды, также получение кислорода и фильтрацию человеческих отходов обратно в воду и для выращивания растительных культур. Но остается проблема с пищей животного происхождения. Доставить животных на спутник не представляется возможным, следовательно есть шанс отправить оплодотворенные яйцеклетки различных видов скота, а также из-за наличия подповерхностного океана с потенциально оптимальными условиями появляется возможность создания искусственных водоемов с рыбами, моллюсками и ракообразными [4].

С дальнейшим развитием технологий база на Европе может перерасти в автономную колонию, которая должна будет удовлетворять ряду критериев, таких как: безопасность, экологичность, энергоэффективность и эргономичность [5]. Ввиду того, что одной из главных задач в изучение космоса является освоение Марса, уже в будущем после полноценного освоения и исследования Марса можно будет исключить ряд проблем при колонизации Европы.

Источники

1. Жизнеобеспечение людей в космических кораблях и различных космических сооружениях [Электронный ресурс]. https://school-science.ru/6/19/38664 (дата обращения: 01.11.22).

2. Создание замкнутых систем жизнеобеспечения для осуществления космических полетов [Электронный ресурс]. https://journalpro.ru/articles/sozdanie-zamknutykh-sistem-zhizneobespecheniya-dlya-osushchestvleniya-kosmicheskikh-poletov/ (дата обращения: 01.11.22).

3. Выращивание некоторых видов культур в малообъемной

гидропонике [Электронный ресурс]. https://cyberleninka.ru/article/n/vyraschivanie-nekotoryh-vidov-kultur-v-maloobemnoy-gidroponike/viewer (дата обращения: 01.11.22).

4. Коровко В.И. Современные технологии получения и сохранения телят // ФГОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия». - 2-е изд., перераб. и доп. - Уссурийск, 2009.- 114 с.

5. Серебряков В. Н. Основы проектирования систем жизнеобеспечения экипажа космических летательных аппаратов // учебное пособие – М.: Машиностроение, 1983.-157 с.

УДК 338.28

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА В АРКТИКЕ

Гузель Фанзилевна Идрисова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]guzelidrisova15525@gmail.com

Аннотация. В статье представлены методы цифровизации нефтяного комплекса Арктики. Особое внимание обращается на внедрение автономных аппаратов и систем управления с большими данными. Обозначен потенциал запасов нефти для экономики и промышленности страны.

Ключевые слова: цифровизация, Big Data, Machine Learning, автономные аппараты, робот Sensabot, цифровые двойники.

DIGITALIZATION OF THE OIL AND GAS COMPLEX IN THE ARCTIC

Guzel F.Idrisova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]guzelidrisova15525@gmail.com

Abstract. The article presents the methods of digitalization of the oil complex in the Arctic. Particular attention is paid to the introduction of autonomous devices and control systems with big data. The potential of oil reserves for the economy and industry of the country is indicated.

Keywords: digitalization, Big Data, Machine Learning, autonomous vehicles, Sensabot robot, digital twins.

Несмотря на активное развитие возобновляемых источников энергии, проблемы увеличения запасов не возобновляемых ресурсов, таких как нефть и газ, на сегодняшний день также остаются актуальными. Именно от продажи нефти и газа формируется около половины доходов России, что делает топливную промышленность ключевой и необходимой для экономического благополучия страны [1]. С годами наступает истощение месторождений с легко добываемыми природными ресурсами. Появляется необходимость поиска и открытия новых месторождений в трудно добываемых зонах. Арктический шельф представляет огромный потенциал для стратегического резерва страны. По данным министра природных ресурсов и экологии России Дмитрия Кобылкина запасы нефти российской арктической зоны составляют 7,3 млрд тонн. Эта огромная кладезь углеводородов может стать для страны мощнейшим толчком для выхода на новый промышленный и экономический уровень [2].

При освоении углеводородных месторождений в Арктике операторы сталкиваются с целым рядом технических и экологических проблем, таких как работа в суровых климатических условиях, обеспечение безопасности объектов добычи, предотвращение потенциальных разливов нефти, сохранение экосистемы Арктической зоны. Появляется необходимость во внедрении автоматизированных систем управления и регулирования для более эффективной и безопасной добычи ископаемых. Рассмотрим современные технологии, позволяющие помощь нефтяным компаниям справиться с вызовами, связанными со спецификой арктических месторождений и глобальными отраслевыми изменениями [3].

Первый шаг цифровизации рассмотрим в процессе сейсмического моделирования нефтегазовой отрасли. Чтобы стандартизировать процессы, связанные с геологоразведкой, в частности, для сбора и анализа больших данных необходимо внедрение таких технологий как Big Data и Machine Learning. Результатами внедрения Big Data должны быть: повышение точности и скорости моделирования, сокращение числа отказов и уменьшение стоимости содержания оборудования, увеличение скорости добычи и т.д. [4]. Машинное обучение позволяет компаниям также улучшать производительность и добычу. Эффективным будет внедрение автономных аппаратов, позволяющих наблюдать за морскими и береговыми трубопроводами. Автономные необитаемые подводные аппараты могут использоваться в течение длительного времени на всех этапах разведки, обустройства, эксплуатации, ликвидации и консервации месторождений, а также позволят вести круглогодичный мониторинг всей

Арктической зоны.

Бурение в отличие от геологоразведки только начинает свою цифровую трансформацию. Причиной запаздывания является отсутствие отраслевых стандартов производственных операций [5]. Глобально автоматизировать данный этап можно за счет внедрения роботов. Автоматизированные роботы смогут проверять наличие утечек, несмотря на штормовые условия в море, при которых люди вынуждены были бы оставаться на берегу. Такие роботы находятся только на этапе разработки и проверки функциональности. Например, компания Shell разработала робота Sensabot, который может заниматься мониторингом оборудования и проверкой систем безопасности в опасных месторождениях.

Размещение различных датчиков измерения температуры, вибрации и т.д. на насосном оборудовании повысит эффективность этапа добычи. После установки датчиков предприятиям добывающего сегмента можно переходить к внедрению передовых аналитических технологий, таких как цифровые двойники и удаленные центры управления. Для нефтяной отрасли это станет новым горизонтом технологической и экономической эффективности.

Освоение месторождений в Арктике является очень трудоемкой задачей. Сложные геофизические, географические, климатические условия Арктики ставят перед индустрией новые требования к разработке инновационных технологий и новых комплексов бурения, которые могут работать автономно и обеспечивать доступ к богатому природному ресурсу Арктики. Таким образом, развитие технологических решений по автономизации, роботизации и цифровизации процессов бурения напрямую влияет на успешность освоения морских нефтегазовых месторождений.

Источники

1. Буеави А.Ф. Управление источниками финансирования инвестиций в нефтедобычу в целях экономического развития // Экономические отношения. – 2019. – Том 9. – № 1. – с. 209-218. – doi: 10.18334/eo.9.1.40498.

2. Губина О.В., Проворова А.А. Соотношение демографических и инновационных приоритетов стратегического развития регионов Арктической зоны Российской Федерации // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Том 9. – № 2. – с. 383-400. – doi: 10.18334/vinec.9.2.40600.

3. Сочнева И.О. Ресурсы Арктики и возможности их разработки // Арктика: экология и экономика. 2015. № 4 (20).

4. Аналитический доклад ЦСП «Платформа» «ТРУДНАЯ» НЕФТЬ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ [Электронный ресурс]. URL: https://pltf.ru/wp-content/uploads/2019/03/trudnaya_nefte_vyzovy_i_perspektivy_05.03.pdf (дата обращения: 20.10.2022).

5. Цифровизация нефтегазового комплекса в Арктике – стратегический приоритет энергетических компаний [Электронный ресурс]. URL: https://www.secuteck.ru/articles/cifrovizaciya-neftegazovogo-kompleksa-v-arktike-strategicheskij-prioritet-ehnergeticheskih-kompanij (дата обращения: 01.11.2022).

УДК 621.3.076

НЕЧЁТКИЙ МЕТОД РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ СВОБОДНОЙ ТУРБИНЫ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Анжелика Андреевна Ильина[1]
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент С. И. Харчук
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. Сафин[2]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ имени А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань, Республика Татарстан
[2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]anjelka97@yandex.ru, [2]safin.ma@kgeu.ru

Аннотация. В статье рассматривается алгоритм нечёткого регулирования газотурбинного двигателя с фаззификацией, нечетким выводом и дефаззификацией. Для исследования эффективности предложенного алгоритма выполнено моделирование на основе платформы Matlab Fuzzy Logic.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель (ГТД), свободная турбина, нечёткое регулирование, регулирование частоты вращения, метод.

FUZZY METHOD FOR CONTROLLING THE ROTATION FREQUENCY OF A FREE TURBINE OF A GAS TURBINE ENGINE

Anzhelika A. Ilyina
FSBEI HE "KNRTU named after A.N. Tupolev - KAI", Kazan, Republic of Tatarstan
anjelka97@yandex.ru

Abstract. The article considers an algorithm for fuzzy control of a gas turbine engine with fuzzification, fuzzy inference and defuzzification. To study the effectiveness of the proposed algorithm, modeling was performed on the basis of the Matlab Fuzzy Logic platform.

Keywords: gas turbine engine (GTE), free turbine, fuzzy regulation, speed control, method.

В связи с постоянно растущими потребностями в электрической энергии в промышленном и бытовом потреблении, использование газотурбинных двигателей имеет большое значение для выработки электрической энергии. При этом особое значение имеет анализ роли газотурбинных двигателей в выработке электрической энергии и их показателей в обеспечении устойчивости энергосистем.

Газотурбинный двигатель состоит из: входного устройства, компрессора низкого давления, компрессора высокого давления, камеры сгорания, турбины высокого давления, турбины низкого давления, свободной турбины.

В автономной сети для поддержания частоты вращения свободной турбины, для обеспечения требуемой мощности, необходимо корректировать режим работы газогенератора в зависимости от температуры и давления воздуха на входе в двигатель.

Исследование линейных алгоритмов регулирования газотурбинными установками изучали Зиятдинов И.Р., Махнутин А.К., Кавалеров Б.В. [1]. Проведенные исследования стандартных методов управления представляют собой базу для последующего введения элементов адаптации традиционных САУ.

Кроме линейных алгоритмов регулирование существует нечёткое, нейронное и адаптивное регулирование. Предлагается рассмотреть нечёткое регулирование для управления частотой вращения свободной турбины.

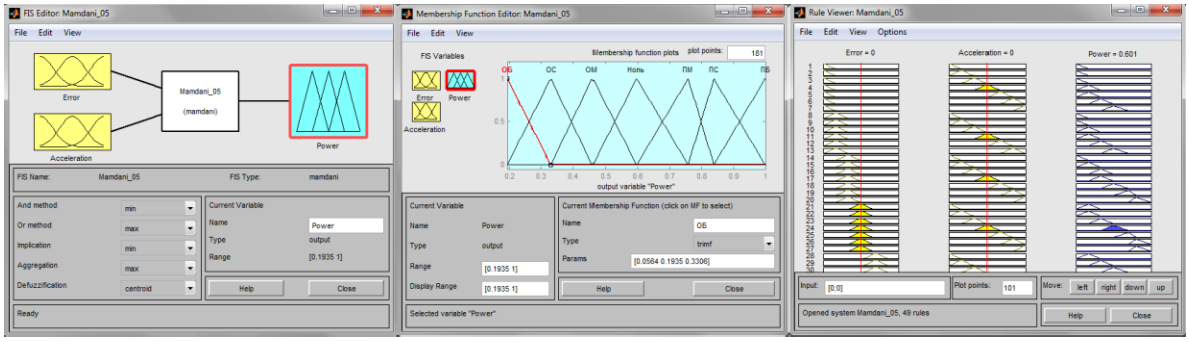
Синтез нечёткого регулятора, заключается в выборе функций принадлежности терм-множеств лингвистических переменных, алгоритмов нечёткого вывода, оптимизации основных параметров путем минимизации выбранного критерия качества в замкнутой системе автоматического регулирования. Регулятор нечёткой логики обычно состоит из четырех разделов, включая: фаззификацию, базы правил, механизма логического вывода и дефаззификацию. База правил состоит из серии правил ЕСЛИ-ТО, соответствующих нечётким входным данным и ведущих к нечётким выходным данным [2].

Для разработки нечёткого регулятора необходимо выбрать некоторую переменную, которая может представлять динамические характеристики системы для подачи в качестве входных данных [3]. Нечёткий логический регулятор имеет два входа и один выход. Входными данными являются отклонение скорости вращения турбины (e) и его производная (Δe), а выходными данными является изменение положения регулятора. Число лингвистических терминов для каждой лингвистической переменной выбрано равным семи (отрицательное большое (ОБ), отрицательное среднее (ОС), отрицательное малое (ОМ), положительное малое (ПМ), положительное среднее (ПС), положительное большое (ПБ). Механизм вывода основан на методе Мамдани [4]. Функции принадлежности для входных вариаций являются гауссовыми, и они считаются треугольными для выходных вариаций регулятора. В этой системе определены 49 нечётких правил для запуска и режима работы газотурбинного двигателя. Таблица правил для нечёткого регулятора показана в таблице.

База правил для нечёткого регулятора

Изменение топлива ΔF		Изменение по ошибке Δe						
		ОБ	ОС	ОМ	Ноль	ПМ	ПС	ПБ
Ошибка e(t)	ОБ	ОБ	ОБ	ОБ	ОС	ОС	ОМ	Ноль
	ОС	ОБ	ОБ	ОС	ОС	ОМ	Ноль	ПМ
	ОМ	ОБ	ОС	ОМ	ОМ	Ноль	ПМ	ПС
	Ноль	ОС	ОС	ОМ	Ноль	ПМ	ПС	ПС
	ПМ	ОС	ОМ	Ноль	ПМ	ПМ	ПС	ПБ
	ПС	ОМ	Ноль	ПМ	ПС	ПС	ПБ	ПБ
	ПБ	Ноль	ПМ	ПС	ПС	ПБ	ПБ	ПБ

Для создания модели регулятора воспользуемся библиотекой Fuzzy Logic программы Matlab (см. рисунок) [5]. Окно FIS Editor показывает входные и выходные данные. Окно Membership Function Editor выводит графики распределения в данном случае выходного параметра по мощности. Окно Rule Editor выводит результаты отклонения по ошибке, скорости и мощности.



Окна FIS Editor, Membership Function Editor, Rule Editor

Достоинствами нечёткого регулирования является использование экспертных знаний, построение моделей приближенных к рассуждению человека, устойчивость при действии на систему всевозможных возмущений, оперирование качественными и количественными данными. Недостатками является постоянное пополнение баз правил, сложность создания регулятора.

Источники

1. Зиятдинов И.Р., Махнутин А.К., Кавалеров Б.В. Исследование линейных алгоритмов управления газотурбинными установками // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1. С. 254.
2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. - М.: Горячая линия -Телеком, 2006. - 452 с.
3. Демидова Г.Л., Лукичев Д.В. Регуляторы на основе нечёткой логики в системах управления техническими объектами – СПб: Университет ИТМО, 2017 – 81 с.
4. Леоненков А. В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. - СПб.: БХВ Петербург, 2005 - 736 с.: ил.
5. Руководство пользователя Fuzzy Logic ToolboxTM, The MathWorks, Inc., 2015.

УДК 681.53

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОГО РЕГУЛЯТОРА

Айдан Рафилевич Казиханов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
aidan220601@mail.ru

Аннотация. В данной статье описана возможность управления автомобилем с помощью нейронного регулятора. Обучение нейронного регулятора происходит методом обратного распространения.

Ключевые слова: нейронные сети, искусственный интеллект, нейронный регулятор, автомобиль.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR VEHICLE DISPLACEMENT USINGA NEURAL CONTROLLER

Aidan R. Kazikhanov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
aidan220601@mail.ru

Abstract. This article describes the possibility of driving a car using a neural controller. The training of the neural regulator occurs by the method of back propagation.

Keywords: neural networks, artificial intelligence, neural controller, car.

Автоматическая система регулирования управлением автомобилем подразумевает, что автомобиль изменяет свою скорость и направление в зависимости от окружающей среды. Для того чтобы это реализовать, можно использовать нейронный регулятор, который будет принимать решения на основе препятствий, которые находятся спереди и вокруг транспортного средства [1].

Нейронный регулятор или нейроуправление - частный случай интеллектуального управления, использующий искусственные нейронные сети для решения задач управления динамическими объектами [2].

Для решения поставленной задачи, мы используем нейронную сеть

обратного распространения для управления автомобилем, поскольку такие нейронные сети способны аппроксимировать любую функцию с областями определения и значения, которые могут иметь несколько измерений.

Именно такой вид подходит, поскольку нам необходимо обрабатывать определенное количество входных и выходных данных [3]. Существует возможность обучения сети обратного распространения, что даст возможно установить необходимые веса данных для принятия решений. В таком случае мы сможем обеспечить искомые результаты с соответствующими им входами [4]. После такого обучения, нейронная сеть должна реагировать на результат приближенный к необходимому при подаче известного результата, и предугадывать верное решение при любом входе которое не соответствует обучаемому.

Теперь нам необходимо разработать набор входов и выходов. В Таблице 1 приведены наборы входных и выходных данных с помощью, которых возможно перемещение автомобиля и объезд преград [5].

Таблица 1

Входные и выходные данные для нейронной сети

Вход (положение препятствия)			**Выход (действие автомобиля)**	
Слева	По центру	Справа	Ускорение	Направление
Нет преграды	Нет преграды	Нет преграды	Положительное	Прямо
Объект близко	Нет преграды	Нет преграды	Положительное	Правее
Нет преграды	Объект близко	Нет преграды	Отрицательное	Левее
Нет преграды	Нет преграды	Объект близко	Положительное	Левее
Касание преграды	Касание преграды	Касание преграды	Обратный ход	Сильно вправо
Нет преграды	Касание преграды	Касание преграды	Обратный ход	Сильно влево
Касание преграды	Нет преграды	Касание преграды	Положительное	Прямо
Касание преграды	Касание преграды	Нет преграды	Обратный ход	Вправо

Благодаря постоянному обучению нейронной сети, регулятор позволяет адаптироваться под постоянно изменяющиеся условия,

прогнозировать и предугадывать изменения в системе и работать, предугадывая необходимое решение, уменьшая запаздывание системы, также добавляя новые входные и выходные параметры, его можно довести до всех желаемых показателей.

Источники

1. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс, 2019. 1104 с.

2. Феофилов Д.С. Сравнительный анализ качества процессов управления для нейросетевых и классических регуляторов. Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. Вып. 11

3. Юсупова И.В., Нугуманова Л.Ф., Селезнев Д.К. Стратегические основы инновационного развития Республики Татарстан // Вестник КГЭУ, 2018, том 10, №1(37), с.133-139.

4. Беркинблит М.Б. Нейронные сети. МИРОС, Москва, 1993. 96 с.

5. Терехов В.А., Ефимов Д.В., Тюкин И.Ю. Нейросетевые системы управления. Высшая школа, Москва, 2002. 184 с.

УДК 338

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ

Ильдар Дамирович Каримов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.М. Сафаров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
karimoff672@mail.ru

Аннотация. Сотрудники организации являются ключевым ресурсом, который необходимо правильно использовать с первых дней трудоустройства, в чем, несомненно, помогает система автоматизации процесса управления персоналом. В данной статье рассматривается автоматизация управления персоналом, а именно ее преимущества, существующие системы автоматизации и их функционал.

Ключевые слова: автоматизация, управление, отдел кадров, персонал, развитие.

AUTOMATION OF THE HR MANAGEMENT PROCESS

Ildar D. Karimov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
karimoff672@mail.ru

Abstract. Employees of the organization are a key resource that must be properly used from the first days of employment, which, of course, helps the system of automation of the personnel management process. This article discusses the automation of personnel management, namely its advantages, existing automation systems and their functionality.

Keywords: automation, management, personnel department, personnel, development.

Управление персоналом играет важную роль в работе всей организации. Отдел кадров отвечает за все процессы, связанные с управлением сотрудниками: от подбора и адаптации до учета всех необходимых показателей. Однако главной проблемой является большое количество бумажной работы, которая в основном выполняется вручную сотрудниками. Развитие современных технологий в последние годы является прекрасным решением данной проблемы посредством внедрения автоматизированных систем для работы с основными процессами, связанными с управлением сотрудниками организаций.

Автоматизация управления персоналом – это процесс повышения эффективности отдела кадров, освобождающий сотрудников от утомительных ручных задач и позволяющий им сосредоточиться на сложных задачах, таких как принятие решений и разработка стратегий [1].

Основными преимуществами автоматизации процесса управления персоналом являются: уменьшение времени на выполнение задач, снижение человеческих ошибок, упрощение документооборота, возможность отслеживания статуса заявок, прозрачная отчетность, моментальный доступ к документам и необходимой информации, повышение уровня безопасности в организации, повышение производительности и снижение затрат на канцелярию за счет введения электронного документооборота [2].

В наши дни различные организации уже используют различные системы управления персоналом. Некоторые из них представлены ниже:

1) автоматизация подбора персонала, отвечающая за такие процессы, как размещение вакансий, отслеживание откликов, просмотр резюме, оценка резюме по приоритетным критериям для приема на работу, автоматическая отправка электронных писем на электронные почты

потенциальных сотрудников. Основным преимуществом здесь является правильное заполнение формы без возможности пропуска полей, что предполагается и в бумажных версиях, а также возможность загрузки необходимых документов [3]. Кроме того, процесс автоматизации управления персоналом позволяет сотрудникам выполнять безбумажную проверку биографических данных. Также, данная автоматизация экономит бюджет организации на канцелярских принадлежностях для оформления всех необходимых документов;

2) автоматизация адаптации вновь прибывшего персонала, позволяющая контролировать процесс предварительного обучения новых сотрудников. Основным функционалом данной автоматизации является возможность нотификации и утверждения документов, сбора бланков с электронными подписями и автоматического формирования официальных документов в формате PDF [4]. Все это значительно сокращает время ожидания между заключением трудового договора и началом трудовой деятельности на новом месте. Кроме того, эта оптимизация предназначена для автоматического предоставления новым сотрудникам доступа к приложениям, которые им необходимы для работы, на основе заранее определенных критериев.

3) автоматизация управления оплачиваемыми отпусками, предполагающая исключение таких действий, как проверка остатка отпуска работника; получение одобрения вышестоящих лиц на запросы об отпуске; учет отпусков для расчета заработной платы. Программное обеспечение для автоматизации управления персоналом предлагает автоматизированный процесс управления отпусками, который автоматически рассчитывает все вышеперечисленное [5].

4) автоматизация расчета заработной платы также упрощает ряд процессов и снижает риск возникновения ошибок, влияющих на бюджет фирмы, например, появлении переплат или недоплат сотрудникам. Данная автоматизация упрощает процесс, отслеживая и рассчитывая все автоматически, что упрощает оплату и поиск данных, если это необходимо.

Эффективное внедрение и использование автоматизации управления персоналом снизит потребность отдела кадров в выполнении рутинных и повторяющихся задач, что позволит ему перенаправить энергию на другие важные виды деятельности, необходимые организации. За автоматизацией управления персоналом стоит не только будущее, но и необходимая потребность в настоящем.

Источники

1. Рогожина Е.Б. К вопросу об организации труда в условиях цифровизации / Е.Б. Рогожина, В.А. Оглоблин // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 10-2(68). – С. 129-131.

2. Иванова И.Г. Автоматизация процесса управления персоналом в организации / И.Г. Иванова, Р.К. Маркосян // Энигма. – 2020. – № 22-1. – С. 12-15.

3. Денисов А.Ф. Анализ практик применения цифровых технологий в отборе персонала / А.Ф. Денисов, Д.С. Кардаш // Экономика и управление. – 2018. – № 6(152). – С. 26-37.

4. Семина А.П. Автоматизация процесса управления персоналом / А.П. Семина // Вестник Академии знаний. – 2020. – № 36(1). – С. 216-220

5. К вопросу об автоматизации управления персоналом / Л.Н. Захарова, М.А. Кротова, Е.А. Тремиля, М.А. Комличенко // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. – 2019. – № 4(29). – С. 42-46.

УДК 608.2

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БЫСТРОЙ ПЕЧАТИ НА 3D ПРИНТЕРЕ

Ренат Ильнарович Каримов[1], Александр Вадимович Козлов [2]
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М. А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]renat_1.12@mail.ru, [2]sanek.kozlov.1421@mail.ru

Аннотация. В статье описываются 3D принтеры, из чего они состоят, их проблемы. Рассматривается главная проблема, а именно скорость печати. Также представляются возможные разработки системы для решения этой проблемы в перспективе.

Ключевые слова: 3D принтер, печать, 3D печать, экструдер, деталь, улучшить, нагреватель, система.

DEVELOPMENT OF A FAST PRINTING SYSTEM ON A 3D PRINTER

Renat I. Karimov[1], Alexander V. Kozlov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]renat_1.12@mail.ru, [2]sanek.kozlov.1421@mail.ru

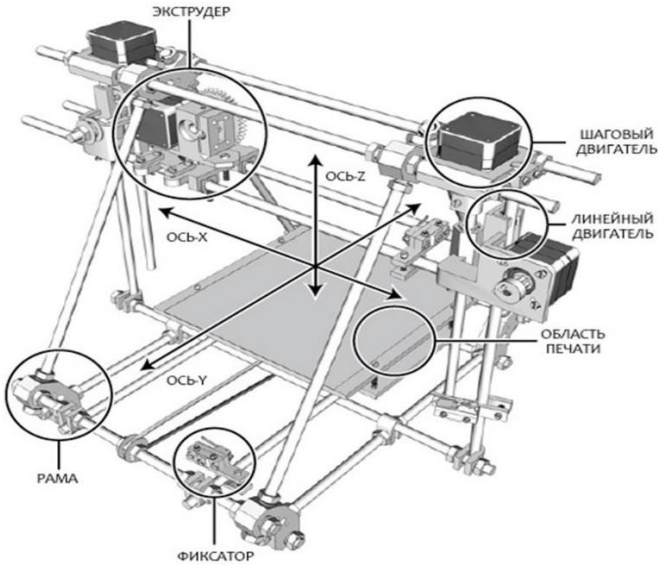
Abstract. The article describes 3D printers, what they consist of, their problems. The main problem is considered, namely the printing speed. Possible developments of the system to solve this problem in the future are also presented.

Keywords: 3D printer, printing, 3D printing, extruder, part, improve, heater, system.

Лет 10 назад уже некого было удивлять обычными струйными принтерами, так как они были почти у каждого второго в квартире. Так вот на сегодняшний день можно сказать почти также и про 3D принтеры. Только вот у последних есть огромная проблема - это скорость печати. Множество деталей на сегодняшний день делаются от нескольких часов до нескольких дней, при условии беспрерывной работы. Именно эта проблема очень сильно тормозит развитие 3D печати [1].

На протяжении многих лет люди пытаются ускорить работу 3D принтера. Но даже, если у них это и получается, возникают новые проблемы или усугубляются возможные старые, такие как: недостаточное экструдирование, смещение слоев, щели на слоях, плохое наполнение и т.п. [2].

Чтобы понять, как улучшить скорость печати, нужно разобраться в принципе работы самого принтера. 3D принтер состоит из: печатающего экструдера, который разогревает материал, измеряет точное количество и выдавливает жидкий пластик, подающийся в виде нитей; рабочей платформы - на ней принтер выращивает детали; линейного и шагового двигателей - они приводят в движение детали, отвечают за точность и скорость печати; фиксаторов - это датчики, ограничивающие подвижные детали и определяющие координаты печати; рамы, соединяющей элементы печатающей машины [3] (см. рисунок).



Составляющие 3D принтера

То есть, чтобы улучшить скорость печати, достаточно изменить показатели как минимум одного элемента из вышеперечисленных. Вносить какие-либо изменения в рамы или фиксаторы не нужно точно, так как это не ключевые элементы, влияющие на скорость печати. Двигатели тоже не стоит менять в первую очередь, иначе печать будет не качественной из-за медленного нагрева пластика или его медленного охлаждения на рабочей поверхности. То есть двигатели будут перемещать экструдер быстро, а последний в свою очередь не будет успевать плавить пластик с такой-же скоростью или пластик не будет успевать высохнуть до момента, когда на него наливают следующий слой, что может привести к некачественным деталям или же браку [4].

Получается, что нужно изменять или время плавления исходного материала, или время засыхания пластика на рабочем столе, или же и то и другое, либо же полностью менять концепцию такой печати.

Чтобы ускорить время плавления пластика, можно перед экструдером ставить несколько нагревающих элементов в ряд. В этом случае, материал будет подъезжать к финальному нагревателю уже с более высокой температурой, что позволит плавиться ему быстрее [5].

Рассматривая второй вариант, а именно увеличение скорости застывания материала, можно сконструировать некую холодильную коробку, которая будет находиться по периметру и снизу рабочей поверхности. Это позволит засыхать пластику намного быстрее из-за низкой температуры окружающей среды. В этом случае не нужно забывать, что нагревательные элементы тоже будут охлаждаться, а это недопустимо. Сконструировав некий термос, в который можно будет засунуть печатающий экструдер, мы отделим нагревающие и охлаждающие устройства друг от друга.

Если объединить оба этих способа, могла бы получиться более совершенная печатающая машина. Возможно, это как-то негативно сказалось бы на качестве печати и точно скажется на затрачиваемой электроэнергии, но вдруг скорость печати компенсирует эти аспекты. В перспективе это интересный план, который может полностью перевернуть мир 3D принтеров.

Источники

1. Липницкий Л.А., Пильгун Т.В. Аддитивные технологии и их перспективы в образовательном процессе //Системный анализ и

прикладная информатика. – 2018. – №. 3. – С. 76-82.

2. Габбасов М.Ф. Обзор технологий 3D печати: проблемы и перспективы развития //Поволжский научный вестник. – 2018. – №. 2. – С. 34-41.

3. Савостьян Д.В. 3D-ПРИНТЕР //Редакционная коллегия: А.В. Данильченко, И.В. Устинович, Е.В. Бертош, Л.В. Гринцевич, А.Е. Дайнеко, А.И. Ермаков, С.С. Полоник, Н.П. Пономарева, А.И. Сорокина, Н.М. Чигринова, К.В. Якушенко. – 2022. – С. 259.

4. Токарев Б.Е. Анализ рынка 3D-принтеров: состояние и перспективы //Практический маркетинг. – 2014. – №. 3 (205). – С. 3-10.

5. Мусиенко М.П. и др. Повышение быстродействия позиционирования экструдера 3D-принтера с использованием MCU/FPGA //Технические науки–от теории к практике. – 2013. – №. 29. – С. 33-38.

УДК 608.2

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Инна Сергеевна Квасова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.М. Сафаров
ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан
kvasova.inna@mail.ru

Аннотация. В данной статье предлагаются решения для увеличения уровня автоматизации. Приведены преимущества внедрения автоматизированных систем на объектах энергетики, в частности автоматической системы диспетчерского управления на электростанциях и подстанциях. Показан ряд наиболее перспективных решений для повышения уровня автоматизации энергетических объектов.

Ключевые слова: автоматизация, энергетические объекты, автоматизированное диспетчерское управление, автоматизированная система.

WAYS TO INCREASE THE LEVEL OF AUTOMATION OF ENERGY FACILITIES

Inna S. Kvasova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
kvasova.inna@mail.ru

Abstract. This article offers solutions to increase the level of automation. The advantages of the introduction of automated systems at energy facilities, in particular the automatic dispatch control system at power plants and substations, are given. A number of the most promising solutions for increasing the level of automation of energy facilities are shown.

Keywords: automation, energy facilities, automated dispatch control, automated system.

В настоящее время огромное значение имеет развитие автоматизированных систем в энергетике, где создание автоматизированных систем диспетчерского управления (далее АСДУ) играет важную роль [1,2].

АСДУ представляет собой совокупность технических и программных средств, которая позволяет повысить качество и надежность тепло- и энергоснабжения потребителей, а также обеспечивать персонал необходимой информацией об энергосистеме. Использование такого рода систем позволяет ощутимо увеличить прибыль благодаря введению оптимальных режимов работы энергообъекта.

В настоящий момент АСДУ применяется исключительно на подстанциях и электростанциях, потому что использовать и проверять систему намного проще именно на электроэнергетических предприятиях. При этом качество электроснабжения на этих объектах возросло более чем на 80%: уменьшилось время перевода потребителей на другие источники энергии; сократилось количество отключений и т.д. Помимо всего прочего, использование АСДУ помогает не только улучшить качество электроснабжения, но и уменьшить стоимость электроэнергии [3].

Одним из эффективных методов повышения уровня автоматизации служит использование таких компонентов, как [4,5]:

- Автоматические системы, осуществляющие учет потребленной и отпущенной энергии. В настоящее время рядом компаний большое внимание уделяется тестированию системы, собирающей данные об объёме отпущенной и дошедшей до потребителя тепловой энергии. Полученный результат позволяет постоянно мониторить уровень потерь, а также дает возможность быстро выявлять слабые места в трубопроводах, тем самым предотвращать отключения, аварии и другие ситуации, способствующие снижению прибыли.
- Определение необходимого объема подаваемой энергии с помощью использования высокоточных датчиков на всем оборудовании. Данные, собранные с датчиков, анализируются средствами

автоматизации, после чего выбирается наиболее оптимальный и эффективный режим работы необходимого оборудования.

Подводя итог всему вышесказанному, можно с уверенностью сказать, что российскому энергетическому сектору предстоит пройти путь от традиционного управления процессами производства, передачи и распределения тепловой и электрической энергии до комплексных автоматизированных систем. Однако, уже сейчас целый ряд электростанций и подстанций оснащены частичной автоматизацией диспетчерского управления. Строятся новые электростанции и подстанции, в основном ориентированные на автоматическое управление технологическими процессами, что свидетельствует о наличии тенденции в развитии автоматизации объектов в энергетическом секторе

На сегодняшний день одной из основных целей в энергетике считается внедрение автоматизированных систем и комплексов на всех энергетических объектах. Это связано со стремительным ростом эффективности обеспечения потребителей тепло- и электроэнергией, что приводит к снижению себестоимости производимой энергии. В свою очередь снижение себестоимости производимой энергии будет способствовать росту дохода компании энергетической отрасли. Это привело к тому, что возникает необходимость в проведении исследований в сфере искусственного интеллекта. В настоящее время проводятся испытания на функционирующих электростанциях и подстанциях, теплоэлектростанциях и котельных, на новых и старых образцах оборудования, создаются особые экспериментальные энергетические объекты для моделирования различных аварийных ситуации. На данный момент наиболее перспективными разработками являются внедрение автоматизированных систем диспетчерского управления, внедрение автоматизированных систем учета и отпуска тепло- и электроэнергии, и внедрение автоматики на генерирующих предприятиях.

Источники

1. Власов Б.В. Автоматизированные системы управления рациональным электропотреблением. Москва: Высшая школа, 2019. 290 с.

2. Кустов А.А. Автоматизация управления промышленным предприятием. Тольятти: Энергетика, 2016. 650 с.

3. Прангишвили И.В., Амбарцумян А.А., Полетыкин А.Г., Гребенюк Г.Г., Ядыкин И.Б. Состояние уровня автоматизации энергетических объектов и системотехнические решения, направленные

на его повышение // Управление техническими процессами и предприятиями. - 2003. - №2. - С. 11-26.

4. Brown J. Andover Controls. Continium Configuration. New York: Popular Science, 2018. 315 p.

5. Smit S. Securiton AG. SecuriStar Introduction. Detroit: Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology, 2019. 440 p.

УДК 621.395.34

РАЗРАБОТКА МИНИ АТС НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА

Александр Вадимович Козлов[1], Ренат Ильнарович Каримов[2]
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]sanek.kozlov.1421@mail.ru, [2]renat_1.12@mail.ru

Аннотация. В статье описывается установка и настройка FreePBX, графической системы Asterisk, на одноплатном компьютере. Также есть небольшая информация и про сам Orange Pi.

Ключевые слова: АТС, одноплатный компьютер, система, FreePBX, Asterisk, телефонная станция.

DEVELOPMENT OF A PBX BASED ON A SINGLE-BOARD COMPUTER SYSTEM

Alexander V. Kozlov[1], Renat I. Karimov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]sanek.kozlov.1421@mail.ru, [2]renat_1.12@mail.ru

Abstract. The article describes the installation and configuration of FreePBX, the Asterisk graphics system, on a single-board computer. There is also a little information about the Orange Pi itself.

Keywords: PBX, single-board computer, system, FreePBX, Asterisk, telephone exchange.

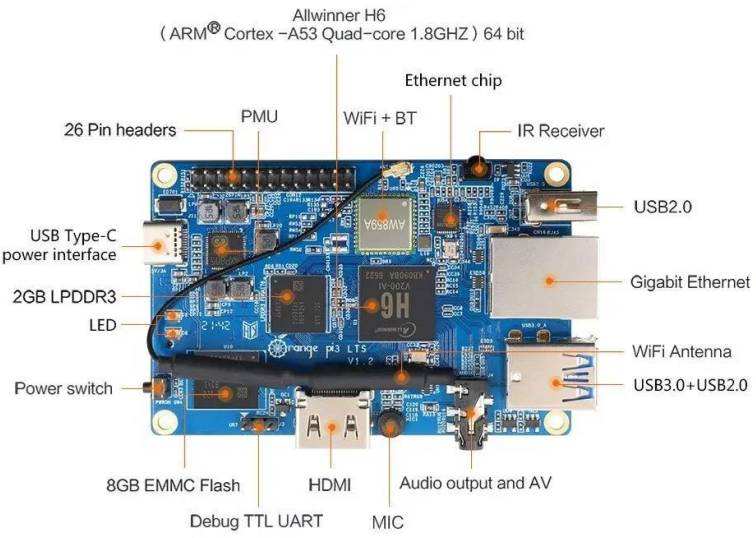
Автоматическая телефонная станция — это телефонная система коммутации, которая подключает множество дополнительных телефонов в офисе друг к другу, а также к нескольким внешним линиям. Это довольно

дорогие системы, которые можно соорудить самому. Существуют немало написанных свободных АТС: FreeSWITCH, Yate, SipXecs, Asterisk [1].

Была выбрана самая многофункциональная из вешеупомянутых система – Asterisk.

Установка программы будет осуществляться на достаточно дешёвое и миниатюрное “железо” – одноплатный компьютер. Их существует достаточно много, главные из которых на данный момент: Raspberry Pi и Orange Pi.

Возьмём Orange Pi 3 lts, так как он стоит значительно дешевле Raspberry Pi той же модели (см. рисунок).



Orange Pi 3 lts

На этом одноплатном компьютере уже есть предустановленная операционная система под названием Orange Pi. Для того чтобы установить любую другую систему, потребуется отформатировать SD-карту и закачать в неё загрузочный образ нужной системы. Это можно сделать с помощью множества утилит [2].

Дальнейшие действия – загрузка самой системы. FreePBX — графический интерфейс пользователя (GUI) с открытым исходным кодом, предназначенный для управления Asterisk. Данный интерфейс можно установить различными способами, как через командную консоль, так и с загрузочным USB-накопителем в формате дистрибутива. Второй способ легче и удобнее, так как для работы этого интерфейса придётся устанавливать вспомогательные программы. Следующий шаг – заходим в графический интерфейс Asterisk. Сделать это можно путём подключения монитора к нашему одноплатному компьютеру, либо использовать второй

рабочий компьютер с выходом в интернет, соединив оба устройства в одну локальную сеть, далее просто вводим IP-адрес нашего Asterisk-сервера и видим всю панель управления нашей телефонной станции [3].

Далее подключаем телефоны (в нашем случае IP-телефония). Указать внутренние номера и получить sip-регистрацию, т.е. учетную запись пользователя в телефонной сети. Также для хорошего качества звонков требуется подобрать кодеки, чтобы совпадали как в системе, так и в настройках телефонов. Для звонка с одного телефона на другой данных действий будет достаточно. Для выхода во внешний мир нужно иметь внешний номер, который арендуется у провайдера, настройка исходящей и входящей маршрутизации и настройка sip-транка (виртуальный канал связи в SIP-телефонии, который соединяет устройства в офисе компании и оператора) [4].

Установка мини АТС на базе одноплатного компьютера позволит начинающим предпринимателям не делать лишних вложений в работоспособность своей компании. Разработка этой системы самостоятельно позволит в дальнейшем обслуживать её без посторонней помощи, которая также ведёт к трате денег и времени. Есть возможность постоянного улучшения станции [5].

Источники

1. Трещев И.А. Телекоммуникационные системы. Практические аспекты настройки АТС. 2021

2. Аваков Р.А., Шилов О.С., Исаев В.И. Основы автоматической коммутации: Учебник для вузов.1981.

3. Абилов А.В. Сети связи и системы коммутации. Учебное пособие для вузов. 2004.

4. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. Москва. Радио и связь. 2001.

5. Гольдштейн Б.С., Фрейнкман В.А. CALL-Центры и компьютерная телефония. Санкт-Петербург. 2002.

УДК 004.3’124

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ МАЙНИНГОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Родион Васильевич Куликов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
rodion.clash@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрено проектирование автоматической системы регулирования температуры на специализированных устройствах добычи криптовалюты.

Ключевые слова: система автоматического регулирования, автоматизация, майнинг, отвод тепла.

DESIGN OF AN AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR MINING EQUIPMENT

Rodion V. Kulikov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
rodion.clash@gmail.com

Abstract. This article discusses the design of an automatic temperature control system for specialized cryptocurrency mining devices.

Keywords: automatic control system, automation, mining, heat removal.

Майнинг представляет из себя использование интегральных схем для обслуживания криптовалют путем генерации новых блоков в блокчейне и получении за эти операции некоторого вознаграждения. На заре становления криптовалют все основные вычисления выполнялись при помощи графических карт, но спустя время им на замену пришли устройства со специализированными интегральными схемами, или ASIC [1]. Так, ASIC Antminer S19J включает в себя 228 чипов. Из-за такого количества микропроцессоров происходит потребление большого количества электроэнергии – 3 000 Вт/ч и больше. Поэтому происходит выделение большого количества тепла, которое необходимо рассеивать [2]. Штатное воздушное охлаждение, поставляемое вместе с ASIC, обеспечивает недостаточно эффективный отвод тепла, из-за чего падает

как производительность устройств, так и его долговечность.

Для решения этой проблемы было принято решение спроектировать систему автоматического регулирования (САР) температуры для майнингового оборудования.

Так как воздух имеет теплоемкость в несколько раз ниже чем жидкости (1005 Дж/кг·К у воздуха против 2990 Дж/кг·К у антифриза тосол), было решено создать систему с жидкостным охлаждением [3]. За счет этого в ней организуется более эффективный отвод тепла от оборудования. В качестве хладогента выбираем антифриз.

Проектируемая САР имеет замкнутый контур, где охлаждающая жидкость совершает кругооборот от ASIC к радиатору хладогента. Ее можно увидеть на схеме ниже.

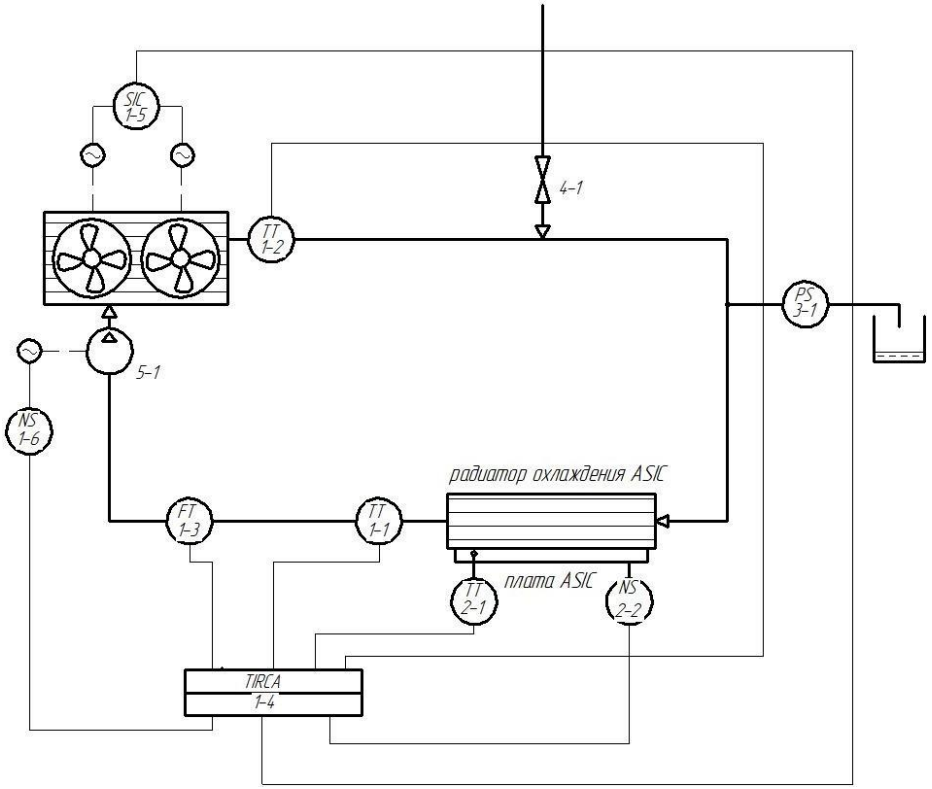


Рис 1. Функциональная схема автоматизации температуры

При запуске САР замыкаются реле 2-2 для питания ASIC и реле 1-6 для запуска работы циркуляционного насоса 5-1. При включении ASIC происходит увеличение температуры плат, которая передается хладогенту. Нагретый хладогент движется по контуру и в радиаторе охлаждения жидкости отдает тепло в атмосферу.

Для АСР температуры данные от датчиков температуры 1-1 и 1-2, и расхода 1-3 передаются на микроконтроллер 1-4, где он вырабатывает управляющее воздействие для частотного преобразователя 1-5, приводящего двигатели воздушных вентиляторов, расположенных на

радиаторе, в движение [4]. Таким образом, происходит поддержание температуры хладогента, а следовательно, и температуры ASIC.

Так как система является замкнутой, во избежание превышения допустимого давления в контуре предусмотрен предохранительный клапан по давлению 3-1 [5]. При избыточном давлении системы клапан откроется и жидкость попадет в специальный резервуар.

Также за счет использования антифриза возможна безопасная и эффективная эксплуатация системы вне обогреваемых помещений в холодное время года.

Для защиты ASIC от повышенных температур реализована система автоматической защиты. Данные от датчика температуры 2-1, встроенного в плату, постоянно отслеживаются контроллером, и при превышении безопасных значений температуры вырабатывается сигнал на отключение реле 2-2.

Благодаря использованию данной системы происходит значительное увеличение эффективности охлаждения оборудования, а соответственно возможно существенное возрастание производительности устройств, без негативных последствий.

Источники

1. Дрянова Е.В. Майнинг криптовалют / Е.В. Дрянова // Криптобизнес в условиях Сибири: Сборник научных статей участников круглого стола, Иркутск, 04 мая 2022 года. – Иркутск: Иркутский наци, 2022. – С. 180-185.

2. Гаврилов А.Г. Майнинг криптовалюты / А.Г. Гаврилов, И.Ю. Арзина // Аллея науки. – 2017. – Т. 2. – № 16. – С. 355-361.

3. Интернет-справочник по теплофизическим свойствам веществ. [сайт] – 2012 – URL: http://thermalinfo.ru/ (дата обращения 05.11.2022) – Текст: электронный

4. Патент № 2628439 C1 Российская Федерация, МПК F25D 29/00. Способ регулирования температуры и устройство регулирования температуры: № 2016113963 : заявл. 24.12.2015 : опубл. 16.08.2017 / Укэ, С. Лю.

5. Кушнаренко В.М. Причины преждевременного разрушения теплообменных труб энергетического оборудования / В.М. Кушнаренко, Ю.А. Чирков, Г.А. Клещарева, С.Ю. Решетов, А.В. Клещарева // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021 – Т. 13 – № 1(49). – С. 75-85.

УДК 656.1

БЕСПИЛОТНОЕ ТАКСИ

Илья Андреевич Лаптев[1], Роман Федорович Искандаров[2]
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]laptevilya@list.ru, [2]irf2001@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются виды беспилотного такси, возможности и перспективы их развития, а также преимущества и недостатки, которые могут возникнуть при эксплуатации.

Ключевые слова: беспилотное такси, эксплуатация, искусственный интеллект, безопасность, человек.

UNMANNED TAXI

Ilya A. Laptev[1], Roman F. Iskandarov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]laptevilya@list.ru, [2]irf2001@mail.ru

Abstract. This article discusses the types of unmanned taxis, the possibilities and prospects for their development, as well as the benefits and results that can increase operational efficiency.

Keywords: unmanned taxi, exploitation, artificial intelligence, safety, human.

В наше время тема беспилотных автомобилей достаточно популярна и актуальна. Наука стремится внедрять все больше и больше устройств с искусственным интеллектом. А значит, рост автомобилей и автотакси с беспилотным управлением – всего лишь вопрос времени [1].

В наши дни беспилотные транспортные средства оснащены аппаратно-программным комплексом, состоящим из видеокамер и лидара кругового обзора. Лидар сканирует окружающее пространство с помощью лазерного излучателя, на основе отраженных лучей составляется трехмерная карта и вычисляются точные расстояния до препятствий вокруг автомобиля. С помощью радара с меньшим углом обзора определяется расстояние до более удаленных объектов, даже на высоких скоростях. Кроме того, беспилотный автомобиль оснащен датчиками, которые определяют его местоположение, скорость и направление движения: приемники GPS/ГЛОНАСС, блок инерциальных счетчиков и

датчики, измеряющие скорость вращения отдельных колес [2]. Внутреннее программное обеспечение автомобиля работает как мозг системы. Лидар, радар и камеры могут только отслеживать объекты и сообщать об их вводе.

Следует также отметить преимущества беспилотных автомобилей. Конечно, главным преимуществом можно считать сведение к минимуму количества несчастных случаев [3]. Робот анализирует ситуацию на дороге, выбирает безопасный и благоприятный вариант событий для всех участников дорожного движения. Результаты статистики показывают, что 90 процентов всех несчастных случаев происходят по вине человеческого фактора. Ещё один плюс – все автомобили с ИИ работают на электродвигателях. Это способствует снижению затрат на ГСМ. Так как электричество дешевле топлива и газов. Следующее преимущество — это экономия времени. Люди могут отдыхать или работать в транспорте во время поездки. Также стоит отметить, что беспилотные автомобили сводят к минимуму пробки на дорогах. Пробки и заторы на дорогах также являются виной людей, а не их автомобилей, за исключением случаев, когда автомобиль ломается на дороге [4]. Кроме того, сокращение числа несчастных случаев приведет к снижению количество заторов - поврежденный автомобиль, занимающий одну или несколько полос движения, станет меньше, а дороги - свободнее. Кроме того, преимуществом является способность беспилотных транспортных средств перевозить опасные грузы. Беспилотное автотакси являются более выгодным приобретением для таксопарков, так как работодатель не выплачивает зарплату водителям. Остаются только расходы на содержание автомобиля и обновление программного обеспечения. Также стоит не забывать выполнять ежедневное обслуживание автомобилей, чтобы исключить возможность отказа оборудования в таких транспортных средствах. С точки зрения безопасности водители-люди уступают роботу.

Однако другая сторона медали заключается в том, что у беспилотного автомобиля есть недостатки. В наше время таких автомобилей всего-навсего - единицы. А это значит, что присутствует человеческий фактор на дороге. А, как мы знаем, водитель бывает непредсказуем, причём очень часто. Компьютеру будет сложно просчитать манёвр, который совершит едущий впереди человек [5]. К примеру: человек может пропустить поворот и выполнить опасный манёвр, подвергая всех участников движения опасности. Другая важная проблема – сбои в работе компьютера или искусственного интеллекта.

А это сулит опасностью для всех участников движения, включая пешеходов. Еще один недостаток — это стоимость автомобиля. Понятно, что автомобили, целиком и полностью загруженные электроникой и способные передвигаться без помощи людей, будут стоить дороже, чем самые дорогие автомобили в мире. И, конечно, не каждый таксопарк может позволить себе такую роскошь. Второй — это человеческий фактор. Хотя беспилотным автомобилям не требуется водитель, вся электроника по-прежнему изобретена людьми, а их прошивка выполняется обычными программистами [6]. Огромная зависимость беспилотного такси от программного обеспечения создает риск сильной зависимости от хакеров. Вполне возможно, что полностью автономные автомобили могут быть удаленно украдены или перепрограммированы.

В заключение хотелось бы сказать, что беспилотные автомобили через несколько десятилетий могут стать основным видом передвижения, они значительно улучшат нашу современную жизнь, создав для людей удобные условия пассажирских перевозок. Развитие подобных аппаратов очень важно для общества, беспилотное такси является востребованным в городской среде средством передвижения, оно непрерывно развивается и модернизируется с учетом последних технических и информационных достижений.

Источники

1. Никитина Е.Н. Анализ развития в мире автономных автобусов и такси / Е.Н. Никитина, В.В. Епифанов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2020. – № 4(92). – С. 63-67.

2. Как Яндекс делает обычные автомобили беспилотными. — Текст: электронный//: [сайт]. URL: https://habr.com/ru/company/yandex/blog/585444/. Дата обращения: 9 ноября, 2022 год// Доступ свободный.

3. Беспилотные электромобили Tesla: революция в модели потребления - Текст: электронный // drive2.ru. URL: https://www.drive2.ru/c/555999391740068229/. Дата обращения: 9 ноября, 2022 год// Доступ свободный.

4. Yandex Taxi Unveils Self-Driving Car Project [Электронный ресурс] URL: https://yandex.com/company/blog/yandex-taxi-unveils-self-driving-car-project/. Дата обращения: 9 ноября, 2022 год// Доступ свободный.

5. Эксперимент. «Инде» тестирует беспилотное такси в Иннополисе // https://inde.io/article/16240-eksperiment-inde-testiruet-bespilotnoe-taksi-vinnopolise. // 2018 г.// Дата обращения: 9 ноября, 2022 год// Доступ свободный.

6. Бреславец А.В. Система беспилотных такси: возможности и перспективы / А.В. Бреславец // Академическая публицистика. – 2019. – № 5. – С. 59-61.

УДК 608.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛК ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Тагир Ильшатович Латыпов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.М. Сафаров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
latypov-14@mail.ru

Аннотация. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) являются неотъемлемой частью автоматизированных систем управления (АСУ) в сфере промышленной автоматизации различных технологических процессов. Их функциональная база полностью удовлетворяет потребностям как устройств бытового назначения, так и сложных, широкомасштабных систем автоматизированного управления, которые осуществляют мониторинг деятельности целого производственного предприятия.

Ключевые слова: АСУ ТП, единичный показатель надежности, контроллер, ПЛК АБАК, ПЛК Siemens, ПЛК ОВЕН, импортозамещение.

OPTIMIZATION OF ASSESSMENTS OF THE CHARACTERISTICS OF PROGRAMMABLELOGIC CONTROLLERS IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Tagir I. Latypov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
latypov-14@mail.ru

Abstract. Programmable logic controllers (PLCs) are an integral part of automated control systems (ACS) in the field of industrial automation of various technological processes. Their functional base fully meets the needs of both household devices and

complex, large-scale automated control systems that monitor the activities of an entire manufacturing enterprise.

Keywords: ACS, a single indicator of reliability, controller, Siemens, PLC “ABAK”, PLC “Siemens”, PLC “OVEN”, import substitution.

Цель: предложить критерии оценки АСУ на основе ПЛК компаний Siemens, Инкомсистем, Yokogawa.

Показателями надежности системы на базе ПЛК можно считать такие количественные характеристики, которые необходимы для решения практических задач по оценке надежности, то есть те, которые наиболее точно отображают состояние системы в конкретный момент времени. Существуют единичные и комплексные показатели надежности [1].

Вероятность безотказной работы – это количественная оценка вероятности того, что в диапазоне заданной наработки либо заданного интервала времени t отказ объекта или блока системы не произойдет [2]. Обозначив $\sum ti$, через r, где r – количество объектов из общего числа наблюдаемых N, отказавших ко времени t, и работоспособных в начальный момент времени t = 0, получим:

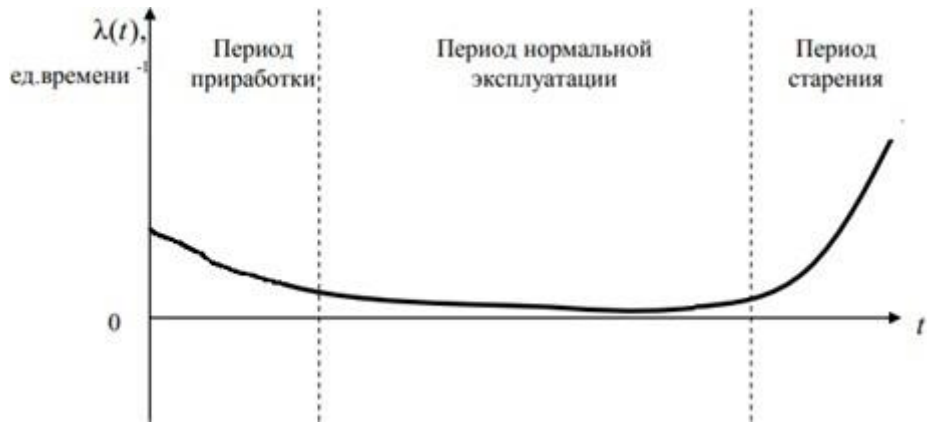
$$P(t) = (N - r)N \text{ ,} \quad (1)$$

где (N - r) - количество объектов, проработавших безотказно до момента времени t.

Средняя наработка до отказ определяется как математическое ожидание среднего времени наработки до первого отказа [3]. По ГОСТ 16504—81 данный показатель определяется как отношение статистической суммарной наработки $\sum ti$ испытуемых объектов до отказа к количеству наблюдаемых объектов N [4]:

$$T1 = \sum ti / N \text{ ,} \quad (2)$$

Интенсивности отказов λ(t) большого количества объектов описывается U-образной кривой, где повышенная интенсивность отказов, зачастую вызвана приработочными отказами, обусловленными дефектами монтажа и наладки (см. рисунок) [5].



Вид кривой интенсивности отказов

Таким образом, обозначив критерии оценки ПЛК различных производителей мы имеем возможность создать шкалу и методику оценки, которая существенно упростит процесс проектирования систем автоматизации на базе промышленных ПЛК. Это в свою очередь позволит снизить временные и экономические затраты на создание подобных систем.

Источники

1. ГОСТ 24.701-86. Надежность автоматизированных систем управления. М.: Стандартинформ, 2009. – 64 с.

2. Сафаров И.М., Набиуллин Б.К., Сафиуллина Г.М. Автоматизация расчета передаточных функций АСУ методом некасающихся контуров// Инженерный вестник Дона, 2020, ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6435

3. Иванова В.Р., Новокрещенов В.В., Роженцова Н.В. Разработка алгоритма для эффективного управления технологическим процессом промышленного предприятия на базе программируемого логического контроллера TM171PDM27S Schneider Electric. *Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ.* 2020;22(2):75-85. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-2-75-85

4. Сафаров И.М., Хаматханов Д.И., Калимуллин А.А. Автоматизированная система управления параметрами теплоносителя с удаленным доступом// Инженерный вестник Дона, 2018, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4912.

5. Бисвас К., Корнилов В.Ю. Автоматизированная система управления распределительными кругами элеватора №1, ЗАО ЭФЕС,

Казань. *Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ*. 2015;(1-2):123-132. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2015-0-1-2-123-132

УДК 65.011.56

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Руслан Рамилевич Мавлеев
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ryslik592@gmail.com

Аннотация. Ещё несколько лет назад, сфера искусственного интеллекта (ИИ) вызывала у промышленных компаний недоверие, но с появлением новых трендов рынка, развитие новых технологий фундаментально изменило ситуацию. За последние 5 лет искусственный интеллект стал одним из основных векторов развития в промышленности. В данной статье рассмотрено возможное внедрение методов искусственного интеллекта в различные сферы промышленности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, ИИ, предикативная технология, автоматизация, индустрия 4.0, машинное обучение.

USING THE METHODS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE INDUSTRY

Ruslan R. Mavleev
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ryslik592@gmail.com

Abstract. A few years ago, the field of artificial intelligence (AI) caused mistrust among industrial companies, but with the advent of new market trends, the development of new technologies has fundamentally changed the situation. Over the past 5 years, artificial intelligence has become one of the main vectors of development in the industry. This article discusses the possible implementation of artificial intelligence methods in various industries.

Keywords: artificial intelligence, AI, predictive technology, automation, industry 4.0, machine learning.

Системы искусственного интеллекта на данной момент опираются на точные расчеты и логику. ИИ содействует в анализе текущей обстановки на производстве в реальном времени, и помогает сохранить работоспособность даже при смене вектора развития. Преимущество искусственного интеллекта обусловлено способностью менять алгоритмы достижения результата, и искать оптимальные решения в реальном времени [1].

Рассмотрим функции искусственного интеллекта на примере отечественной машиностроительной компании ПАО “КамАЗ” [2]. Компания внедрила компьютерное зрение на покрасочную линию, что позволило отслеживать, когда, сколько, в каком месте, какого качества прошло деталей. Внедрение данной технологии именно на эту часть производства, обусловлено тем, что детали, которые проходят через определённую точку, двигаются с определённой частотой, и сотрудники не могут остановить конвейерную линию чтобы осмотреть каждую деталь со всех сторон. Теперь данная задача автоматизирована, ну что будет если произвести комплексную цифровизацию на все линии различных назначений. Это полное автономное производство, к чему и стремятся большинство компаний [3].

Ну почему большинство компаний до сих пор не внедряют современные технологии у себя на производстве. Причиной тому, нехватка точных данных. И поэтому на данный момент появилась острая необходимость проведение реальных и виртуальных экспериментов, для того чтобы дополнить информацию реальными данными. Важно добиться высокого качества прогноза для принятия правильного решения, а для качественного прогноза необходимо большое количества информации [4].

Рассмотрим самый простой пример внедрения искусственного интеллекта и машинного обучения на примере концепта, направленный на оптимизацию строительства газопроводной линии. Данный концепт реализован на базе программного обеспечения (ПО), написанного на C#. Взаимодействие с ПО осуществляется с помощью мессенджера Telegram. Задействованные библиотеки: Microsoft.Office.Interpop.Word, ExcelDataReader, System.Data.SQLite, Telegram.Bot. Принцип работы данного ПО заключается в том, что мы получаем данные со строительной площадки в реальном времени и впоследствии их обрабатываем, примером таких данных является: поведение техники, эксплуатационные характеристики двигателя, время простоя, время работы и т.п. Обработка этих данных осуществляется благодаря заданной логике в ПО и машинного обучения. Получая все эти данные в единую сводную таблицу

Excel, наше программное обеспечение начинает обрабатывать каждую ячейку и находить отклонения от идеальных значений, а идеальные значения в свою очередь генерируются на основе исторических данных, которые были получены при выполнении подобной работы, ИИ фильтрует данные и проводит вычислительные эксперименты, например: что будет если принять одно решение, и что будет если принять другое, и выбирает самый оптимальный вариант [5]. Важно отметить, что данная система не управляет техникой, она даёт необходимую информацию диспетчеру, который в свою очередь предпринимает управленческие решения (см. рисунок).

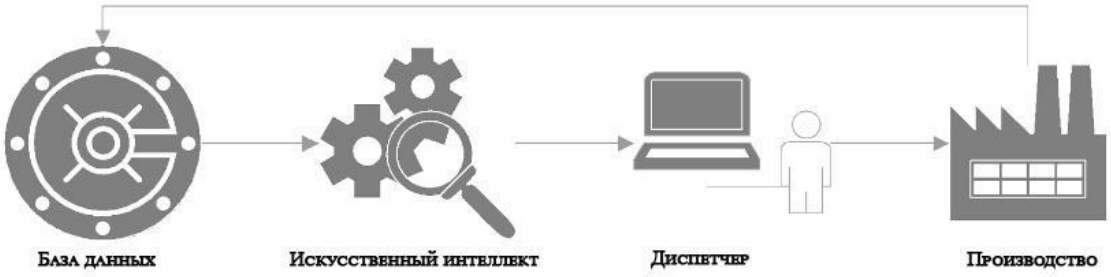


Схема взаимодействия диспетчера и программного обеспечения

Преимущества данного решения в том, что человек, который отвечает за выполнение плана, в реальном времени может отслеживать те места, где необходимо выполнить работу над оптимизацией, и получить не только информацию о ситуации, а также получить руководство к действиям, как лучше поступить для того, чтобы оптимизировать процесс. Данная разработка не ограничивается данными полученные со считывателей датчиков, а перспективой внедрения, к примеру может является учет погодных условий, состав человеческих ресурсов и другие показатели, которые напрямую влияют на производительность работ.

Источники

1. Юсупова И.В., Нугуманова Л.Ф., Селезнев Д.К. Стратегические основы инновационного развития Республики Татарстан // Вестник КГЭУ. 2018. Т. 10. №1(37). С. 133-139.

2. ИИ-решения в российской промышленности: лучшие кейсы, проблемы, перспективы // https://cdo2day.ru/ (Дата обращения 08.11.2022)

3. РосТех. КАМАЗ создает цифровые двойники на производстве // https://rostec.ru/ (Дата обращения 08.11.2022)

4. Васев А.Н., Мисбахов Р.Ш., Зиганшина А.И., Федотов В.В. Комбинированные системы сбора и передачи технологической и диагностической информации АСУТП электроустановок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2018. №20(11-12). С. 16-26.

5. РБК. Предикативная аналитика: как предсказать эпидемию и успех в бизнесе // https://trends.rbc.ru/ (Дата обращения 08.11.2022)

УДК 62-52

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ЗАГОТОВОК В ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Айнур Марсович Минниамхетов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
aynur.minniakhmetov@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается токарный станок с ЧПУ с автоматической подачей заготовок, что позволяет при обработке серийных заготовок повысить производительность и уменьшить вовлечения оператора в выпуск готовых изделий.

Ключевые слова: автоматизация, станок с ЧПУ, прудки, обработка, подача.

AUTOMATION OF WORKPIECE FEEDING IN CNC LATHES

Ainur M. Minniamkhetov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
aynur.minniakhmetov@mail.ru

Abstract. The article discusses a CNC lathe with automatic feeding of workpieces, which allows for the processing of serial workpieces to increase productivity and reduce the involvement of the operator in the production of finished products.

Keywords: automation, CNS machine, ponds, processing, feeding.

Устройство для автоматической подачи заготовок или полуфабрикатов на станок (см. рис.), в частности на токарный станок с ЧПУ, и автоматической выгрузки обработанных заготовок состоит из портального погрузчика, имеющего встроенное устройство подачи, которое позволяет загружать бруски в заднюю часть шпинделя токарного станка, тем самым образуя универсальное устройство автоматической подачи. Кроме того, последнее, в частности, позволяет осуществлять контролируемое удаление

конца стержня после того, как все заготовки были обработаны из соответствующего стержня [1].

Устройство автоматической подачи прудков

Настоящее изобретение относится к устройству для автоматической подачи заготовок или полуфабрикатов к станку, более конкретно к токарному станку с ЧПУ, и автоматической выгрузки обработанных заготовок и к способу работы такого устройства [2].

Помимо роботов, которые в основном используются для производственных процессов очень большими сериями на станках, имеющих несколько станций (передаточные машины), два типа автоматических устройств для подачи (или загрузки, согласно еще одной распространенной терминологии) заготовок или полуфабрикатов, которые предназначены для обработки на станке, и/или можно различать разгрузку обработанных заготовок, а именно портальные погрузчики и устройства, известные как устройства подачи магазинных стержней[3].

Устройства подачи прутков расположены в задней части передней бабки или шпинделя токарного станка. Они существуют на рынке уже около пятидесяти лет и используются для обработки прутков, доступ к зоне обработки перед шпинделем, которых исключен из-за их длины (в среднем на большинстве токарных станков с ЧПУ эта доступная зона обработки простирается на длину порядка от 3,0 м до 6,0 м, тогда как так называемые короткие стержни имеют длину примерно от 1 до 1,50 м)[4]. Хотя эти устройства подачи позволяют автоматизировать подачу прутков такого типа на токарные станки, они, тем не менее, имеют существенные недостатки. Первый, основной недостаток связан с остатками стержня (концами стержня). Фактически, для получения обработанных заготовок высокой точности необходимо предотвратить любое перемещение стержня, что

подразумевает необходимость точного направления стержня в шпинделе токарного станка. Это направление обеспечивается по меньшей мере одним уменьшающим элементом (трубкой или втулкой), который вводится в шпиндель токарного станка и отверстие которого соответствует диаметру заготовки, т.е. стержня, что, однако, делает невозможным захват конца стержня, т.е. извлечение последнего через заднюю часть шпинделя. Поэтому концы прутков всегда выбрасываются фронтально, в зоне обработки токарного станка, в конвейер для стружки [5].

Автоматическая подача прутка через шпиндель в зону обработки позволяет значительно сократить время наладки заготовки. Это значительно повышает производительность производства и повышает безопасность самого процесса. Кроме того, один человек может управлять несколькими машинами одновременно, создавая дополнительную нагрузку на оператора. Операторы просто загружают прутки в автоподатчик в нужное время и следят за тем, чтобы их параметры соответствовали программе обработки, загруженной в ЧПУ.

На данный момент, уже множество предприятий использует это оборудование. Ведь оно имеет огромный потенциал и перспективы.

Источники

1. Брусова О.М., Усербаев М.Т., Тимирханов Б.Б. Автоматизация технологических процессов в машиностроении: учебное пособие. — Астана: Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, 2016. - 136 с

2. Кошкин В.Л. Аппаратные системы числового программного управления. — М.: Машиностроение, 1989. - 248 с

3. Зазерский З.И., Жолнерчик С.И. Технология обработки деталей на станках с числовым управлением. – Л.: Машиностроение, 1975. – 208 с

4. Автоматизация подачи заготовок на станок ЧПУ. URL: https://patents.google.com/patent/US8584559B2/en

5. Аверченков В. и др. Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Часть 1. – Litres, 2015.

УДК 004.032.26

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ

Эльдар Джамильевич Муниров
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М. А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
muniroveldar@mail.ru

Аннотация. В данной статье описано широкое применение нейросетевых технологий в современных системах управления, а именно в системе управления мобильным аппаратом, задачей которого является безопасное транспортное передвижение в помещениях, где имеются препятствия, а также ходят люди. Авторами статьи обосновывается важность и практичность использования нейронных сетей в данной системе управления.

Ключевые слова: нейронные сети, искусственный интелект, мобильный аппарат, система управления, робот.

USE OF NEURAL NETWORKS IN MODERN ROBOT CONTROL SYSTEMS

Eldar D. Munirov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
muniroveldar@mail.ru

Abstract. This article describes the wide application of neural network technologies in modern control systems, namely in the control system of a mobile device, the task of which is safe transport movement in rooms where there are obstacles, in particular people. The authors of the article substantiate the importance and practicality of using neural networks in this control system.

Keywords: neural networks, artificial intelligence, mobile device, control systems, robot.

21 век - век информации и информационных технологий. За последние двадцать лет динамика развития информационных структур, а также их исполнение в жизни человека достигла таких масштабов, что сегодняшний день невозможно представить без предметов, тем или иным способом связанных с информационным сегментом, начиная с яндекс станций, умных домов и заканчивая беспилотными автомобилями. Эти технологии, именуемые искусственным интеллектом, значительно

упрощают жизнь человека в решении разнообразных, периодических задач, где обычные алгоритмические решения оказываются малопродуктивными, неосуществимыми или вовсе на решение этих задач уходит много времени [1].

Одно из самых перспективных методов искусственного интеллекта, заменяющий нелегкий труд человека и обрабатывающий данные таким же способом, как и человеческий мозг, являются нейронные сети. Нейронная сеть – это математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма [2]. В основном нейронная сеть представлена в виде компьютерных программ или программных обеспечений.

Современным примером решения алгоритмических задач на основе нейросетей является система управления мобильным роботом. Этот механизм состоит из четырехколесной платформы и самого полутораметрового корпуса с выдвижным механизмом, на котором будет находится поднос с едой. Он оснащен объемной информационной системой, в состав которой входят множество датчиков и сенсоров, отвечающих за определение препятствий и безопасное движение робота. Главной задачей робота является безопасное передвижение в заведениях общественного питания с обязательным исключением столкновения с препятствиями.

Продуктивным способом для управления движением механических частей робота будет использование контроллера на основе нейросети, так как эти контроллеры используются в среде, где имеются много неопределенных внешних воздействий. В нашем случае это посетители, случайным образом передвигающиеся по территории. На вход подается информация состояния системы (устройства, двигатели), а также векторы задающих и возмущающих воздействий (см. рисунок) [3].

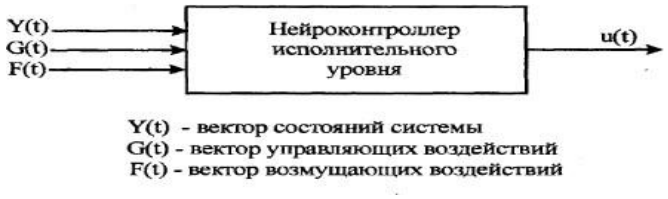


Схема нейроконтроллера

Таким образом, приведенная выше система управления на основе нейрорегулятора имеет рад преимуществ и недостатков. С одной стороны,

ввод в эксплуатацию данного мобильного робота несет улучшение качества жизни людей, а именно облегчение утомительной работы персонала, ускорение технологического процесса [4], безопасность жизни в период опасной инфекции или пандемии. На сегодняшний день актуальна проблема ввода интеллектуальных систем в заведения, где имеются скопления людей в профилактику коронавирусной инфекции. Также плюсом для работодателя является отсутствие выплаты заработной платы сотрудникам. Замена человеческого труда ведет к многократному сокращению большого количества рабочих мест, а может и лишить целой профессии [5]. Это все ведет к безработице, а следовательно, к хаусу в стране. Стоит и учитывать стоимость обслуживания мобильного робота. Данный аппарат не следует приобретать начинающим компаниям, так как это оборудование требует относительно больших затрат.

Источники

1. Цаунит, А. Н. Перспективы развития и применения нейронных сетей / А.Н. Цаунит. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 23 (365).

2. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. / А.И. Галушкин. М.: РиС, 2015. 496 с.

3. Хомченко В.Г. Мехатронные и робототехнические системы: учеб. пособие / В.Г. Хомченко, В.Ю. Соломин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. – 160 с.

4. Осипов Г.С. Оптимизация одноканальных систем массового обслуживания с неогрниченной очередью// Бюллетень науки и практики. 2016. № 9(10)

5. Брагин А.В., Мурошниченко В.В., Орлова Е.С. Создание автоматизированной компьютерной системы для информационной поддержки врача-стоматологам 2011. №4.

УДК 62-52

ПРОГРАММИРОВАНИЕ СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСАМИ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ УРОВНЯ В РЕЗЕРВУАРЕ НА БАЗЕ ПР100

Адэля Мавлетовна Муратова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
adelamuratova59@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрен вариант внедрения программируемого реле компании Овен для решения вопросов автоматизации управления насосами для поддержания уровня в резервуаре. В соответствии с требованиями к выполняемым задачам системы подобрана модель ПР100-230.1208.01.1 и на ней написана программа для управления станцией.

Ключевые слова: автоматизация, насос, программируемое реле, программирование, OwenLogic.

PROGRAMMING OF THE PUMP CONTROL STATION TO MAINTAIN THE LEVEL IN THE TANK BASED ON PR100

Adela M. Muratova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
adelamuratova59@gmail.com

Abstract. The article considers the option of implementing a programmable relay of the Aries company to solve the issues of automation of pump control to maintain the level in the tank. In accordance with the requirements for the tasks performed by the system, the model PR 100-230.1208.01.1 was selected and a program for station management was written on it.

Keywords: automation, pump, programmable relay, programming, OwenLogic.

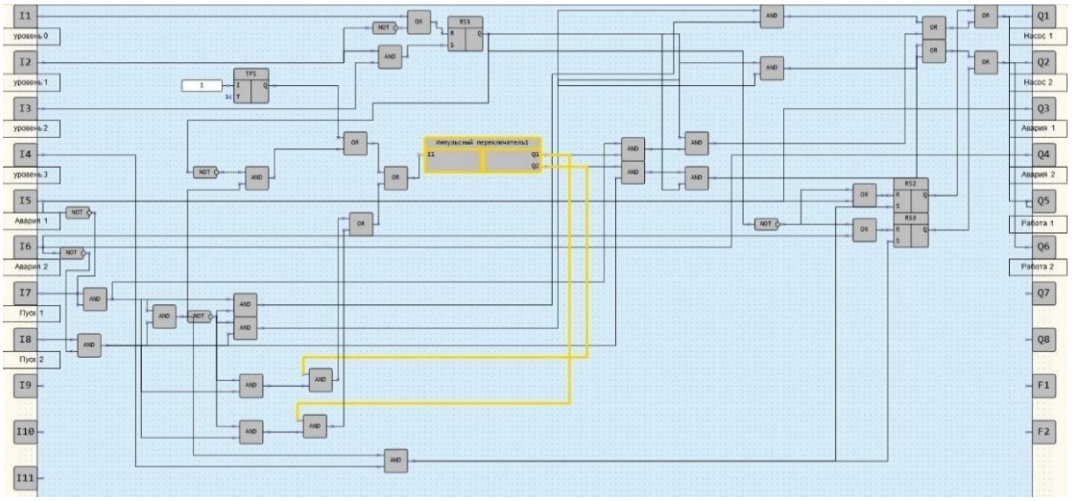
Роль российских устройств для автоматизации технологических процессов значительно возросла вследствие ухода с рынка России зарубежных производителей, продукция которых использовалась в подавляющем большинстве случаев. Технические решения российской компании Овен удовлетворяют требованиям современных систем управления, помимо этого стоимость их оборудования в текущих реалиях не высокая.

Программируемые реле (ПР) компании Овен могут реализовывать управление систем различной сложности [1]. Они предназначены для решения локальных и малых задач автоматизации до 150-200 точек ввода/вывода, однако для сложных систем этого недостаточно [2]. Вариантом их применения является система управления насосами для поддержания уровня в резервуаре.

Мы рассмотрим систему, которая должна выполнять следующие действия: организация опустошения резервуара до первого уровня, отключение питания насосов в аварийных ситуациях, поочередная работа насосов, в случае достижения верхнего аварийного уровня подключается дополнительно другой насос, возможность подключения только одного насоса в работу. Первый уровень – выключение насоса, второй - включение одного насоса, третий (верхний аварийный) - включение двух насосов, нулевой (нижний аварийный) - отключение всех насосов.

Для выполнения данных задач необходимо, чтобы у ПР было минимум 8 дискретных входов и 6 дискретных выходов и номинальное напряжение питания 220В. Этим требованиям соответствует вся линейка программируемых реле Овен, однако модель ПР100 является более экономичным выбором с учетом того, что нет необходимости во встроенном дисплее и наличии аналоговых входов/выходов. Поэтому написание программы будет производиться на ПР100-230.1208.01.1.

Построение алгоритма работы реализовано в программе OwenLogic [3]. В качестве языка программирования используется язык функциональных блоков (FBD), который наглядно представляет алгоритм. Для проверки алгоритма и удобства редактирования поддерживается режим симуляции [4].



Программа для ПР100 в OwenLogic

В результате, разработанный нами алгоритм (см. рисунок) обеспечивает исполнение требований к станции. После изучения программируемых реле компании Овен можем сказать, что рассматриваемые устройства достаточно просты в эксплуатации и легко поддаются изучению и программированию, так как возможности

программы OwenLogic подробно изложены на официальном сайте производителя [5]. Также преимуществом OwenLogic является бесплатное обслуживание. Стоимость ПР Овен по сравнению с зарубежными производителями в настоящее время различаются практически в 2,5 раза.

Источники

1. Белослудцев В.С. Программируемые логические реле. Анализ применения в промышленном оборудовании или в системах электроснабжения предприятиях. / В.С. Белослудцев // актуальные проблемы авиации и космонавтики. – Красноярск, 2019. – С. 886-888.

2. ОВЕН Документация. Руководство по эксплуатации: сайт. – URL: https://docs.owen.ru/product/pr100/78/35396#topic-35396 (дата обращения: 11.11.2022)

3. Ашихмин А.А., Козлов А.В. Методические указания для выполнения практических работ по программированию логических реле. / ГАПОУ ТО «ТКПСТ». – Тюмень, 2020 – С. 4-41.

4. САКНЭ П.Р. Обзор программируемых интеллектуальных реле / П.Р. САКНЭ // энергетика и энергосбережение: теория и практика. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 317-1 - 317-5.

5. ОВЕН Документация. Руководство пользователя OWEN Logic: сайт. – URL: https://docs.owen.ru/product/programmnoe_obespechenie_owen_logic/986/53812#topic-53812 (дата обращения: 11.11.2022)

УДК 681.516.32

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ

Вадим Иванович Мыльников

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

mylnikov-vadim@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены методы организации базы данных на основе СУБД PostgreSQL. Предложенные методы рассматриваются с точки зрения эффективности использования памяти и процессорного времени серверного оборудования.

Ключевые слова: PostgreSQL, база данных, диспетчеризация, эффективность использования памяти.

METHODS OF ORGANIZING DATA STORAGE IN THE DISPATCHING SYSTEM

Vadim I. Mylnikov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
mylnikov-vadim@mail.ru

Abstract. The article discusses the methods of organizing data storage based on the PostgreSQL DBMS. The proposed methods are considered from the point of view of the efficiency of using memory and processor time of server equipment.

Keywords: PostgreSQL, data storage, dispatching, memory usage efficiency.

Распространение и постоянное масштабирование систем мониторинга привело к росту требований к быстродействию серверного оборудования, а также к необходимости более эффективной организации структур хранимых данных.

Так как PostgreSQL предоставляет возможности использования массивов [1], метод организации с использованием массивов является валидным с точки зрения времени разработки, не требует переопределения методов поиска, экономичен к памяти, однако с ростом размеров массивов функция checkpoint[2] будет занимать все больше времени для записи “грязных” страниц на диск, что может привести к задержке выполнения транзакций. Структура, использующая массивы, представлена на рисунке 1.

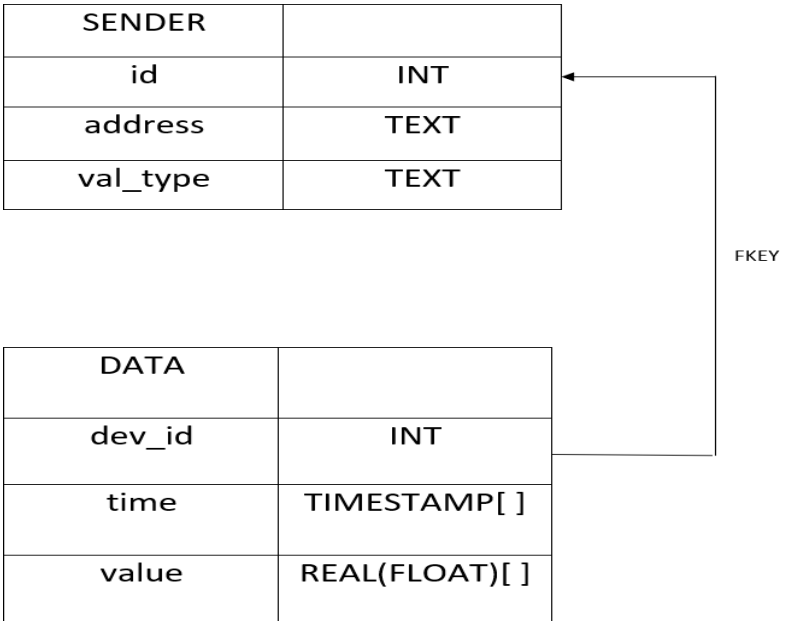


Рис. 1. Структурная схема базы данных с использованием массивов.

Второй возможный метод организации базы данных – хранение данных времени и измеряемой величины в файле, в БД сохраняется только путь к файлу. Этот метод требует написания некоторого количества скриптов или программ для взаимодействия с файлом, обеспечения не избыточных транзакций и резервного копирования, но может заметно снизить нагрузку операции checkpoint и убрать зависания транзакций во время его работы. Однако операции чтения при такой организации БД станут более ресурсозатратными[3]. Структура БД, использующая файлы, представлена на рисунке 2.

SENDER	
id	INT
address	TEXT
val_type	TEXT
path_to_file	TEXT

Рис. 2. Структурная схема базы данных с использованием файлов.

Так как размер блоков данных заведомо известен, а записи времени последовательно неубывающие, то для поиска в файле возможна

индексация и алгоритм бинарного поиска. Расположение записей в блоке представлено на рисунке 3.

time	val	time	val	…
TIMESTAMP 4 bytes	REAL(FLOAT) 4 bytes	TIMESTAMP 4 bytes	REAL(FLOAT) 4 bytes	
[0]		[1]		

Рис. 3. Расположение записей в блоке.

Таким образом, файловый метод организации БД может быть более предпочтителен в малых системах диспетчеризации, в которых количество запросов на чтение относительно невелико, и позволит избежать долгих ожиданий ответа на запрос из-за работы fsync[4], вызываемой функцией checkpoint[5]. В системах с большим количеством запросов на чтение, нормальная форма БД предпочтительнее.

Источники

1. The PostgreSQL Global Development Group, Документация PostgreSQL 15 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://repo.postgrespro.ru/doc//pgsql/15.0/ru/postgres-A4.pdf – свободный.

2. Илья Космодемьянский. Как PostgreSQL работает с диском// Конференция разработчиков высоконагруженных систем HighLoad 2014.

3. Новиков Б.А., Горшкова Е.А., Графеева Н.Г. Основы технологий баз данных. // ДМК-Пресс. 2020. С. 48-59.

4. The PostgreSQL Global Development Group, документация PostgreSQL: журнал предзаписи. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.6/runtime-config-wal#runtime-config-wal-settings – свободный.

5. The PostgreSQL Global Development Group, документация PostgreSQL: контрольные точки. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.6/runtime-config-wal#runtime-config-wal-checkpoints – свободный.

УДК 65.011.56

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Ислам Райхатович Нафиков
Науч. рук. А.С. Марченко
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
nafikovislam296@gmail.com

Аннотация. В статье приведены данные об истории развития автоматизации производства. Перечислены некоторые виды автоматизации производства, а также возможность их применения в промышленности.

Ключевые слова: автоматизация; автоматизированное производства; промышленная революция; роботы.

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION AUTOMATION

Islam R. Nafikov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
nafikovislam296@gmail.com

Abstract. The article provides data on the history of the development of production automation. Some types of production automation are listed, as well as the possibility of their application in industry.

Keywords: automation; automated production; industrial revolution; robots.

Слово «автоматизация» происходит с греческого слова «автоматос», что означает «самодвижущийся». Автоматизация производственных процессов совершаются без участия человека. Человеку нужно лишь адаптировать приборы, а также контролировать их работу [1]. У автоматизации ранняя жизнь наступает с промышленной революции, а также промышленного снабжения среди 1790, а также 1840 годами. В то время, как и сейчас, общество боялись воздействия автоматизации на их работу [2].

Промышленная революция создала нужные условия с целью механизации изготовления в главную очередь прядильного, ткацкого, металло-, а также деревообрабатывающего. К. Маркс понимал сознательно новейшее направление технологического прогресса, а также подсказал переход с использования раздельных автомобилей к "автоматической системе машин", в который за народом остаются осознанные функции управления.

Важными изобретениями в те времена были изобретения русского механика И. И. Ползунова автоматического регулятора питания парового котла 1765 года, а также английского изобретателя Дж. Уаттом центробежного регулятора скорости паровой машины 1784 года, который стал главным основой механической энергии для привода станков, машин и механизмов.

В нашем же государстве в процессе исполнения 1-ый 3-х пятилетних проектов развития народного хозяйства (1928-41) были сформированы первоначальные фабрики, изготавливающие оборудование. В период Великой Отечественной войны (1941-45) автоматизированные производства обладали колоссальной значимостью в материально-техническом обеспечении фронта, а также удовлетворение потребностей оборонной промышленности Союз Советских Социалистических республик. В первоначальном послевоенном плане возобновления, а также формирования общенародного хозяйства (1946-50) была учтена последующая автоматизация в энергетике, химической, нефтяной, а также нефтехимической промышленности, обширное введение в изготовление автоматизированного электропривода. Проект последующего формирования автоматизация производства в промежуток 1953-58, принятая в 19-м съезде Коммунистической партии Советского Союза, предусмотрела, в частности, механизацию работ, а также автоматизированные производства в предприятиях чёрной металлургии, в горной промышленности, в машиностроении, а кроме того, полную автоматизацию Гидроэлектростанции [3].

В настоящее время автоматизации промышленности осуществляется на всех уровнях предпринимательства, а также производства, так как все это облегчает производственную деятельность. В наше время возникли подобные виды автоматизации производства, как: машины с числовым управлением (NC), автоматизированные линии, информационные технологии (IT), роботы, гибкие производственные системы (FMS) а также системы компьютерного интегрирования (CIM) [4].

Со временем, многие производства становятся менее вредными для окружающей среды. Недавние исследования подтвердили значительное сокращение парниковых выбросов газа. Благодаря автоматическим системам контроля выбросов и сбросов [5].

Автоматизированные системы позволяют увеличить производительность труда. Если сравнивать выполнение определённых операций — например, перемещение деталей — человеком и роботом, то последний выигрывает по скорости и качеству [4].

История автоматизации из-за небольшого периода дошла до существенных успехов. На сегодняшний день именно она продолжает увеличиваться, а также совершенствоваться, предоставляя нам все наиболее инновационные решения, интерактивный ИИ [2]. Примеры Aviasales, Weblium, Sephora и Lamoda доказывают, что использование искусственного интеллекта помогает компаниям значительно вырасти, причем иногда за короткое время. Также некоторые показатели никогда бы не удалось улучшить без внедрения ИИ [6].

Каковыми бы интересными ни были нынешние, а также предстоящие технологические процессы, мы никак не должны забывать историю автоматизации либо ту труд, которую понадобилось проделать, для того чтобы мы стали там, где мы пребываем на сегодняшний день [2].

Источники

1. История развития автоматизации производства. Роль отечественных и зарубежных ученых в развитии автоматизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studfile.net/preview/7402787/

2. A history of automation: the rise of robots and AI [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.thinkautomation.com/bots-and-ai/a-history-of-automation-the-rise-of-robots-and-ai/

3. История развития автоматизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.pta-expo.ru/automation/articles/ingener_info2007_2/

5. История развития автоматизации производства: принципы, цели, виды [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kosmek.ru/blog/avtomatizatsiya-proizvodstva-2.html

6. Automation in New Zealand's offsite construction (OSC) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/350384438

7. Как искусственный интеллект поможет вырасти любой интернет-компании [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://hightech.fm/2019/02/04/ai-company

УДК 543.27. -8

ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ, ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Ксения Евгеньевна Подыганова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ksyhaway@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрена история происхождения газоанализаторов, их применение в жизни и их дальнейшие перспективы.

Ключевые слова: газоанализатор, газы, газовый анализ, концентрация газов, промышленность, угарный газ.

GAS ANALYZERS.THEIR ORIGIN AND APPLICATION IN HUMAN LIFE

Xenia E. Podyganova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ksyhaway@yandex.ru

Abstract. This paper discusses the history of the origin of gas analyzers, their application in life and their future prospects.

Keywords: gas analyzer, gases, gas analysis, gas concentration, industry, carbon monoxide.

Анализ газовых сред представляет собой обязательное мероприятие в работе многих промышленных предприятий, однако особую роль играет в теплоэнергетической отрасли. Такие исследования представляют собой процедуру измерения негативно влияющих компонентов в газовой смеси. Анализ газа можно осуществить специальным прибором – газоанализатором, который используют для определения процентного содержания одного газа в другом при их выработке и потреблении. Газоанализатор позволяет контролировать загрязняющие выбросы промышленных предприятий в окружающую атмосферу.

Целью нашей работы является проведение анализа развития газоанализаторов, их применение в промышленности и в повседневной жизни человека.

Газоанализатор – это прибор, измеряющий концентрацию одного или нескольких компонентов в газовых смесях.[1] Благодаря этому прибору мы можем предотвратить утечку газа на кухне, отследить концентрацию газовых смесей в офисах и т.д.

Современные газоанализаторы по принципу действия делятся на: оптические, магнитные, электрохимические, полупроводниковые и т.д.

История создания газоанализаторов началась с горнодобывающей промышленности. Канарейки имели отличительное качество, они могли почувствовать газ. Этой особенностью пернатых воспользовались горняки: они брали клетку с птицей с собой в шахту. Гибель птицы означал тот факт, что в атмосфере шахты большое наличие опасной концентрации рудничного и угарного газа. [2]

В 1815 году англичане Гемфри Дэви и Джордж Стефенсон создали специальные лампы для работы в шахтах, с помощью которых, по характеру пламени можно было обнаружить присутствие горючего газа. При повышении концентрации метана пламя в лампе становилось ярче, а при приближении к смертельной дозе пламя становилось голубого оттенка. Так, 200 лет назад рабочие всегда брали с собой эту лампу, во избежание опасной для жизни ситуации.

В 1919 году американцы Лэмб и Гувер получили первый патент на пробирку для измерения концентрации токсинов в воздухе. Ученые изучили и создали соединение, которое позволяло определять наличие монооксида углерода (угарного газа). Это изобретение стало первой трубкой для измерения химического газа.[3]

В середине 20-го века появились первые автоматические газоанализаторы - алкотестеры. Впервые их создала компания Dräger в 1953 году. Алкотест работал на основе пробирок, но не требовал дополнительных мер для получения результатов.[4]

В 60-70-е годы появились первые небольшие электрохимические датчики, в 80-е годы- измерительная технология, основанная на принципе поглощения инфракрасных лучей. В портативных газоанализаторах сразу же была внедрена новая технология. Сложность различных датчиков в мобильных телефонах позволяла одновременно измерять различные газы. Газоанализаторы для определения 1 концентрации газа называют одноканальными, а нескольких многоканальными.[5]

За всю историю создания газовых извещателей был разработан ряд технологий и устройств обнаружения, контроля и оповещения газа.

За все время истории создания газоанализаторов было выработано огромное количество технологий и устройств для обнаружения газов,

мониторинга и предупреждения. Современные газоанализаторы развиваются благодаря инновациям из различных отраслей, они имеют возможность одновременно распознавать целые комбинации газов, в то время как первые детекторы могли определять только одно вещество.

Таким образом, можно сделать вывод, что за несколько веков своего существования у газоанализаторов произошел рост развития от простейших методов с помощью «пернатых» до сложных приборов. Они продолжают процесс совершенствования, устраняя случаи утечки газа во всем мире, сохраняя экологию и огромное количество человеческих жизней. Поэтому это ценное устройство не потеряет своей актуальности и будет только прогрессировать в своей функциональности.

Источники

1. Перегудов А.Н. Мультисенсорный газоанализатор как датчик обнаружения газообразных токсичных веществ / А.Н. Перегудов // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2014. № 1(3). С. 74-77.

2. Потетня К.М. Необходимость проведения исследований выхлопных газов с использованием современных газоанализаторов / К.М. Потетня, А.А. Садов // Молодежь и наука. 2018. № 3. С. 83.

3. Подситкин К.С. Повышение надёжности газоанализаторов путём дублирования функциональных узлов / К.С. Подситкин // Форум молодых ученых. 2020. № 6(46). С. 558-564.

4. Эколого-экономический мониторинг окружающей среды: Учебное пособие / В.В. Найденко, Л.Н. Губанов, А.Н. Косариков [и др.]. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2003. 186 с.

5. Дьяков С.В. Обработка измерительной информации газоанализаторов / С.В. Дьяков // Наука и мир. 2018. № 6-2(58). С. 14-16.

УДК 681.5

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНОЛОГИИ РЕВЕРС ИНЖИНИРИНГА В РОССИИ

Анастасия Юрьевна Помысова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
pomissova@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрено понятие реверс инжиниринга, а также возможности его применения. Дана характеристика этапам обратного инжиниринга. Проанализированы перспективы его развития в России.

Ключевые слова: реверс инжиниринг, машиностроение, 3D-технологии, САПР, авторское право.

PROSPECTS OF REVERSE ENGINEERING TECHNOLOGIES IN RUSSIA

Anastasia Yu. Pomysova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
pomissova@gmail.com

Abstract. The article discusses the concept of reverse engineering and the possibilities of its application. The characteristic of the stages of reverse engineering is given. The prospects of its development in Russia are analyzed.

Keywords: reverse engineering, mechanical engineering, 3D technology, CAD, copyright.

Обратный (реверс) инжиниринг в машиностроении — это комплекс технологий, аппаратных и программных средств, необходимых для создания модели объекта с внесением в него ряда доработок [1]. Процесс обратного инжиниринга назван так потому, что он включает в себя работу в обратном направлении по сравнению с первоначальным процессом проектирования. По сути, это процесс анализа системы, направленный на то, чтобы увидеть, как она работает, с целью ее дублирования или улучшения.

Выделяют три основных направления применения обратного инжиниринга: улучшение продукта, восстановление структуры или технологии создания объекта, преобразование бумажных чертежей в цифровые [2].

Обратное проектирование можно использовать и в других целях:

1. Сопряжение. Обратное проектирование может использоваться, когда требуется установить, как несколько систем будут взаимодействовать друг с другом.

2. Анализ продукта. Это исследование того, как работает продукт, путем определения спецификаций его компонентов, а также выявления потенциальных нарушений патентных прав. Также частью анализа

продукта является получение конфиденциальных данных путем разборки и анализа конструкции системного компонента. Другой целью может быть снятие защиты от копирования или обход ограничений доступа.

3. Экономия денег. Выяснение того, на что способна часть электроники, может избавить пользователя от необходимости покупать отдельный продукт.

4. Дизайн. Производственные и проектные компании применяли обратное проектирование к практическому производственному процессу. Компании могут работать над различными производственными коллекциями с помощью 3D-сканирования, 3D-моделирования и перепроектирования.

5. Военный или коммерческий шпионаж. Получение информации о последних разработках противника или конкурента путем кражи или захвата прототипа и его демонтажа может привести к разработке аналогичного продукта или лучшей контрмеры против него [3].

Процесс обратного инжиниринга можно разделить на три основных этапа: сканирование продукта, преобразование данных, изменение продукта [4].

С точки зрения защиты интеллектуальной собственности обратный инжиниринг является спорным явлением. Так как создание точной копии устройства или программы нарушает авторские и патентные права то использование обратного инжиниринга в качестве анализа продукта, с последующим созданием нового, не повторяющим исследуемый объект, а лишь учитывающий детали и взаимосвязи в нем, не является нарушением прав, а способствует эффективному развитию технологий.

Реверс-инжиниринг на сегодняшний момент является одним из важных направлений развития. Согласно Постановлению Правительства РФ от 18 февраля 2022 года №208, в ближайшие три года на цели повышения уровня технологической независимости и поддержку научно-исследовательских конструкторских работ планируется направить 3,6 млрд рублей [5]. Гранты будут выданы инжиниринговым центрам, ведущим с нуля разработки конструкторской документации комплектующих, необходимых для организации собственного серийного производства изделий, потребность которых на данный момент покрывается за счет импорта**.** Приоритет финансирования будет отдан проектам по созданию отечественных аналогов оборудования, материалов и запасных частей для нефтегазового, энергетического и тяжёлого машиностроения, а также химической, медицинской и фармацевтической промышленности.

Источники

1. Водин Д.В. Применение технологии обратного инжиниринга в машиностроении / Д.В. Водин. — Текст: непосредственный // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2016 г.). — СПб: Свое издательство, 2016. — С. 67-69. — URL: https://moluch.ru/conf/tech/archive/166/10534/ (дата обращения: 16.10.2022).

2. Лукманов О. Обратный инжиниринг / О. Лукманов // САПР и графика. – 2018. – № 1(255). – С. 7-8. – EDN LZCACT.

3. Бутакова Е.Р. Проектирование в машиностроении с помощью обратного инжиниринга / Е.Р. Бутакова // Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация: Материалы международной научно-практической конференции №2, Санкт-Петербург, 25 января 2019 года. – СПб: Индивидуальный предприниматель Жукова Елена Валерьевна, 2019. – С. 14-16. – DOI 10.26160/2587-7577-2019-2-14-16. – EDN YYCNYT.

4. 3D-сканирование для реверс-инжиниринга и оптимизации производственных процессов [Электронный ресурс]. https://www.shining3d.ru/blog/revers-inzhiniring/?ysclid=lack23bw4e532481195 (дата обращения: 6.11.22).

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 18.02.2022 № 208 "О предоставлении субсидии из федерального бюджета автономной некоммерческой организации "Агентство по технологическому развитию" на поддержку проектов, предусматривающих разработку конструкторской документации на комплектующие изделия, необходимые для отраслей промышленности"

УДК 681.53:681.12

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ГАЗА

Сергей Евгеньевич Пышняк
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Богданов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
pyshniak.s.e@gmail.com

Аннотация. В данной работе рассмотрены принципы работы и преимущества применения автоматизированных систем коммерческого учета газа (АСКУГ), подбора и требований к датчикам и запорной арматуре.

Ключевые слова: автоматизированная система, АСКУГ, газ, запорная арматура, датчики.

AUTOMATED COMMERCIAL GAS METERING SYSTEM

Sergey E. Pyshniak
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
pyshniak.s.e@gmail.com

Abstract. This article discusses the principles of operation and advantages of using automated commercial gas metering systems (ACGMS), selection and requirements for sensors and shut-off valves.

Keywords: automated system, ACGMS, gas, shut-off valves, sensors.

Упрощение технологии производства, необходимость осуществления управления и контроля в условиях действия сложных и опасных для человека факторов поспособствовали для создания автоматизированных систем коммерческого учета газа[1]. Такие системы способствуют автоматическому измерению, сбору и обработке, а также передаче и хранению данных по расходу, количеству и составу природного или технического газа в одном или нескольких газопроводах. Это несомненно упрощает труд человека, что позволяет обеспечить более эффективный и оперативный контроль за рациональным использованием природного газа, достижение данного результата происходит благодаря сокращению времени сбора и обработки данных автоматизированного учёта на предприятии [2].

Система АСКУГ применяется во многих сферах, например:

- для учета природного газа на пунктах добычи газа, а также газораспределения.

- для учета потребления газа групповыми потребителями, к которым относятся: многоквартирные жилые дома, подъезды многоквартирных жилых домов, группы потребителей в частном секторе, подключенные к одному распределительному пункту и т.д.

- для учета потребления природного газа промышленными предприятиями, а также их подразделениями.

При выборе оборудования и запорной арматуры, а также приборов для систем коммерческого учета газа, имеется ряд особенностей и требований к таким устройствам[3]. К данным требованиям можно отнести: высокую точность измерения величин, соответствие диапазону

давлений, температурному режиму места установки и т. д. Все вышеперечисленные компоненты должны соответствовать определенным государственным документам, по ряду требований: климатическое исполнение по ГОСТ 15150, соответствие параметров входного газа по ГОСТ 5542-2014, соответствие ветровой и снеговой нагрузки по СП 20.13330.2016, требованиям по сейсмостойкости по MSK-64 и ряду других требований[4].

Конструкция оборудования должна обеспечивать технологичность, надежность и безопасность эксплуатации при рабочих условиях и под действием рабочей среды в течение расчетного срока службы, а также предусматривать возможность проведения продувки, ремонта, эксплуатационного контроля основного металла и сварных соединений[5]. Оборудование должно обеспечивать максимальную автономность управления процесса, при нормальной и безопасной работе установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала, с передачей сигналов и значений измерений необходимых параметров для контроля и управления[6].

Таким образом, внедрение автоматизированных систем коммерческого учета газа требует определенных требований к датчикам, запорной арматуре и т. д. В то же время внедрение системы безусловно имеет положительные стороны как для добычи, так и для отпускания газа потребителям. АСКУГ позволяет повысить достоверность учета газа и обеспечить качественную и устойчивую работу системы газоснабжения, в отличие от устаревших приборов учета газа, которые имеют высокую погрешность измерения, что не позволяет достоверно отражать фактическое потребление. Кроме того, установка АСКУГ позволяет нормализовать отношения между потребителями и поставщиками.

Источники

1. Оценка возможности применения газоперекачивающего агрегата для транспортировки технологического газа // Научный журнал «Вестник Казанского государственного энергетического университета».- https://vkgeu.ru/архив/том-13-номер-4-52-год-2021.

2. Цыпленков С.В., Агафонов Е.Д. Концепция комплексной системы контроля энергоэффективности механизированной добычи нефти // «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики».- https://www.energyret.ru/jour/article/view/1898

3. Промышленное газовое оборудование: справочник/ Е. А. Карякин [и др.] // Саратов: Науч.-исслед. центр промышленного газового оборудования "Газовик", 2018. - 1280 с.

4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев. -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.

5. Bushuev V., Kryukov V., Saenko V., Tomin S. Development of oil industry in Russia // Oil vertical. 2020. № 11-14.

6. Доронин Е.С. Управление инновационной деятельностью международных компаний в нефтегазовом секторе. Современные научные исследования и инновации. 2019 [Электронный ресурс]. URL: http://web.snauka.ru/issues/2014/06/36061 (дата обращения: 7.11.2022).

УДК 681.54

МИНИМИЗАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА СЛИВО-НАЛИВНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЭСТАКАДАХ

Даниил Михайлович Русин
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Богданов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
333dessign@mail.ru

Аннотация. В статье раскрыта актуальность автоматизации сливо-наливных железнодорожных эстакад, выполнен обзор существующих аварийных ситуация на сливо-наливных железнодорожных эстакадах. Представлены возможные пути минимизации чрезвычайных происшествий на сливо-наливных железнодорожных эстакадах.

Ключевые слова: логистика, нефтепродукты, эстакады, процесс, авария.

MINIMIZATION OF EMERGENCY INCIDENTS AT RAILWAY FILLING AND LOADING RACKS

Daniil M. Rusin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
333dessign@mail.ru

Abstract. The article reveals the relevance of automation of loading and unloading railway racks, a review of existing emergency situations on loading and unloading railway racks. Possible ways of minimizing emergencies on loading and unloading railway racks are presented.

Keywords: logistics, oil products, racks, process, accident.

Логистика нефтепродуктов оказывает большое влияние на экономику страны, а также на развитие нефтехимической отрасли [1]. В логистических цепочках по перевозке нефтепродуктов участвует автомобильный транспорт, судоходство, но большая часть нефтепродукта транспортируется по железнодорожным путям. Ежегодно при операциях по сливу-наливу происходит множество аварий, которые создают угрозу для жизни и наносят значимый ущерб окружающей среде. С технической точки зрения, к ключевым причинам аварий можно отнести износ и надежность оборудования [2].

Сливо-наливные железнодорожные эстакады предназначены для осуществления операции налива и слива нефтепродуктов с последующей транспортировкой в резервуарные парки [3].

Основные операции, выполняемые на железнодорожной эстакаде: постановка вагон-цистерн на площадку слива-налива, подготовка к сливу-наливу, слив-налив, окончание слива-налива.

В первую очередь, для обеспечения безопасной эксплуатации необходимо исключить наиболее вероятные причины возникновения аварий. Следует провести мероприятия, которые направлены на повышение надежности работы оборудования [4].

Автоматизированная система подразумевает под собой систему, которая позволяет автоматизировать технологический процесс по разработанному на стадии проектирования алгоритму. АСУ ТП состоит из ЛСУ – локальная система управления, РСУ – распределенная система управления, ПАЗ –противоаварийная защита [5].

Еще одной, наиболее частой, проблемой, ведущей к возникновению чрезвычайных происшествий, является не соблюдение дисциплины. Решением проблемы - курсы дополнительного образования, система контроля.

В статье были разобраны способы минимизации чрезвычайных происшествий на сливо-наливных железнодорожных эстакадах. Разобранные способы позволят снизить возможности возникновения чрезвычайных ситуаций.

Источники

1. Напойкина Е.А., Сигал П.А. Риски промышленных предприятий в энергетической сфере деятельности // «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» [Электронный ресурс]. https://www.energyret.ru/jour (дата обращения: 13.11.22).

2. Коршунов Е.А., Капанский А.А., Коршунов К.Е. Автоматизация процессов обслуживания энергетического оборудования с помощью специализированных программных решений // «Вестник КГЭУ» [Электронный ресурс]. https://vkgeu.ru/ (дата обращения: 13.11.22).

3. Доржиева О.А., Хакимов Т.А. // Сборник научнопрактической конференции «Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов». Уфа. 2015, С.162-164.

4. Павлова З.Х., Азметов Х.А., Абдрахманов Н.Х., Павлова А.Д. Оценка и обеспечение безопасности эксплуатации нефтегазопроводов в условиях нестационарности технологических параметров // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т.329. №1. С.132-137.

5. Fedosov A. The place of measurement uncertainty in the analysis of industrial safety state // Norwegian Journal of development of the International Science, № 15/2018, VOL. 1, pp. 58-61.

УДК 620.9

РОЛЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Диана Сергеевна Савельева
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
savelievadiana218@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрена роль измерительных приборов в процессах работы современных теплоэлектростанций. Разобраны основные виды измерительных приборов и перспектива их развития.

Ключевые слова: теплоэнергетика, измерительный прибор, устройство, Индустрия 4.0., топливо.

THE ROLE OF MEASURING INSTRUMENTS IN THE AUTOMATION OF THE HEAT POWER INDUSTRY

Diana S. Savelyeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
savelievadiana218@gmail.com

Abstract. This article discusses the role of measuring instruments in the processes of operation of modern thermal power plants. The main types of measuring instruments and the prospect of their development are analyzed.

Keywords: thermal power engineering, measuring device, device, Industry 4.0., fuel.

Теплоэнергетика – одна из самых важных отраслей энергетики как в России, так и в мире. Использование энергии тепла для преобразования ее в механическую, а затем в электрическую – наиболее эффективный метод получения электроэнергии на сегодняшний день. По этим причинам, необходимы качественные и точные измерительные приборы, способные проводить замеры длительные промежутки времени. На современных тепловых электростанциях измерительные приборы применяются различного назначения: средства измерения температуры, давления, расхода, количества жидких и сыпучих тел, состава газов, жидкостей и паров и т. д.

Термометры расширения — это приборы, измеряющие температуру на основе свойства тел изменять свой объем под действием температуры. На большинстве предприятий данный вид термометров применяется в целях контроля температуры рабочих зон в безопасном уровне температуры [4].

Термометры, действие которых основано на свойстве металлов и сплава создавать в спаи теплоэлектрическую движущую силу, называется термоэлектрическими. Физическая сущность метода заключается в том, что в разных электропроводных материалах при одной и той же температуре имеется различная концентрация свободных электронов в межмолекулярном пространстве. Если такие проводники соединить, свободные электроны начинают диффундировать из материала, где их больше, туда, где их меньше [3]. На тепловых электростанциях они используются для измерения температуры оборудования и котлов.

Расходомерами называют измерительные аппараты, которые применяются для подсчёта расхода жидкостей, газовых смесей или топлива. С помощью расходомеров возможно использование следующих

методов измерения расхода топлива: метода переменного перепада давления, скоростного метода, объемного и весового метода. В соответствии используемым методом измерения, приборы измерения расходов топлива также разделяется на следующие группы: расходомеры с сужающим устройством; скоростные расходомеры и счётчики; объемные счётчики; ротаметры; электромагнитные расходомеры; автоматические весы. Данные группы различаются по способам определения расхода топлива, объема топлива, количества топлива и т.д. [5].

Для измерения жидкости на ТЭС применяются такие виды измерительных приборов, как уровнемеры. Сигнализаторами называют приборы, сигнализирующие о предельном уровне жидкости. Уровнемеры также делятся на гидростатические, поплавковые, пьезометрические, буйковые, дифманометрические, акустические, ультразвуковые, емкостные и уровнемеры с визуальным отсчетом.

Для поддержания постоянного уровня жидкости в баках применяют уровнемер, называемый гидростатическим [2]. Данный аппарат способен измерять уровень жидкости с точности до миллиметра.

Перспективы развития измерительных устройств в теплоэнергетике – объединение всех измерительных устройств в единую систему контроля и реагирования. С наступлением Индустрии 4.0. станет реальным разработка системы, в которой каждое устройство будет осуществлять свои функции и передавать сигнал в системный центр для быстрого реагирования и контроля. Это позволит сократить риск аварий на предприятиях, уменьшив «человеческий фактор», а также своевременно реагировать на аварийные ситуации [1].

Таким образом, роль измерительных устройств на современных ТЭС является одной из самых значимых. Все процессы, связанные с изменением температуры, давления, уровня жидкости, расход топлива, количества топлива необходимо проверять постоянно. Весь процесс преобразования тепловой энергии в электрическую контролируются измерительными приборами. В будущем возможно создание единой системы измерительных устройств для контроля и отслеживания процессов на ТЭС.

Источники

1. Волошин Е.В. Применение мультиагентной технологии для сбора данных с объектов теплоэнергетики // Информационные технологии вуправлении (ИТУ-2016). – СПб: Концерн "Центральный научно-

исследовательский институт "Электроприбор", 2016. – С. 324-333.

2. Захаренко В.А., Пономарёв Д.Б., Шкаев А.Г. Пирометрический контроль топочного пространства котлоагрегатов // Динамика систем, механизмов и машин. – 2019. – №4. – С. 207-212.

3. Щербаков В.Н., Полешкин М.С., Антоненко В.И. Совершенствование методов и устройств контроля содержания органических примесей в теплоносителе на ТЭС и ТЭЦ // Вестник донского государственного технического университета. – 2017. – №4 (91). – С. 50-60.

4. Мятишкин Г.В., Бирюк В.В., Прохорова А.С. Определение энергоэффективности системы теплоснабжения промышленного предприятия через оценку режимов потребления тепловой энергии // Вестник донского государственного технического университета. – 2016. – №4. – С. 102-108.

5. Неживова Ю.А., Азарова Т.Б., Рахизянова Р.Ф., Чекардоский М.Н. Анализ работы расходомеров в системе автоматизированного теплоснабжения зданий // Молодой ученый. – 2018. – №16(202). – С. 130-133.

УДК 658.1

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ И БЛОКИРОВКИ КОНТЕКСТНОЙ РЕКЛАМОЙ

Ралина Рамилевна Саидгараева
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М. А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Ralina.yung@bk.ru

Аннотация. В статье предложена одна из вариаций определения контекстной рекламы, кроме того, рассмотрены ее виды, достоинства и недостатки, а также алгоритм работы и управления. Представлены способы борьбы с такой рекламой.

Ключевые слова: реклама, контекстная реклама, тематическая реклама, управление, блокировка, способы.

METHODS FOR MANAGING AND BLOCKING CONTEXTUAL ADVERTISING

Ralina R. Saidgaraeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Ralina.yung@bk.ru

Abstract. The article proposes one of the variations in the definition of contextual advertising, in addition, its types, advantages and disadvantages, as well as the algorithm of work are considered. Ways to deal with such advertising are presented.

Keywords: advertising, contextual advertising, thematic advertising, management, blocking, methods.

С древних времен и по сей день существует реклама, которая изменяется в своём проявлении, однако смысл её остается тем же самым. Реклама использовалась с целью завлечения и налаживания торговых связей между торговцами и покупателями с помощью словесных обращений. Термин «реклама» с латинского языка имеет значения «кричать», «звать», «возражать», что подразумевает под собой прямое воздействие на общество людей с целью приобретения какого-либо товара или услуги [1].

Здесь же будет идти речь о контекстной рекламе (КР). КР — это вид интернет-рекламы, при котором рекламное объявление показывается в соответствии с содержанием, выбранной аудиторией, местом, временем или иным контекстом интернет-страниц.

КР обладает свойством избирательности, она высвечивается у тех пользователей, чья сфера интересов может затрагиваться с тематикой рекламируемого предмета либо услуги, это повышает вероятность кликбейта, то есть отклика на рекламу.

Рассмотрим разновидность КР: поисковая и тематическая. Первое применяется в поисковых системах. Отличие от второго заключается в том, что выбор представляемой рекламы полностью зависит от поисковых запросов пользователя. По сравнению с поисковой, тематическая реклама (ТР) демонстрируется не в выдаче, а на страницах сайтов соответствующей тематики. ТР может использоваться совместно или отдельно от поисковой, притом размещение на сайтах стоит дешевле, чем высокие позиции поисковой КР.

Рассмотрим на примере принцип работы КР [2]:

1. Пользователь подумывает о покупке абонемента в спортивный зал. Отрывает поиск, вводит «купить абонемент в спортзал».

2. Поисковая система выдает результаты, точно соответствующие

запросу пользователя, что значит содержание ключевых слов из поисковой строки. Большая часть ссылок – это естественная выдача поисковой системой, основанная на ключевых словах, а остальные ссылки – это контекст. Предложения рекламодателя находятся строчкой выше или ниже результата поиска, помечаются как "реклама".

3. Если объявление заинтересовало потенциального клиента спортзала, то он переходит по ссылке на сайт, где завершает или не завершает задуманное. На этом работа объявления в поиске завершается и с рекламодателя снимается плата за отклик на ссылку.

4. Далее в ход может быть задействована ТР, предложение показывается не по конкретному запросу, а на основе интересов пользователя. Например, если вы подбираете какой абонемент лучше купить в спортзал, то возможно рассмотрите и специальные спортивные товары, например, одежду. Будут отражены объявления в специальных блоках на тематическом сайте.

Теперь следует рассмотреть преимущества и недостатки КР [3, 4, 5], но здесь нельзя не учитывать, что с каждым годом они могут меняться с учетом предпочтений, подхода к пониманию ее работы, настройки, и д.р.

Главные преимущества КР: работает с момента запуска, быстрый результат, прозрачность и понятность оплаты, оценка эффективности, широкий охват, отбор целевой аудитории

Главные недостатки КР: относительно дорого, сложность в настройки, необходимость регулярного ведения, высокая конкуренция в некоторых тематиках, краткосрочность

Как бороться с КР? Способом отключения КР в *yandex direct* будет избавление от источника появления рекламы на устройстве. Программа Proxomitron поможет заблокировать адрес сайта *an.yandex.ru*.

Есть еще один способ избавиться от КР без каких-либо скачиваний: расширение *AdBlock*, ограничивающее от вредных программ, запрещает рекламодателям просматривать историю поиска и личную информацию пользователя.

Существуют ещё ряд блокировщиков, которые имеют схожий принцип действия: *uBlock, AdGuard, AdFree, AdAway*.

Управление данной рекламой совершить нельзя, но есть возможность написания такого программного кода, который позволит управлять ею, таким образом предлагаемая вам реклама, а именно контекстная реклама, не будет показываться никогда.

Таким образом, с точки зрения пользователя, поисковые системы знают о нас больше информации, чем родные нам люди. Иногда это

удобно, но иногда нет: в случае, если у вас один компьютер в семье, КР подскажет вам какой подарок подарить на тот или иной праздник, однако эта же КР может и раскрыть ваш сюрприз, показав подобные вашему сюрпризу объявления, что может быть существенным недостатком. Однако с точки зрения рекламодателя, вы можете успешно продвинуть свой бизнес.

Источники

1. Купова Е. М. Анализ общих черт рекламы различных исторических периодов: современная реклама и реклама античных времен / Е.М. Купова // Современная наука: теоретический и практический взгляд : материалы II Международной научно-практической конференции: сборник научных трудов, Таганрог, 30 апреля 2015 года / ООО «НОУ «Вектор науки»; научный редактор: И.А. Рудакова. – Таганрог: Издательство "Перо", 2015. – С. 122-125. – EDN UBWTBV.

2. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс] – URL: https://www.calltouch.ru/blog/glossary/kontekstnaya-reklama/ (дата обращения: 07.11.2022).

3. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс] – URL: https://seo.ru/blog/plyusy-i-minusy-kontekstnoy-reklamy/ (дата обращения: 07.11.2022).

4. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс] – URL: https://www.aisol.ru/articles/preimushchestva_kontekstnoy_reklamy (дата обращения: 07.11.2022).

5. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс] – URL: https://blog.ringostat.com/ru/plyusy-i-minusy-kontekstnoy-reklamy-chto-uchityvat-pered-zapuskom/ (дата обращения: 07.11.2022).

УДК 64.011.56

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ, МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Дарья Владиславовна Панфилова[1], АнжеликаАндреевна Ильина[2]

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. М.А. Сафин

[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

[2]ФГБОУ ВО «КНИТУ имени А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]dasha.panfilova.03@bk.ru, [2]anjelka97@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности автоматизации промышленных предприятий в России в условиях импортозамещения. Проанализирована ситуация на современном российском рынке. Рассмотрены преимущества и недостатки текущей ситуации. Предложены рациональные методы решения проблем, связанных с импортозамещением.

Ключевые слова: автоматизация, анализ, импортозамещение, конкуренция, санкции, промышленность.

AUTOMATIONOFINDUSTRIALENTERPRISES IN RUSSIA IN THE CONTEXT OF IMPORT SUBSTITUTION: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES, METHODS OF SOLUTION

Darya V. Panfilova[1], Anzhelika A. Ilyina[2]
[1]KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[2]FSBEI HE "KNRTU named after A.N. Tupolev - KAI", Kazan, Republic of Tatarstan
[1]dasha.panfilova.03@bk.ru, [2]anjelka97@yandex.ru

Abstract. The article discusses the features of automation of industrial enterprises in Russia in the context of import substitution. The situation on the modern Russian market is analyzed. The advantages and disadvantages of the current situation are considered. Rational methods of solving problems related to import substitution are proposed.

Keywords: automation, analysis, import substitution, competition, sanctions, industry.

В начале 2022 года было объявлено о введении санкций в отношении России, в связи с чем была массово приостановлена работа на российском рынке зарубежных производителей, разработками которых пользовалась отечественная промышленность, в результате чего возникла потребность в импортозамещении. В этой статье рассмотрены преимущества и недостатки импортозамещения, а также некоторые методы решения проблемы.

В ходе анализа российского рынка было выяснено, что российские программные продукты уступают зарубежным аналогам по объему продукции, так как поставщики импорта имеют более богатый опыт предоставления услуг в сфере автоматизации. Однако главный недостаток настоящей ситуации состоит в отсутствии понимания, как перейти на отечественные аналоги, не прерывая текущих процессов. Требуется

настроить взаимодействие новых систем с имеющимися [1].

С другой стороны, применение продуктов собственного производства позволяет компаниям осуществлять поддержку на программном и аппаратном уровнях. Также это увеличивает скорость реагирования на просьбы заказчиков и сокращает время адаптации выпускаемого оборудования[2].

В условиях импортозамещения для эффективной автоматизации процессов рациональным решением являются такие методы, как организация НИР для накопления и обобщения знаний в сфере разработок и автоматизации, внедрение современной системы управления в целях эффективного руководства процессами и повышение квалификации трудового ресурса[3].

Кроме того, необходимо принимать меры поддержки в отношении промышленных предприятий: государственное субсидирование, налоговые каникулы, льготное кредитование, финансирование программ переквалификации и др. [4].

Анализ статьи Голодкова Ю.Э. показал, что не все составляющие автоматизированных систем зарубежных поставщиков могут быть эффективно заменены в настоящее время. Проблема не может быть решена в короткий срок, поэтому предприятия должны постепенно вводить новые отечественные разработки в эксплуатацию [5].

В настоящих условиях процесс создания собственной системы автоматизации процессов еще не завершился, однако будущие перспективы возвращения России на международный рынок достаточно велики. Таким образом, страна будет защищена от новых попыток изоляции.

Источники

1. Эдер, А.В. Информационные технологии в АПК: импортозамещение, экономические вызовы и технологические альтернативы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84. – № 2(92). – С. 387-393.

2. Елов А.И. Отечественные контроллеры для ответственных применений // Территория Нефтегаз. – 2015. – № 6. – С. 20-22.

3. Брезгин Р.В. Особенности автоматизации предприятия ВПК в условиях импортозамещения // Системы управления и обработки информации. – 2016. – № 3(34). – С. 75-80.

4. Зимовец А.В. Цифровая трансформация производства на российских предприятиях в условиях политики импортозамещения // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12. – № 3. – С. 1409-1426. – DOI 10.18334/vinec.12.3.116297.

5. Голодков Ю.Э. Проблемы импортозамещения компонентной базы промышленных систем автоматизации // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 189-196.

УДК 62-835

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОКАРОВ

Альвин Эльвирович Сафуанов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
alvin.s@yandex.ru

Аннотация. В работе представлена технология передачи энергии для работы или пополнения автономного энергозапаса автомобиля без использования проводов, даны рекомендации по решению проблем беспроводной зарядкой.

Ключевые слова: электромагнитная энергия, аккумулятор, станции быстрого заряда, беспроводная зарядка.

WAYS TO SOLVE THE PROBLEMS OF WIRELESS CHARGING OF ELECTRIC CARS

Alvin E. Safuanov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
alvin.s@yandex.ru

Abstract. The paper presents the technology of energy transfer for operation or replenishment of the autonomous energy reserve of the car without the use of wires, recommendations are given for solving problems with wireless charging.

Keywords: electromagnetic energy, battery, fast charging stations, wireless charging.

Рынок электромобилей стремительно развивается, по предположению Европейской комиссии к 2024 году количество электрических транспортных средств только в Европе составит несколько миллионов экземпляров [1]. Для восполнения их заряда требуются большие сети стационарных зарядных станций. Отрицательной стороной таких пунктов является их немобильность, а также недоступность, особенно когда в пути резко разрядился аккумулятор. Решить эту проблему можно благодаря внедрению бесконтактной зарядки электрокара путем использования беспроводных зарядных станций.

Система бесконтактной зарядки – это технология, способная передать электроэнергию по воздуху от передатчика питания к приемному устройству без использования проводников [2]. Подобная система используется в большом количестве устройств - от электрических зубных щеток до электрокаров. Данная система, несомненно, является лидером в удобстве пользования.

Их принцип действия реализован так: электрический ток в момент движения его по проволоке катушки (панели для беспроводной зарядки) возбуждает электромагнитное поле. Образованное подобным методом магнитное поле будет главным передатчиком электроэнергии от катушки-передатчика, находящегося на земле или под грунтом поверхности, к другой, т.е. катушке приемнику (приемное устройство на основе индукции), размещающийся на дне электрокара, без какого-либо физического контакта. Далее же электроэнергия, пройдя через выпрямительный узел, начинает накапливаться в аккумуляторной батарее. Всё это будет происходить при помощи контроллера зарядки [3].

Технология бесконтактной передачи энергии активно используется для зарядки электромобилей. Однако есть ли от нее практическая польза и в чем она заключается?

Плюсы беспроводных динамических зарядных станций видны сразу: отсутствие дефицита стационарных зарядных станций, экономия времени, что тратишь на зарядку аккумуляторных батарей. Также возможность увеличения километража пробега уже созданных моделей электрокаров.

Минусами в процессе беспроводной зарядки являются недостаточная мощность и большие потери передаваемой энергии. Эффективность работы беспроводной передачи электричества также во многом зависит от дистанции между передатчиком и механизмом приёма энергии. Производительность передаваемой бесконтактным методом электроэнергии и коэффициент полезного действия последних моделей

бесконтактных устройств увеличились, поэтому обеспечивать энергией можно как компактные бытовые приборы, так и мощнейшие электрические устройства. Большое количество научных центров и мелких компаний в текущий момент заняты увеличением коэффициента полезного действия передачи энергии. Результаты невероятные –потери энергии составляют 5-10%.

На текущий момент системы бесконтактной зарядки электрокаров мощностью 50 кВт позволяют пополнить заряд аккумуляторной батареи в пределах 2,5 часов [4]. Подобная современная система подзарядки является абсолютно независимой от исполнительно-ходовой автоматики автомобиля. В связи с этим потери электроэнергии и короткие замыкания отсутствуют. Несомненным плюсом также является отсутствие кабелей. Положительной стороной магнитного поля высокой частоты при передаче электроэнергии является зазор около 160 мм. Данные системы экранированы от влияния на них полей-утечек, которые интенсивно утихают на меньших значениях в общественных зонах. Главной составляющей бесконтактных зарядных станций является использование радиосвязующей коммуникации в канале обратной связи регулятора мощности, управляемого совместно с программным обеспечением [5].

Источники

1. Исследование рынка автомобилей [Электронный ресурс]. https://3dnews.ru/1068421/volkswagen-imeet-vse-shansi-stat-krupneyshim-proizvoditelem-elektromobiley-uge-v-2024-godu

2. Технологии беспроводной зарядки [Электронный ресурс]. https://wireless-e.ru/peredacha-energii/tehnologii-besprovodnoj-zaryadki-1/?ysclid=lacrpjye4k302375779

3. Бесконтактные способы восстановления электроэнергии электромобилей [Электронный ресурс]. https://publikacia.net/archive/2016/11/4/9?ysclid=lacs1e0xks293057622

4. Электромобили: потребление, ёмкость батареи и дальность хода [Электронный ресурс]. https://sigmund-rod.livejournal.com/8515.html?ysclid=lacsdpf4oe581706037

5. Система управления зарядными станциями для электроавтомобилей [Электронный ресурс]. https://sofix.pro/ocpp

УДК 621.391

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА МАССИВА ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ПИКОВЫХ ЧАСОВ АО «АТС»

Михаил Валерьевич Сидоров[1], Булат Рамилевич Карачурин [2]
Науч. рук. к.т.н. С.Р. Саитов
ФГБОУ ВО КГЭУ «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]sidr7907@gmail.com, [2]karachurin.bulat20@gmail.com

Аннотация. Способность предугадать пиковый час гарантирующего поставщика позволяет потребителю электрической мощности существенно сэкономить на платежах за электроэнергию за счёт своевременной разгрузки оборудования. Реализовать эту способность возможно с помощью анализа пиковых часов, предоставленных энергосбытовыми компаниями за предшествующие периоды. Проблема заключается в получении этих данных – часы, опубликованные на сайте АО «АТС», невозможно выгрузить итоговым cvs-файлом, что существенно затрудняет аналитику. В статье предлагается способ обхода этой проблемы.

Ключевые слова: большие данные, скрипты, дата инженерия, пиковые часы, оптовый рынок электрической энергии и мощности.

AUTOMATION OF DATA COLLECTION ON THE EXAMPLE OF PEAK HOURS AO «ATS»

Mikhail V. Sidorov[1], Bulat R. Karachurin[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]sidr7907@gmail.com, [2]karachurin.bulat20@gmail.com

Abstract. The ability to predict the peak hour of the guarantee supplier allows the consumer of electric power to save significantly on payments for electricity due to the timely unloading of equipment. It is possible to realize this ability by analyzing peak hours provided by power supply companies for previous periods. The problem is in obtaining this data - the hours published on the ATC website cannot be unloaded by the final cvs-file, which significantly complicates the analytics. The article suggests a way around this problem.

Keywords: big data, scripts, data engineering, peak hours, wholesale electricity and capacity market.

Данные о пиковых часах, публикуемые на сайте АТС [1] представляют с собой таблицу *.xls формата, содержащую информацию о конкретном месяце выбранного года для одного гарантирующего поставщика в регионе.

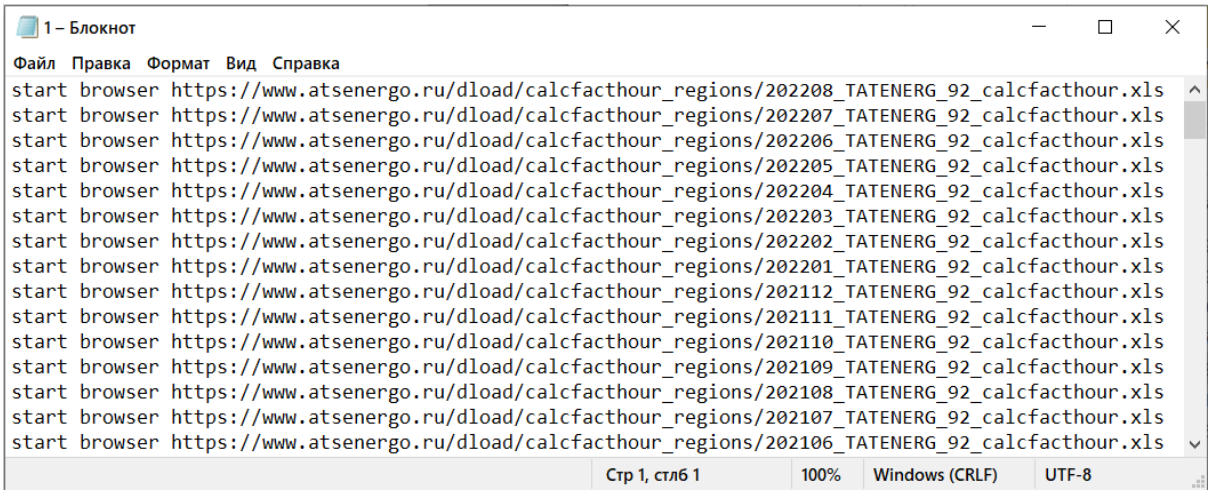
Проблема заключается в обработке этого массива данных – данные опубликованы за 11 лет. В каждом году по 12 месяцев. Всего 85 регионов РФ и порядка трёхсот гарантирующих поставщиков [2]. Итого 3366000 таблиц.

Для скачивания такой таблицы с сайта АТС [1] необходимо выбрать месяц, год, после в списке регионов выбрать гарантирующего поставщика электроэнергии. Скачивание всех этих таблиц представляет из себя длительную работу, сопровождающуюся монотонными действиями, и является неэффективным подходом.

Для упрощения и ускорения этого процесса мы воспользовались BAT-файлом. BAT-файл – это последовательность команд для интерпретатора командной строки в виде текстового файла с расширением *.bat. или *.cmd. Основное предназначение пакетных файлов – автоматизирование однообразных операций пользователя компьютера [3].

Тело разработанного скрипта включает команды браузера для скачивания необходимых файлов. Сама команда представляет из себя строку, в которой содержится следующая информация: сайт <https://www.atsenergo.ru>, дата в формате <годмесяц>, кодировка (например, <TATENERG>) и порядковый номер поставщика (см. рисунок).

Для смены поставщика достаточно изменить его код и порядковый номер.



Конечный вид BAT-файла в Блокнот.

Запуск такого bat-файла приводит к каскадному скачиванию таблиц с сайта АТС. Полученный массив файлов может быть использован для дальнейшей аналитики, на примере работ [4-7].

Источники

1. Часы пиковой нагрузки: [Электронный ресурс] // Сайт компании АО «АТС». URL: https://www.atsenergo.ru/results/ market/calcfacthour. (дата обращения: 02.11.22).

2. Федеральный информационный реестр гарантирующих поставщиков и зон их деятельности: [Электронный ресурс] // Федеральная антимонопольная служба. URL: https://fas.gov.ru/pages/activity/tariffregulation/federalnyij-informaczionnyij-reestr-garantiruyushhix-postavshhikov-i-zon-ix-deyatelnosti.html. (дата обращения: 02.11.22).

3. Создание BAT файлов: [Электронный ресурс] // Сайт о компьютерах и сайтостроении. URL: https://nevor.ru/stati/operacionnye-sistemy/stati-dlya-windows/sozdanie-bat-fajlov. (дата обращения: 02.11.22).

4. Saitov S.R., Chichirova N.D. Investigation of the composition and causes of membrane fouling of reverse osmosis // E3S Web of Conf. 216 (2020) 01072.

5. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Filimonova A.A., Saitov S.R. Enhancing the Ecological and Operational Characteristics of Water Treatment Units at TPPs Based on Baromembrane Technologies // Thermal Engineering. – 2017. - №12(64). – С. 920-930.

6. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Saitov S.R. Problems of reliability and economy work of thermal power plants water treatment based on baromembrane technologies // Journal of Physics: Conf. Series 891 (2017) 012276.

7. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Saitov S.R. Atomic force microscopy and IR spectrometry application in detecting the type and nature of contaminants on reverse osmosis membrane elements // Earth and Environ. Sci. 288 (2019) 012007.

УДК 621-313.3

СПОСОБЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Роман Евгеньевич Стукало
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
segrrghrgrehgre@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены различные способы накопления электрической энергии для дальнейшей её эксплуатации. Рассмотрены преимущества и недостатки.

Ключевые слова: электроэнергия, накопление, аккумулирование, станция, хранение.

METHODS OF ENERGY STORAGE

Roman E. Stukalo
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
segrrghrgrehgre@mail.ru

Abstract. This article discusses various ways of accumulating electrical energy for its further operation. Advantages and disadvantages are considered.

Keywords: electric power, accumulation, accumulation, station, storage.

Длительное хранение энергии приобретает огромной потенциал для мира, в котором энергия солнца и ветра постепенно будет расширяться. Ветер и солнце производят только в определенное время, поэтому им нужна дополнительная технология, которая поможет накопить выработанную энергию.

Проблемы альтернативной энергетики в мире, где потребление энергии неравномерно и меняется каждый день, хранение делает систему гибкой. Устройства хранения служат в качестве буфера и облегчают управление и интеграцию возобновляемых источников энергии, обеспечивая определенную автономию при отсутствии ветра и солнца [1].

Так же способ сохранения энергии востребован и для классических электростанций. Производство электроэнергии на электрических станциях и ее потребление должны соответствовать. Но работа ТЭС в резко переменном режиме нежелательна, так как приводит к повышенному расходу топлива и износу [2].

В первую очередь, что приходит в голову это накопить электроэнергию в литий-ионные аккумуляторные батареи (АКБ). Они наиболее удобны и универсальны для сохранения энергии. Поэтому не удивительно, что электрические накопители весьма распространённые и быстро развиваются. АКБ имеют относительно приемлемые габариты, при которых электрооборудование способно накопить довольно большой объем электроэнергии и выдать высокий ток разряда. В среднем литий-ионная система для накопления энергии может выдержать свыше 3 тысяч

циклов заряда/разряда. При этом АКБ не утратит своей номинальной емкости в течении всего срока эксплуатации [3].

За счет столь немаленького списка характеристик, АКБ данного типа имеют высокую стоимость, так же диапазон рабочих температур (от -20 до + 50 С) ухудшение работы при высоких температурах, снижение емкости при использовании на морозе. Так же стоит поговорить про экологический след, сами аккумуляторы во время эксплуатации их не выделяют, но наибольшей проблемой для экологии является производство и утилизация литий-ионных батарей.

Но хранение электроэнергии в литий-ионных аккумуляторных батареях не единственный способ сохранить избытки энергии и использовать их в дальнейшем. Так же эту задачу можно решить с помощью преобразовании электроэнергии в механическую. Давайте поговорим об этом более подробно.

Гидроаккумулирующие электростанцию (ГАЭС) как правило, для суточного аккумулирования энергии. Ожидаемых режимов работы два: ночной и дневной. Например ночью при низком нагрузки сети электричества перекачивая воду из нижнего водохранилища в верхнее потребляя при этом электроэнергию из системы, а днем, в часы пик, покрытие пиковой мощности, то есть генерация энергии за счёт запасенной в верхнем водохранилище воду [4]. Такой метод убирает потребность изменения мощности основных электростанций (атомных, тепловых) в течение суток, что нежелательно для станций и позволяет её запасать на долгий срок. ГАЭС стали чрезвычайно эффективными после изобретения обратимых гидротурбин.

В большинстве случаев, ГАЭС размещают возле крупных потребителей электроэнергии, но при этом они должны быть вблизи тепловых либо атомных электростанций. Для расположения ГАЭС нужно так обязательно учитывать соответствующие топографические и гидрологические условия. Так как на подобранной местности придется оборудовать верхний бассейн и водохранилища.

Примерно по такому же принципу действия и похожими характеристиками обладает твердотельная аккумулирующая электростанция (ТАЭС). Принцип работы заключается поднятия блоков как в лифте тем самым накапливая энергию и опуская возвращая энергию обратно в электросеть [5]. Но ТАЭС есть свои преимущества по сравнению с ГАЭС им не нужна большая территория и перепад высот, так же не нужен природный источник большого объёма воды. А при аварии на ГАЭС появляется угроза техногенной катастрофы.

Таблица 1

Характеристики аккумуляторных стрнций и батарей

Тип	КПД	Время отклика	Мощность (крупнейшей)	Ёмкость (крупнейшей)	Стоимость строительства (крупнейшей)	Срок службы
(АКБ)	До 98%	Миллисек унды	100 МВт	129 МВт·ч	$66 млн.	10-12 лет
(ГАЭС)	70–75%	1-2 мин.	3,6 ГВт	6612 ГВт·ч	$2,7 млрд.	50 лет
(ТАЭС)	80–90 %	1-2 мин.	4 МВт	35 МВт·ч	$ 7,7 млн	50 лет

Из таблицы видно что ГАЭС предпочитают для хранения большого объёма энергии и её активно развивают. Но у неё есть и свои минусы, связанные с размещением и опасностью при аварии. Если не хватка места для размещения и не нужны большая ёмкость и мощность как для частного сектора, то лучше всего устанавливать АКБ. Весьма новым изобретением является ТАЭС, начало проработки технических решений было 2012. Но она имеет такие преимущества как весьма высокое КПД и не имеет таких недостатков как у ГАЭС.

Источники

1. Electricalschool [Электронный ресурс]. http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/2443-ustroystva-nakopleniya-energii.html (дата обращения: 07.11.22).
2. StudFile [Электронный ресурс]. https://studfile.net/preview/6331418/page:5/ (дата обращения: 07.11.22).
3. АТОМЭНЕРГОСБЫТ [Электронный ресурс]. https://apsbt.ru/uslugi/postavka-i-dispetcherizatsiya-nakopiteley/sistemy-nakopleniya-elektricheskoy-energii-v-rossii/?_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTs3OTQ4NDI3MTsxMjk1MjI2MDYyMjt5YW5kZXgucnU6cHJlbWl1bQ&yclid=10809459537374085119 (дата обращения: 07.11.22).
4. Беньяш, Ю.Л. Гидроаккумулирующие электростанции в тяговой сети переменного тока / Ю.Л. Беньяш, В.А. Белова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 3 (293). — С. 28-30. — URL.
5. ЭНЕРГОСМИ [Электронный ресурс]. https://energosmi.ru/archives/48418 (дата обращения: 07.11.22).

УДК 620

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Диана Анзифовна Султанова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.М. Сафаров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
diana-sultanova-2001@mail.ru

Аннотация. Автономная система электроснабжения предназначена для длительного непрерывного электроснабжения без подзарядки аккумуляторов от внешнего источника питания. Время непрерывной работы равно времени автономной работы. Основное отличие от существующих систем заключается в том, что при подаче нагрузки поддерживается энергетический баланс.

Ключевые слова: автоматизация, управление, развитие, электроснабжение, энергия.

AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM

Diana A. Sultanova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
diana-sultanova-2001@mail.ru

Abstract. The autonomous power supply system is designed for long-term continuous power supply without recharging batteries from an external power source. The continuous operation time is equal to the battery life. The main difference from existing systems is that when the load is applied, the energy balance and time are maintained.

Keywords: automation, management, development, power supply, energy.

Повышение качества зданий и промышленных комплексов привело к широкому использованию источников электроэнергии и соответствующей инфраструктуры. На современных предприятиях функции систем электроснабжения берут на себя наибольшую ответственность, учитывая, что малейший сбой в поставках оборудования может привести к нарушению производственных процессов. Все риски необходимо предотвратить уже на стадии проектирования. Важно оптимизировать эти инфраструктуры, поскольку самым дорогим в смете может оказаться именно электроснабжение [1].

Комплекс электроснабжения может представлять собой систему, состоящую из трех частей, которая включает в себя источник энергии, который распределяет инфраструктуру и средства подачи электроэнергии [2].

Для соединения этих компонентов система электроснабжения обеспечивает широкий спектр оборудования и вспомогательных элементов. В процессе создания модели будущей системы электроснабжения требуется несколько этапов, включая разработку плана электроснабжения, трассировку, местоположение и параметры оборудования. Современное проектирование систем электроснабжения включает в себя следующие работы:

- создание плана размещения оборудования;
- составление схем питающих и распределительных сетей;
- подбор кабелей, проектные работы по их параметрам;
- создание кабельной отчетности;
- трассировка проводов;
- разработка спецификации;
- подготовка схемы проводки и сопутствующего оборудования [3].

При большинстве проектных работ специалисты должны определить электрические нагрузки и провести расчет электрической сети, которая будет служить для передачи и распределения электроэнергии между ее приемниками. Также стоит учитывать такие факторы, как фактор спроса и установленную мощность [4].

Ответственность систем, обеспечивающих пищевые энергетические ресурсы предприятий, обуславливает необходимость поддержания достаточных показателей их работы. В связи с этим техническое обслуживание питающих установок основывается на следующих принципах:

- Обеспечение бесперебойной работы генераторов, сетей и связанных с ними компонентов электроэнергии. Надежность системы электроснабжения является одной из первых и важных оценок его качества, а также ремонтопригодности с долговечностью.
- Стабильность выполнения плана выработки электроэнергии и ее последующего распределения с охватом требуемых максимумов для нагрузок потребителей.
- Сохранение качества энергии, подаваемой в приемники. Он должен соответствовать требованиям поставляющего электрооборудования по частоте и напряжению [5].

Для достижения оптимальных условий работы система электроснабжения управляется диспетчерскими пультами. Последние, в свою очередь, снабжены инструментами, с помощью которых осуществляются контроль, регулировка, управление электростанциями, линиями электропередач и понижающими подстанциями.

Источники

1. Григораш О.В. Системы автономного электроснабжения: Монография / О.В. Григораш, Н.И. Богатырёв, Н.Н. Курзин; под общ. ред. Н.И. Богатырёва. - Краснодар: Б/И. - 2001. - 333 с.

2. Григораш О.В. Модульные системы гарантированного электроснабжения: Монография / О.В. Григораш, С.В. Божко, Д.А. Нормов, С.М. Безуглый, А.В. Ракло. - Краснодар: КВВАУЛ. -2005. - 306 с.

3. Амерханов Р.А. Перспективы использования возобновляемых источников энергии / Р.А. Амерханов, Б.К. Цыганков, С.Н Бегдай и др. // Труды КубГАУ. - Краснодар. - 2013. - № 42. - С. 185 - 189.

4. Григораш О.В. Возобновляемые источники электроэнергии: Монография / О.В. Григораш, Ю.П. Степура, Р.А. Сулейманов, Е.А. Власенко, А.Г. Власов; под общ. ред. О.В. Григораш. - Краснодар: КубГАУ. - 2012. -272 с.

5. Григораш О.В. Нетрадиционные автономные источники электроэнергии / О.В. Григораш, Ю.И. Стрелков // Промышленная энергетика. - 2001. - № 4. - С.37-40.

УДК 681.5

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОКУПКИ В СФЕРЕ ТОРГОВЛИ

Нияз Фанисович Тазеев
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
tazeevniaz870@gmail.com

Аннотация. Основной целью представленной работы является обзор автоматических магазинов без персонала и планировка схожей концепции, пригодной для условий всех типов городов России.

Ключевые слова: магазины, беспилотные магазины, технологии отслеживания, способы автоматической оплаты.

AUTOMATIC MANAGEMENT SYSTEM OF PURCHASES IN THE SPHERE OF TRADE

Niyaz F. Tazeev
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
tazeevniaz870@gmail.com

Abstract. The main purpose of the presented work is to review automatic stores without personnel and to plan a similar concept suitable for the conditions of all types of cities in Russia.

Keywords: stores, self-driving stores, tracking technologies, automatic payment methods.

Ритейлеры, пытаясь превзойти друг друга и конкурируя за каждого покупателя, изобретают все новые и новые форматы розничной торговли, которые будут отвечать требованиям современного искушенного пользователя.

В настоящее время большую популярность набирает концепция беспилотных магазинов. Среди 40 человек, прошедших опрос, в Татарстане 42,5 % имеют базовое понимание об беспилотных магазинах, 40 % слышали о них, но ничего подробно не знают, и только 17,5 % ничего об этом не знают. Идея данной концепции заключается в использовании технологий, позволяющих покупателям просто и быстро совершать покупки самостоятельно [1]. Самым известным подвидом концепции являются магазины Just Walk Out («Просто выйти») [2]. Из названия уже становится понятно, что процесс покупки максимально прост: посетитель при входе авторизуется в магазине через приложение магазина, выбирает необходимую для него продукцию и просто уходит, а оплата происходит автоматически через привязанную к приложению магазина банковскую карту [3].

В России магазины вида «Просто выйти» пытаются внедрить «Пятёрочка» и «Азбука здоровья» [4]. Однако массовое открытие таких магазинов затрудняется из-за стоимости используемых технологий. Также ещё одним препятствием может оказаться относительная непопулярность безналичной оплаты товаров в средних и малонаселенных городах.

Для решения этих затруднений стоит изменить процесс покупки. Вместо «Просто выйти» стоит дать возможность покупателям самим сканировать товары через приложения магазинов на смартфоне, тем самым отказаться от дорогой системы отслеживания клиента, которая следит как за клиентами, так и за товарами, взятыми с полок [5]. Это немного усложнит процесс покупки, но вместо этого шансы на сбой в системе значительно снизятся. Также стоит изменить технологию отслеживания товаров. Для автоматического взвешивания товаров на развес необходимо в каждую полку витрин для таких товаров установить тензодатчик и отправлять данные, передаваемые датчиком, на компьютер, установленный возле таких витрин, определяющий что взял покупатель и выводящий на экран QR-код, в котором будет информация о взятом товаре, его весе и итоговой цене. Таким образом, покупателю нужно будет просто набрать необходимые ему товары на развес и отсканировать появившийся на экране QR-код. И в конце, перед выходом, поставить терминал, которому нужно будет дать отсканировать QR-код с телефона покупателя и в этом моменте стоит дать выбор покупателю: либо он подключает автоматическую оплату через привязку банковской карты в приложении, либо он оплачивает через терминал.

В такой концепции главной проблемой может стать воровство продукции. Чтобы предотвратить это, можно воспользоваться камерами видеонаблюдения, а также, в случае больших размеров магазина, сделать каждую витрину с датчиком веса и тогда можно будет сделать программу, которая будет проверять наличие продукции на витринах, ориентируясь на вес товара.

Таким образом, получается концепция магазина, которая включает в себя некоторые составляющие беспилотных магазинов, исключает возможность сбоя системы из-за большого наплыва покупателей и позволяет значительно уменьшить расходы на обслуживающий персонал, так как персонал нужен будет только для консультации и наблюдением за исправностью системы. Но всё эти плюсы только для ритейлеров. Покупатели же получают простую и понятную систему оплаты, на них не будет «давить» наличие в потолке сотен датчиков и камер, а самое главное это экономия времени, особенно в обеденные перерывы.

Источники

1. Википедия. Магазин без персонала. [Электронный ресурс]. https://ru.wikipedia.org/wiki/Магазин_без_персонала (дата обращения: 07.11.22).

2. Shi Bingjun, Yang Dejia, Wang Jiachen, He Weiyi. Is unmanned store a new solution to retailing or it's just a stunt? [Электронный ресурс]. https://medium.com/@15251012/is-unmanned-store-a-new-solution-to-retailing-or-its-just-a-stunt-47a680668065 (дата обращения: 07.11.22).

3. Maria Tagwerker-Sturm. Unmanned 24/7 Stores – An Overview of Conceptsand Technologies. [Электронный ресурс]. https://www.shopreme.com/blog/unmanned-24-7-stores-an-overview-of-concepts-and-technologies/ (дата обращения: 07.11.22).

4. AVACADA. [Электронный ресурс]. https://laikainfo.com/market/business/item/1229-budushchee-bez-kassirov-i-ocheredej-ne-za-gorami (дата обращения: 07.11.22).

5. RETAIL.RU [Электронный ресурс]. https://www.retail.ru/cases/amazon-go-realno-li-otkryt-3000-magazinov-za-god/ (дата обращения: 07.11.22).

УДК 004.046

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Дмитрий Вадимович Танью
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.В. Борисова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
oldeker@mail.ru

Аннотация. В данной статье выполнен обзор автоматических технологических процессов и производств, показана, что же такое автоматизация процессов и производств, и их применения на примере шкафа АСУ ТП для отбраковщика.

Ключевые слова: шкаф АСУ ТП, отбраковщик, автоматизация.

AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS.

Dmitry V. Tanyu
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
oldeker@mail.ru

Abstract. This article provides an overview of automatic technological processes and productions, shows what automation of processes and productions is, and their application on the example of an automated process control system cabinet for a culle.

Key words: automated control system cabinet, culler, automation.

Шкаф автоматики отвечает за контроль и управление основными параметрами протекания технологических процессов. В зависимости от состава используемого оборудования и отрасли применяются разные типа шкафов автоматики. Конструктивно такие шкафы выполняются в виде корпуса, внутри которого устанавливаются все основные аппараты, а снаружи – элементы управления и сигнализации. [1].

Для автоматизации технологических процессов используются различные типы шкафов контроля и управления. Они используются для управления и регулировки, защиты от перегрузок и короткого замыкания. Шкафы автоматики используют для контроля и управления работы электрооборудования, обеспечения управления автоматикой насосных станций, обеспечения противоаварийной защиты и т.д. Шкафы поставляются в готовом виде, поэтому достаточно установить его и подключить кабели питания в соответствии с паспортом изделия. Он снабжен коммуникационной аппаратурой, системой питания, управления и защиты. Каждый элемент шкафа соединен промаркированными проводами согласно схеме.

В зависимости от назначения и особенностей объекта используются различные виды щитов управления:

1. Односекционные.
2. Многосекционные.
3. Модульные.

Шкаф автоматизированных систем управления (АСУ) предназначен для автоматического контроля за различными технологическими процессами.

Шкаф АСУ можно встретить на:

- ТЭЦ и котельных;
- насосных станциях, водозаборах, станциях перекачки и очистки сточных вод;
- газорегуляторных станциях, пунктах и установках;
- пожарных станциях и различных объектах для автоматизации пожарной сигнализации;
- общественных объектах для автоматизации и диспетчеризации

инженерных систем зданий;

- других объектах, где необходимо автоматизировать рабочие процессы. [2].

Функции шкафа автоматизированных систем управления

Основные функции шкафа АСУ – это одновременно и его главные преимущества. Использование такого оборудования позволяет:

- повысить эффективность производственных процессов;
- увеличить производительность машин до 20%;
- снизить влияние человеческого фактора;
- увеличить сроки эксплуатации оборудования;
- повысить экологичность производства;
- снизить расходы сырья;
- выполнять контроль исправности технических средств системы;
- автоматически предоставлять информацию о работе подключенного оборудования и многое другое.

Корпус шкафов автоматизированных систем управления выполняется из металлических листов. Снизу конструкции предусматриваются отверстия для ввода кабелей. По желанию возможен ввод сверху.

Двери шкафа запираются на замок. На сами створки наносятся оперативные надписи функционального назначения. Комплектуются шкафы АСУ ТП специальным силовым электрооборудованием и аппаратурой от ведущих производителей.

Основными компонентами шкафов АСУ ТП являются:

отсеки управления электродвигателем (в нашем случае с отбраковщиком).

В различных проектах все три компонента могут быть исполнены как в одном шкафу, так и в разных. [3].

Преимущества АСУ ТП

Системы управления технологическими процессами призваны существенно облегчить работу и быт людей. Внедрение автоматики любого уровня и функциональности помогает скоординировать работу на производстве, предприятии. Обслуживающему персоналу необходимо лишь координировать работу оборудования на вверенном объекте. Ключевые плюсы:

- обеспечение защиты производственных мощностей;
- автоматический замер и регулировка технических параметров;

- сбор и обработка информации об исходном состоянии техники с последующим сохранением данных;
- автоматические системы управления технологическими процессами позволяют руководить объектом на расстоянии.

Автоматизация систем управления технологическими процессами – прямой путь к увеличению производительности и обеспечения полной безопасности на производстве. Кроме того, происходит сокращение трудозатрат.

Пример с отбраковщиком, благодаря тому, что отбраковщик сам считывает штрих коды и сам убирает дефектные изделия, человек может более не участвовать в отсортировке, за него это делает машина. Принцип работы заключается в том, что каждый отдельный сегмент отбраковочной системы перемещает изделие на определенную длину. В итоге деталь перемещается на соседнюю ленту конвейера. Система управления возвращает сегмент в исходное положение после того, как данное изделие было перемещено стол отбраковки.

Автоматизированная система управления отбраковки осуществляет выполнение следующих технологических операций:

- Обнаружение дефектов изделий;
- Отбраковка дефектных изделий;
- Стабильное обнаружение дефектов изделий;
- сигнализацию при отклонении от заданных технологических режимов, при завершении отдельных технологических операций, а также при аварийном отключении оборудования. [4].

Исходя из выше сказанного можно утверждать, что с прогрессом и появлением новых технологий, надо и нужно считаться и как можно скорее вводить в эксплуатацию автоматизированные системы асу тп. Достаточно быстрое развитие и постоянное улучшение технологий дает понимание, что совсем скоро производство будет полностью автоматизированными, а роль человека уйдет на второй план, и дабы не отставать от западных конкурентов, нам нужно быстрее автоматизировать технологические процессы и производства. [5]

Источники

1. Автоматизация проектирования систем управления. - М.: Финансы и статистика, 2017. - 208 с.

2. Богуславский Л.Б. Основы построения вычислительных сетей для автоматизированных систем / Л.Б. Богуславский, В.И. Дрожжинов. - М.:

Энергоатомиздат, 2013. - 256 с.

3. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. Часть 2 / А.А. Воронов. - М.: Энергия, 2014. - 372 с.

4. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский. - М.: Энергия, 2018. - 512 с.

5. Счастливцев А.И., Молотов И.М., Борзенко В.И. Исследование тепловых процессов в водородно-кислородных парогенераторах киловаттного класса мощности // Вестник КГЭУ. - 2021. - №2. - С. 116-127.

УДК 654.924.5

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ НА ПРИМЕРЕ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Мария Андреевна Уткина
Науч. рук. док.техн.наук, профессор К.Х. Гильфанов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
m.utkina@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются основные типы систем автоматической пожарной сигнализации. Представлен список необходимого оборудования для создания системы.

Ключевые слова: пожарная сигнализация пожарный извещатель, оповещатель, отключение вентиляции.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC INSTALLATION OF A FIRE ALARM SYSTEM AND A WARNING AND EVACUATION MANAGEMENT SYSTEM IN CASE OF A FIRE ON THE EXAMPLE OF A COMPRESSION STATION

Maria A. Utkina
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
m.utkina@mail.ru

Abstract. The article discusses the main types of automatic fire alarm systems. A list of the necessary equipment to create the system is presented.

Keywords: fire alarm fire detector, annunciator, shutdown of ventilation.

В современном обществе считается необходимым создание систем пожарной безопасности на объектах, защищающих жизнь людей и имущество от пожара. Автоматические системы пожарной сигнализации понимаются как совокупность технических устройств, которые способствуют своевременному обнаружению, обработке и передаче поступающих сигналов о возгорании обеспечивают четкую команду на включение оповещения людей о пожаре, а также обеспечивают защиту от дыма, работу противопожарных клапанов и других устройств, необходимых для полной безопасности объекта.

Автоматизация – это одно из направлений научно-технического прогресса, использование технических средств саморегулирования, экономико-математических методов и систем управления, с целью освобождения человека от участия в технологических процессах. При полной автоматизации обязанность обслуживающего персонала ограничивается общим контролем над работой оборудования.

На настоящий момент существует три основных типа автоматических систем пожарной сигнализации:

1. Адресно-аналоговая.

Датчики передают в приемно-контрольный прибор информацию о количественной характеристике измеряемых параметров. Устройство отслеживает величину получаемых значений, динамику их изменения и принимает решение о возникновении пожара.

2. Пороговая.

В такой системе каждый пожарный извещатель имеет свой порог срабатывания. Вторая особенность - радиальная топология шлейфов сигнализации. Пожарные кабели проходят от прибора по всему объекту. Когда один из них срабатывает, на приборе отображается только номер шлейфа, в котором сработал пожарный извещатель.

3. Адресно-опросная.

В адресно-опросной системе прибор периодически опрашивает пожарные извещатели. В этом случае каждый извещатель имеет свой адрес. Пожарный шлейф имеет кольцевую архитектуру.

Система пожарной сигнализации должна обеспечивать подачу сигнала тревоги в соответствии с заданным алгоритмом путем своевременного обнаружения пожара на стадии воспламенения, предупреждения о возможной пожарной опасности людей на объекте,

организации эвакуации, а затем передачи его на централизованный пульт управления [1, 2].

К основным элементам установки автоматической пожарной сигнализации относятся: ПК с ПО АРМ Орион Про, прибор контроля и управления С2000М, контрольно-пусковой блок С2000-КПБ, блок индикации С2000-БИ, контроллер адресной двухпроводной линии С2000-КДЛ-2И; резервированный источник питания РИП-12 исп.54, извещатель пожарный дымовой С2000-ИПДЛ, преобразователь интерфейсов RS-485/RS-232 в Ethernet С2000-Ethernet, коммутационное устройство УК-ВК исп.02., световой оповещатель Молния-12, звуковой оповещатель МАЯК-12-3М.

Все сигналы о работе системы передаются на пульт контроля и управления С2000М. Пульт получает информацию о состоянии зон от приборов, принимает и обрабатывает информацию, поступающую по интерфейсу RS-485 через С2000-Ethernet. Контроллер двухпроводной линии связи С2000-КДЛ-2И анализирует состояние адресных датчиков С2000-ИПДЛ, также на путях эвакуации должны размещаться ручные извещатели ИПР-513-ЗАМ исп.01 со встроенным изолятором короткого замыкания [3]. Электропитание осуществляется от резервированного источника питания РИП-12 исп. 54 с автоматическим переключением в аварийном режиме на резервное питание от аккумуляторных батарей, которые обеспечивают бесперебойную работу системы при пропадании напряжения в питающей сети в дежурном режиме не менее 24 часов и в режиме тревоги не менее 1-ого часа. Коммутационное устройство УК-ВК исп.02, которое подключается к сухим контактам кнопки аварийной остановки, служит для отключения вентиляции и компрессоров [4]. Контрольно-пусковой блок обеспечивает контроль линии на обрыв и короткое замыкание. К нему подключаются звуковые и световые оповещатели, коммутационные устройства УК-ВК исп.02.

Питание от сети 220В и линия управления отключения вентиляции и компрессоров прокладывается кабелем ВВГнг(А)-FRLS 3х1,5 мм^2. Питание 12В, линии интерфейса RS-485, линии пожарной сигнализации и оповещения прокладывается кабелем КПСЭнг(А)-FRLS 1х2х0,5 мм^2.

Алгоритм принятия решения о пожаре выполняется при срабатывании автоматического пожарного извещателя и дальнейшем повторном срабатывании этого же или другого автоматического пожарного извещателя за время не более 60 с., при этом повторное срабатывание должно осуществляться после процедуры автоматического перезапроса [5].

Основные принятые технические решения в проекте соответствуют нормативным и нормативно-техническим документам. Согласно заложенным проектным решениям, существует возможность регистрации всех необходимых параметров и формирования сигнализации на централизованном посту наблюдения.

Источники

1. Федеральный закон от 22.07.2013 № 123-ФЗ от 22.07.2013 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

2. Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ.

3. СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы».

4. СП 7.13130.2013 « Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности».

5. СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности».

УДК 681.52

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОССИЙСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Нарис Наилович Фаизов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФБГОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
naris.faizov@yandex.ru

Аннотация. В современное время российскому рынку требуются передовые и технологичные контроллеры, которые не будут уступать зарубежным производителям в цене и качестве. В данной статье рассмотрено сравнение российских контроллеров с зарубежными.

Ключевые слова: программируемый логический контроллер, автоматизация, производитель, технологический процесс.

PROSPECTS FOR USING RUSSIAN CONTROLLERS FOR AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Naris N. Faizov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
naris.faizov@yandex.ru

Abstract. In modern times, the Russian market requires advanced and technologically advanced controllers that will not be inferior to foreign manufacturers in terms of price and quality. This article discusses the comparison of Russian controllers with foreign ones.

Keywords: programmable logic controller, automation, manufacturer, technological process.

Автоматизация технологических процессов является неотъемлемой частью любого производства: энергетического, нефтяного, пищевого, машиностроительного и остальных. Со сложившейся ситуацией в 2022 и уходом зарубежных производителей логических контроллеров с российского рынка появилась большая необходимость в использовании и внедрении в эксплуатацию российских продуктов автоматизации.

Конечно, имеется большая разница в том, какой процесс и параметры будут автоматизированы. Рассмотрим российские контроллеры малой и средней степени интеграции, которые предназначены для полного построения автоматических систем управления технологическими процессами (АСУТП), такие как контроллер «ПЛК-210» фирмы «Овен», контроллер «МФК-1500» фирмы «Текон» и контроллер «Fastwel I/O CPM810» от компании «Fastwel» [1].

Принцип действия программируемых логических контроллеров заключается в подаче на вход сигналов (дискретных или аналоговых), последующей их обработке в соответствии с программой инженера и поступлением на выход системы сигнала на определенное действие (коммутации приборов, задвижек и остановок конвейера).

С 1 августа 2022 года контроллеры ПЛК-210 поставляются с производства с новой версией прошивки и программируются в среде CODESYS V3.5 SP17 Patch 3. Главным коммуникационным интерфейсом ПЛК210 является Ethernet. Контроллер имеет 4 порта Ethernet, 3 из которых объединены в управляемый коммутатор. Это позволяет использовать различные сетевые топологии, а также эксплуатировать контроллер в качестве шлюза между промышленной сетью и сетью предприятия. Стоимость контроллера на 2022 год составляет порядка 64 500 рублей [2].

Следующим на очереди идет контроллер среднего класса «МФК-1500» фирмы «Текон». Он предназначен для построения информационных систем объёмом от 100 до 1500 измерительных каналов (от 2 до 64 модулей, включая модуль ЦП). Контроллер имеет возможность частичного или полного резервирования и дублирования своих ресурсов. Также предусмотрен постоянный контроль и квитирование выполнения команд, высокую точность измерения сигналов датчиков, возможность подключения входов разными сигналами к одному модулю. Передача данных может осуществляться по технологиям USB, RS-232, RS-434, Ethernet. Программирование осуществляется в системе SCADA, базирующейся на операционной системе Linux. Стоимость контроллера на 2022 год составляет порядка 100500 рублей [3].

Последним из нашего списка российский производителей является процессорный модуль CPM810 – первый в линейке устройств нового поколения контроллеров Fastwel I/O-2, российский модульный программируемый логический контроллер для жестких условий эксплуатации. Данная модель оснащена энергонезависимой ОЗУ (MRAM) объёмом 64 Кбайт, имеет два порта Ethernet 10/100/1000 Мбит/с, 3 порта USB 2.0, порт межмодульной шины FBUS, 4 гальванически изолированных порта RS-485 и два RS-232C [4].

Для более точного описания российских устройств, приведем наглядное сравнение с зарубежными аналогами, а именно с контроллерами «Rockwell Micro 850» (производство - США) и «Simatic S7-300» фирмы «Siemens» (производство - Германия), которые давно зарекомендовали себя на рынке автоматизации (см.таблицу) [5].

Сравнение параметров контроллеров

№	Характеристика	Название контроллера				
		МФК-1500	ПЛК-210	CPM810	Rockwell Micro 850	Simatic S7-300
1	Количество дискретных/ аналоговых входов	48/до 32	12/8	24	48/32	до 32
2	Количество дискретных/ аналоговых выходов	48/8	8/4	24	32/16	до 32
3	Максимальное число модулей расширения	62	0	до 64	4	24
4	Объем оперативной памяти	128 Мбайт	256 Мбайт	2 Гбайт	120 кбайт	64 кбайт

5	Частота процессора, МГц	400МГц	800МГц	800МГц	н.д	33МГц
6	Срок службы, лет	15 лет	8 лет	10 лет	5 лет	10 лет
7	Цена в РФ, руб.	105000	64500	н.д	133000	260000

Подводя итог, можно сказать, что российские контроллеры малых и средних классов не уступают зарубежным аналогам, а даже превосходят их по некоторым параметрам. А следовательно российские контроллеры имеют большие перспективы использования в РФ.

Источники

1. Колтыгин Д.С., Петухов Н.В Сравнительный анализ современных отечественных контроллеров и их зарубежных аналогов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. 2021. С. 112-116.

2. Контроллер Овен ПЛК-210, Оборудование для автоматизации. – [Электронный ресурс] https://owen.ru/pro duct/plk210.

3. Менделевич В.А. Новое поколение контроллеров мультиплатформенной системы МИРТС // Автоматизация и IT в энергетике. 2021 г., № 2(139), стр. 34-41.

4. Эволюция FASTWEL I/O: прежние достоинства, новые возможности [Электронный ресурс] https://www.cta.ru/articles/oborudovanie/promyshlennye-kontrollery/124305/.

5. Мустаев А.Ф Сравнительный анализ рыночных моделей ПЛК // Вестник Науки 2020. С. 239-243.

УДК 681.53

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ ВИТРИНЫ

Алина Альбертовна Фаттахова
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.А. Гаврилов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
tvlolinka@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрен алгоритм работы системы освещения витрины, включающий два режима, представлено программное решение для автоматизации данного процесса.

Ключевые слова: автоматизация, освещение, режим работы, система управления.

AUTOMATION OF THE SHOW-WINDOW LIGHTING CONTROL SYSTEM OPERATION

Alina A. Fattakhova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
tvlolinka@gmail.com

Abstract. The article considers the algorithm of the showcase lighting system, which includes two modes, presents a software solution for automating this process.

Keywords: automation, lighting, operating mode, control system.

В современном мире технический прогресс позволяет нам автоматизировать многие процессы. Это очень важно, так как экономит электроэнергию, защищает оборудование и сводит вероятность ошибки по вине человека к нулю [1].

Программа может быть применена практически, позволяя программировать устройства управления освещением не только витрин, он и других объектов торговли.

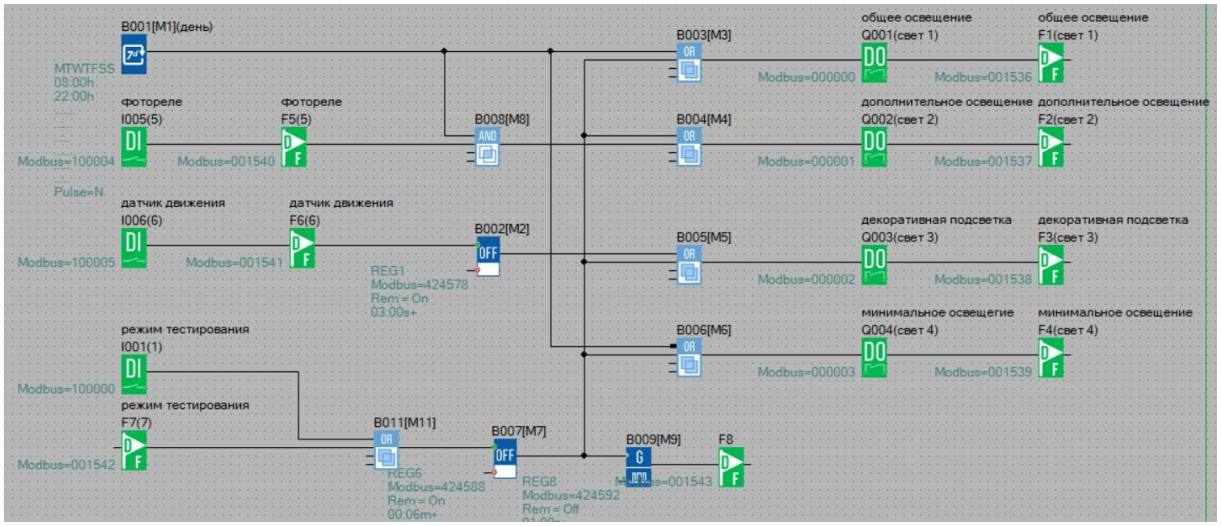
Программируемый логический контроллер (реле) имеет несколько режимов работы:

- Режим «День» работает с понедельника по воскресенье с 8:00 до 22:00. Включено общее освещение, система реагирует на сигналы с оборудования и включается различное освещение: сигнал с фотореле-дополнительное освещение, с датчика движения-декоративная подсветка.

- Режим «Ночь» работает с понедельника по воскресенье с 22:00 до 8:00. Включено минимальное освещение, система не реагирует на фотореле, при срабатывании датчика движения включается декоративная подсветка.

- при поступлении сигнала с кнопки (режим тестирования), включаются все источники света на 1 минуту [2].

На базе указательного микропроцессорного логическое реле ONIPLR-S. CPU1206(R), воссоздан цикл работы освещения (см рисунок) [3].



Блок-схема программы работы внутреннего и внешнего освещения

Эти режимы позволяют экономно расходовать электроэнергию, беречь ресурс электроприборов и помогают объекту выглядеть привлекательно, когда это необходимо [4]. К тому же устройство способно работать обособленно, абсолютно без человеческого вмешательства. Это экономит время работников и позволяет им сосредоточиться на своих обязанностях [5].

Этот алгоритм может быть использован не только в сфере электрики. Его область применения широка: можно установить модуль в многоквартирном доме, музее, на объектах культурного наследия, в образовательных и развлекательных центрах и т. д.

Источники

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. М.: Высшая школа, 2006.

2. Гладштейн М. Интеллектуальные системы автоматического управления электрическим освещением // Электронные компоненты. – 2009. – №.3

3. Фомин А.Г. Системы автоматизированного управления освещением общественных зданий // Энергосбережение в освещении / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Дом Света, 1999. – 264 с.

4. Шишов О.В. Программирование релейных контроллеров. – Саранск, 2014. – 147 с.

5. ПУЭ, с изм. и доп., 2010 г.

УДК 681.5

СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Алина Шамилевна Фахрутдинова
Науч. рук. доктор техн. наук, профессор К.Х. Гильфанов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
fahriky1@gmail.com

Аннотация. В данной работе представляются современные инновационные решения, применяющиеся при автоматизации технологических процессов на ТЭС.

Ключевые слова: энергетика, ТЭС, АТП, АСУ ТП, новые технологии.

MODERN INNOVATIVE SOLUTIONS USED IN THE AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AT THERMAL POWER PLANTS

Alina Sh. Fakhrutdinova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
fahriky1@gmail.com

Abstract. The paper presents modern innovative solutions used in the automation of technological processes in thermal power plants.

Keywords: power engineering, TPP, APP, APCS, new technologies.

Общеизвестно, что ключевыми объектами, реализующими процессы генерации и выработки электрической и тепловой энергии, являются ТЭС. Надежная, безопасная, бесперебойная и качественная работа последних в настоящее время невозможна без внедрения современных инструментов, оборудования, средств, систем и технологий [1, 2]. Такое внедрение сегодня трудно себе представить без использования инновационных решений, среди которых большая роль отводится автоматизации технологических процессов (АТП), которые открывают широкие возможности оптимизации работы систем управления тепловыми электростанциями [3]. Рассмотрению таких решений АТП посвящается

данная статья, актуальность написания которой обусловлена наличием небольшого числа уникальных публикаций на обозначенную тему.

Как показывает анализ литературы, структурная составляющая и непосредственно само назначение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) базируются на специальной многоуровневой концепции с четко имеющейся иерархией в рамках использования соответствующих программных и технических инструментов, предназначенных для выполнения информационно-управляющих команд и функций. Современные АСУ ТП выпускаются в виде микропроцессорного технического оборудования. Особые инновационные решения в данном контексте предлагают фирмы SIEMENS, Rockwell Automation, АО «СКАД ТЕХ», ГК «Ракурс», АО «ЭЛАРА», WEYTEC, Advantek Engineering и др. Оборудование АСУ ТП данных марок установлено сегодня на многих отечественных и зарубежных энергетических предприятиях [4, 5]. Основные компонентные элементы последних, используемых в энергоблоках, представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Компонентные элементы и инновационные решения в области АСУ ТП, применяющиеся в энергоблоках ТЭС [5]

Следующим этапом рассмотрения инновационных решений, которые сегодня предлагают современные АСУ ТП, является представление их функций, направленных на управление электротехническим оборудованием (АСУ ЭТО) (см. рисунок 2). Последние часто применяются в синхронных генераторах энергоблоков и в связанных с ними электрических схемах.

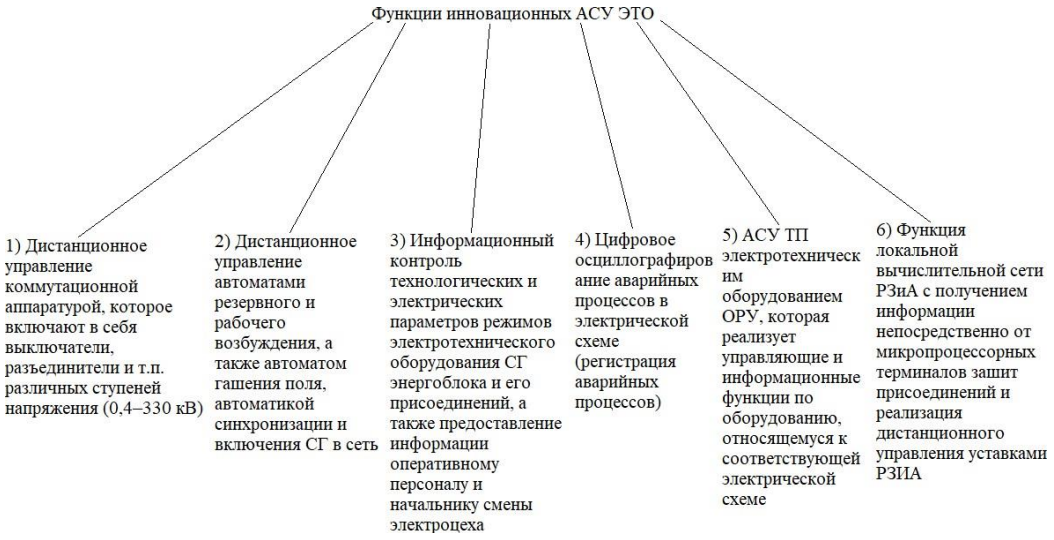


Рис. 2. Функции инновационных АСУ ЭТО [5]

Таким образом, рассмотрев современные инновационные решения, используемые при автоматизации технологических процессов на электростанциях, можно сделать вывод о наличии в настоящее время большого количества возможностей развития теплоэнергетической и электроэнергетической отраслей в обозначенной сфере. Соответствующие технологии улучшаются и активно распространяются, что уже сегодня позволяет решать с помощью них широкий спектр задач по оптимизации работы энергопредприятий.

Источники

1. Петрущенков В.А., Коршакова И.А. Качественный и количественный анализ тепловой энергетики малых мощностей в России // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2020. № 5. С. 51–69.

2. Замалиева А.Т., Зиганшин М.Г. Усовершенствованная установка фильтрации газа для подготовки топлива энергетических систем // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2019. № 5. С. 124–131.

3. Луков Д.К. Автоматизированные системы управления технологическим процессом // European science. 2019. № 2. С. 19–21.

4. Жикеев А.А. Современные АСУ ТП // Вестник СКУ им. М. Козыбаева. 2022. № 1. С. 157–160.

5. Бубнова А.А. Инновации, применяемые при автоматизации технологических процессов на ТЭС // Актуальные проблемы энергетики. 2020. № 3. С. 167–172.

УДК 681.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОПИЛОТИРОВАНИЯ С ВЫБОРОМ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ДЛЯ НАЗЕМНОЙ МОБИЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ

Тимур Айдарович Хабиров
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Богданов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
timhab777@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме выбора оптимальной конфигурации системы автопилотирования прототипа наземной мобильной роботизированной платформы для автоматического обследования учебного полигона электрической подстанции во дворе КГЭУ.

Ключевые слова: автопилотирование, роботизированная установка, система автоматического управления, электрическая подстанция.

COMPARATIVE ANALYSIS OF AUTOPILOT TECHNOLOGIES WITH THE CHOICE OF THE OPTIMAL OPTION FOR A GROUND-BASED MOBILE ROBOTIC PLATFORM

Timur A. Khabirov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
timhab777@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the problem of choosing the optimal configuration of the autopilot system of a prototype of a ground-based mobile robotic platform for automatic inspection of the training ground of an electric substation in the yard ofthe KSPEU.

Keywords: autopiloting, robotic installation, automatic control system, electrical substation.

Устойчивым трендом в энергетике является постоянное увеличение степени автоматизации. Формами этого являются цифровизация (цифровая подстанция, цифровой двойник), интеллектуализация (умные сети) и роботизация (роботы для обследования электрических подстанций) объектов энергетики.

Внедрение роботизированных решений на объектах энергетики будет способствовать достижению их автономности и максимальной автоматизации. На базе Молодежного инновационного центра "Энергия" разрабатывается Мобильная роботизированная платформа (МРП), предназначенная для доставки модулей полезной нагрузки (тепловизор, инфракрасные датчики, манипулятор и др.) в заданные место, время согласно сценарию для выполнения определенных задач.

МРП разрабатывается в 2-х форм-факторах:

1) средний (рис. 1) - многофункциональный, с повышенной проходимостью и грузоподъёмностью;

2) малый - узкоспециализированный, с повышенной маневренностью.

В настоящее время управление данными и подобными прототипами реализуется в дистанционном ручном формате [1]. В среднем МРП управление осуществляется с удаленного рабочего стола, в малом МРП - с сайта управления. Для повышения степени автоматизации самой МРП необходимо решить ряд задач - разработать и внедрить автоматические системы пилотирования, зарядки аккумуляторов, обслуживания, действий во внештатных ситуациях и др. Целью данной работы, в рамках разработки системы автопилота МРП, является определение наиболее подходящих технических решений для обеспечения автономности движения прототипа МРП на заданном объекте - подстанция во дворе КГЭУ (рис. 2).

Рис.1. Средний прототип

Рис. 2. Учебный полигон электрической подстанции 110/10 кВ

В ходе работы выполнен полный анализ инструментов, используемых для создания подсистем автопилотирования. Среди множества вариантов компьютерного зрения таких как: камеры, системы GPS, радары, лидары, ультразвуковые и инфракрасные датчики – можно остановиться на совокупности некоторых из них. Например, система GPS поможет сформировать карту исследуемой территории и построить маршрут, а ультразвуковые и инфракрасные датчики помогут объезжать различные препятствия [2-4]. Такое решение поможет сократить расходы из-за относительной дешевизны датчиков в сравнении с камерами, радарами и лидарами.

Таким образом, можно получить конкурентный роботизированный прототип для обследования различных объектов энергетики: станций, подстанций, электрических и тепловых сетей.

Источники

1. Шаронов Н.С., Шайхезадин Д.И. Разработка прототипа мобильной платформы для экоробота // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика: материалы конференции – Казань: КГЭУ, 2022. – Т. 2. – С. 324-327

2. Бишоп О. Настольная книга разработчика роботов «МК-Пресс», СПб.: КОРОНА-ВЕК, 2010.

3. Дядик В.Ф. Теория автоматического управления: учебное пособие/, С.А. Байдали, Н.С. Криницын; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 196 с.

4. Михайлова Е.А. Беспилотный автомобильный транспорт / Е.А. Михайлова, В.А. Яшенькина. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 8.2 (246.2).

УДК 004.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ LORA НА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ

Иван Владимирович Холмогоров
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.В. Плотников
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ivanxolmogorov@gmail.com

Аннотация. Мониторинг таких показателей, как давление или уровень жидкости на больших территориях усложняется множеством параметров, которые затрудняют применение имеющихся методов измерения. В качестве возможного решения данной проблемы была рассмотрена технология LoRa. В данной статье приведены преимущества и недостатки применения данной технологии в автоматизации процесса сбора данных с измерительных приборов, а также сравнение с возможными аналогичными решениями.

Ключевые слова: технология LoRa, беспроводные технологии, энергосбережение, модуляция, автоматизация.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE LORA MODULE IN A DISTRIBUTED PRODUCTION AREA TO COLLECT INFORMATION

Ivan V. Kholmogorov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ivanxolmogorov@gmail.com

Abstract. Monitoring of indicators such as pressure or liquid level over large areas is complicated by many parameters that make it difficult to use existing measurement methods. LoRa technology was considered as a possible solution to this problem. This article presents the advantages and disadvantages of using this technology in automating the process of collecting data from measuring instruments, as well as a comparison with possible similar solutions.

Keywords: LoRa technology, wireless technologies, energy saving, modulation, automation.

Для четкого функционирования производства очень важно оперативно отслеживать количество потребляемых ресурсов. Поэтому серьезной задачей для предприятия является контроль и качество состояния как ресурсов, так и инфраструктуры трубопроводов. Если же производственная территория занимает большие площади, то появляется проблема труднодоступности получения данных. Одним из решений данной проблемы является применение технологии дистанционной передачи информации, основанной на беспроводной модуляции LoRa (Long Range) [1]. Сети LoRa могут использоваться во многих областях. Технология позволяет упростить и автоматизировать работу систем наблюдения, управления и контроля [2].

Так же существуют и другие возможные варианты решения, такие как Wi-Fi, WirelessHART, но они имеют существенные недостатки по сравнению с выбранной технологией [3]. Wi-Fi имеет ограниченный радиус действия (до 1 км) и значительное энергопотребление, хоть это и постоянно совершенствуется. Недостатками технологии WirelessHART является так же малый радиус действия при большем распространении данного протокола связи на рынке. Подробнее рассмотрим преимущества и ограничения технологии LoRa.

Преимущества:

1. энергопотребление у передатчиков, благодаря низким затратами энергии, требуемых на передачу пакета данных;
2. дальность передачи радиосигнала достигает 10-15 км, что значительно больше по сравнению с другими дистанционными технологиями [4];
3. достаточно высокая масштабируемость сети на больших территориях;
4. использование безлицензионные радиочастотные диапазоны, в нашем случае 433 или 868 МГц.

Недостатки:

1. относительно низкая пропускная способность;
2. задержка передачи, зависящая от времени передачи радиосигнала, достигая десятков секунд [5];
3. возможность зашумлённости нелицензированных частот.

Но так как диапазон не лицензируется, любая компания с минимальными инвестициями может реализовать данную технологию. Устройства в таких сетях работают годами без замены источника питания благодаря высокой энергоэффективности. Технология позволяет решить множество проблем: от мелких бытовых задач до создания разумных

промышленных городов. Но для распространенных производств, в которых требуется максимальная дальность передачи небольшого количества информации подойдет любая из представленных технологий, но LoRa имеет ряд преимуществ по отношению к другим.

Источники

1. Петеляк В.Е. Мониторинг системы водоснабжения на распределенной производственной территории с помощью беспроводных технологий / В.Е. Петеляк, О.Е. Масленникова // Отходы и ресурсы. – 2020. – Т. 7. – № 1. – С. 18. – DOI 10.15862/18INOR120.
2. Роенков Д.Н. Основы технологии LoRa. Перспективы ее применения / Д.Н. Роенков, Н.В. Яронова // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 4. – С. 31-35.
3. Рентюк В. Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «Интернета вещей». Часть 4. Большой радиус действия // Control Engineering Россия. 2018. №3 (75). С. 82–87.
4. Еремин В.Б. Исследование распространения сигналов стандарта LoRa в сложных городских условиях / В.Б. Еремин, А.П. Борисов // Измерение, контроль, информатизация: Материалы XVIII международной научно-технической конференции, Барнаул, 18 мая 2017 года. – Барнаул: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), 2017. – С. 32-35.
5. Организация децентрализованного коммуникационного взаимодействия устройств на основе LoRa / В.К. Стан, Ю.А. Кошлич, Д.Г. Буханов, О.А. Родионов // Актуальные исследования. – 2021. – № 40(67). – С. 34-39.

УДК: 658.1, 338.984

СРАВНИТЕЬНЫЙ АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ БИЗНЕС-ПЛАНИРОВАНИЯ

Гульназ Владимировна Чачакаева
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Богданов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gulnaz12333@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена оценке функциональных возможностей программного обеспечения, как средства повышения эффективности планирования проектной деятельности.

Ключевые слова: бизнес-планирование, программное обеспечение бизнес-планирования.

COMPARATIVE ANALYSIS OF AUTOMATED BUSINESS PLANNING SYSTEMS

Gulnaz V. Chachakaeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gulnaz12333@gmail.com

Abstract. The article is devoted to evaluating the functionality of software as a means of improving the efficiency of planning project activities.

Keywords: business planning, business planning software.

Значимость бизнес-планирования трудно переоценить. Бизнес-план - это инструмент, позволяющий построить модель реализуемого проекта. Он создается для того, чтобы определить направление развития, разработать стратегию достижения краткосрочных и долгосрочных целей, оценить риски и предложить мероприятия по их предотвращению.

Грамотно организованное бизнес-планирование позволяет решить следующие задачи [1]:

– исследование рынка и текущей рыночной ситуации;

– оценка финансовых перспектив проекта, возникновения рисковых ситуаций;

– постановка краткосрочных и долгосрочных целей развития;

– оценить финансовое состояние;

– оценка эффективности используемых инструментов маркетинга.

Автоматизированные системы бизнес-планирования позволяют значительно повысить уровень и скорость построения модели реализации проекта.

Большинство представленных программ сопоставимы по своим функциональным техническим возможностям, однако имеют некоторую специфику. Для проведения сравнительного анализа автоматизированных систем бизнес-планирования были выбраны такие популярные программные продукты, как «BPE24», «Альфа-Проект», «Альт-Инвест», Сервис «КУБ24. ФинДиректор», «E-planificator». Это универсальные

продукты, которые активно используются на российском рынке [3], [4], [5]. Применение зарубежных продуктов может быть затруднено, так как не отражают российское законодательство [2]. В таблице 1 представлена краткая характеристика продуктов.

Таблица 1

Краткая характеристика программных продуктов

Характеристика	Назначение системы	Возможности системы
BPE24	Подготовка бизнес-планов	Финансовые расчеты; подготовка бизнес-планов
Альфа-Проект	Анализ проектов	Финансовое, инвестиционное и налоговое планирование; автоматизация отчетности; оценка затрат
Альт-Инвест	Анализ инвестиционных проектов	Расчет экономических показателей; анализ структуры, платежеспособности, эффективности, финансовой устойчивости предприятия
Сервис «КУБ24. ФинДиректор»	Ведение управленческого учета	Расчет прибыли по проектам; планирование доходов и расходов
E-planificator	Расчет бизнес-планов и составление финансовых моделей	Анализ финансового состояния и прогноз развития; анализ рисков

Программы, приведенные в таблице 1, позволяют подготовить инвестиционные проекты, которые отвечают как российским, так и международным стандартам.

Кроме приведенных в таблице систем существуют также иные, по большей мере специализированные системы, такие как: электронная картотека «Calibre», прикладная система для математических расчетов «MathCad» и другие.

Сравнительный анализ программных продуктов проводился по 7 критериям (таблица 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ программных продуктов

Характеристика	BPE24	Альфа-Проект	Альт-Инвест	Сервис «КУБ24. ФинДиректор»	E-planificator
Демоверсия	3 дня бесплатно, некоторые функциональные ограничения	Да, функциональные ограничения	Неограниченный срок доступа	Пробный период 14 дней	Да
Целевая аудитория	Финансовые менеджеры	Опытные и начинающие финансовые специалисты	Профессиональные экономисты-аналитики	Финансовые специалисты	Начинающие и опытные финансовые специалисты
Совместный доступ	Да	Нет	Нет	Да	Да
Цена	3 000 руб. в месяц	12 000 руб. в месяц	От 132 000 руб. в год	От 2 500 руб. в месяц	6 950 руб., только для юр лиц и ИП
Виды деятельности	Перепродажа, услуги, производство	Любые	Любые	Любые	Любые
План рекламы и продвижения	Нет	Нет	Нет	Нет	Да

Недостатки	Невозможность выгрузить полноценную финансовую модель в Excel	Возможность разработать только финансовый план	Ограниченные функциональные возможности	Отсутствует	Ориентирован только на стандарты РСБУ и МСФО

Несмотря на широкие возможности, ни одно из программных обеспечений не решает весь ряд задач, связанных с бизнес-планированием. Таким образом, программные продукты позволяют сделать процесс планирования менее трудоемким, автоматизируя ряд расчетов и обобщая соответствующие процедуры, однако они не имеют возможности целиком заменить профессиональных специалистов.

Источники

1. Иванов Д.Ю. Целесообразность бизнес-планирования с помощью программного обеспечения / Д.Ю. Иванов, В.Д. Александрова. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы экономики и управления : материалы IV Междунар. науч. конф. (г.Москва, июнь 2016 г.). – М.: Буки-Веди, 2016. – С. 113-115 URL: https://moluch.ru/conf/econ/archive/174/10560/ (дата обращения: 15.11.2022).

2. Губанова Е.В. Автоматизация процесса бизнес-планирования / Е.В. Губанова // Теоретические и практические вопросы развития бухгалтерского учета, анализа и аудита в современных условиях, их автоматизация как инструмент эффективного управления организацией: Материалы международной научно-практической конференции, Калуга, 19 ноября 2015 года / Под редакцией Беловой Е.Л., Полпудникова С.В.. – Калуга: ООО "ТРП", 2015. – С. 242-246. – EDN UZSNBR.

3. Кривоносова А.В. Структура бизнес-плана и сущность бизнес-планирования на предприятии / А.В. Кривоносова // Научный и интеллектуальный потенциал: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Самара, 12 мая 2017 года. – Самара: Общество с ограниченной ответственностью "Центр научных исследований и консалтинга", 2017. – С. 14-16. – EDN YOGRRL.

4. Рыбников А.М. Бизнес-планирование в сфере поддержки малого бизнеса: российский и зарубежный опыт / А.М. Рыбников // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. – 2020. – Т. 6. – № 4. – С. 69-75. – EDN

ВХСТUO.

5. Батталова О.В. Особенности процесса бизнес-планирования в малом бизнесе / О.В. Батталова // Современный специалист-профессионал: теория и практика: Материалы XI Международной научной конференции студентов и магистрантов в рамках X Международного научного студенческого конгресса "Образ будущего глазами студентов", Барнаул, 25–26 апреля 2019 года / Под общей редакцией В.А. Ивановой, Т.Е. Фасенко. – Барнаул: Типография "Графикс", 2019. – С. 370-373. – EDN YYBYWG.

УДК 697:681.5

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Артём Алексеевич Чучалов
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Н.В. Богданова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
caa212000@mail.ru

Аннотация. Для максимально эффективной работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования производственных зданий применяют систему автоматизации оборудования. В статье проведён анализ технических средств, устанавливаемых в данной системе, а также рассмотрены их особенности и места установки.

Ключевые слова: система автоматизации, система отопления, вентиляция, кондиционирование, оборудование, датчик.

ANALYSIS OF THE EQUIPMENT OF THE AUTOMATION SYSTEM OF HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING OF INDUSTRIAL BUILDINGS

Artem A. Chuchalov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
caa212000@mail.ru

Abstract. For the most efficient operation of heating, ventilation and air conditioning systems of industrial buildings, an equipment automation system is used. The article analyzes the technical means installed in this system, and also considers their features and installation locations.

Keywords: automation system, heating system, ventilation, air conditioning, equipment, sensor.

Ни для кого не секрет, что ни одно здание, тем более производственное, не может существовать без грамотно спроектированных систем отопления, вентиляции и кондиционирования. Данные системы служат для создания и поддержания комфортных условий работы оборудования и сотрудников производства.

Система отопления – это совокупность оборудования для выработки и передачи необходимого количества теплоты в обогреваемые помещения с целью возмещения тепловых потерь и поддержания в них заданного значения температуры воздуха [1].

Основное назначение системы вентиляции заключается в поддержании требуемых параметров воздуха и параметров микроклимата производственного помещения [2]. Система вентиляции осуществляет организованный воздухообмен, заключающийся в замене отработанного воздуха очищенным свежим воздухом.

Кондиционирование воздуха – это регулирование параметров воздуха в закрытом помещении с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий для комфорта работы сотрудников и ведения технологического процесса производства. Процесс обработки воздуха производится комплексом технических средств – системой кондиционирования воздуха. Данное оборудование предназначено для круглосуточного обеспечения требуемых параметров воздушной среды с заданными температурными и влажностными условиями в производственных помещениях.

В помещениях производственных зданий, в которых необходим обогрев и установка приточной вентиляции, в основном применяется воздушное отопление, совмещенное с вентиляцией [3]. Главным преимуществом такой системы отопления является отсутствие большого числа больших и металлоемких отопительных приборов, так как горячий воздух передает тепло непосредственно отапливаемому помещению, смешиваясь с внутренним воздухом.

На протяжении долгих лет для более эффективной и экономичной работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования производственных зданий внедряется система автоматизации. Наиболее распространённым оборудованием данной системы являются: различные датчики, частотные преобразователи, регулирующие клапаны, расходомеры, тепловычислители и шкафы управления [4].

Датчик — это устройство, которое принимает воздействие контролируемого или регулируемого параметра объекта управления, преобразует его в выходной сигнал для дальнейшей обработки [5].

1) По методу измерения датчики температуры делятся на два типа:

– термоэлектрические преобразователи или термопары;

– термосопротивления или термисторы.

Данные датчики располагаются в вентиляционных установках, подающем и обратном трубопроводах теплового пункта, а также внутри и снаружи помещения.

2) Различают два типа датчиков давления – аналоговые датчики давления и реле давления. Оба типа датчиков могут измерять давление как в одной точке, так и разность давлений в двух точках. Данный тип датчиков устанавливают возле фильтров и вытяжных вентиляторов систем вентиляции, а также на тепловом пункте системы отопления.

3) Для некоторых помещений при необходимости устанавливают датчики влажности. Главной задачей таких датчиков является контроль уровня сухости в помещении.

Вместе с датчиками температуры и давления по подающем и обратном трубопроводе теплового пункта устанавливают расходомеры, которые также входят в систему автоматизации отопления здания.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования – это в первую очередь создание оптимальных параметров микроклимата для более приятных условий труда работников и качественной работы оборудования. В свою очередь грамотная автоматизация данных систем выведет на новый уровень эффективность процессов, а, следовательно, повысит экономичность работы оборудования.

Источники

1. Синюкова Т.В., Синюков А.В. Регулирование температуры индивидуального теплового пункта изменением частоты вращения асинхронного двигателя. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021;23(4):156-165.

2. Ситников Н.Р. Оптимизация систем вентиляции различными способами // Научный электронный журнал «Оригинальные исследования». 2020. С. 10-19.

3. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Минстрой России, 2016. С. 121.

4. Капанский А.А. Методы решения задач оценки и прогнозирования энергоэффективности // Вестник КГЭУ. 2019. Т. 11. № 2 (42). С. 103-115.

5. Автоматизация систем вентиляции, отопления, кондиционирования [Электронный ресурс]. https://hmps-business.ru/services/proektirovanie-inzhenernyh-sistem/avtomatizacija-sistem-ventiljacii-i-kondicionirovanija.html (дата обращения: 11.11.22).

УДК 621.397.7

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ ОНЛАЙН-ТРАНСЛЯЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОИНСПЕКЦИИ

Дамир Инсавофич Шайхезадин[1], Рамир Ирикович Карамов[2]
Науч. рук. канд. техн. наук А.Н. Богданов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
[1] shajhezadin2013@yandex.ru ,[2]karamov.ramir@gmail.com

Аннотация. В статье приведено сравнение различных способов трансляции видео, которые можно реализовать для организации систем видеоинспекции с размещением на разрабатываемых мобильных роботизированных платформах.

Ключевые слова: видеотрансляция, потоковое видео, качество видео.

COMPARATIVE ANALYSIS OF WAYS TO IMPLEMENT ONLINE BROADCASTING FOR VIDEO INSPECTION SYSTEMS

Damir I. Shaikhezadin[1], Ramir I. Karamov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1] shajhezadin2013@yandex.ru ,[2]karamov.ramir@gmail.com

Abstract. The article presents a comparison of various video broadcasting methods that can be implemented for organizing video inspection systems with placement on mobile robotic platforms being developed.

Keywords: video broadcasting, streaming video, video quality.

На базе Молодежного инновационного центра «Энергия» (МИЦ) разрабатываются мобильные роботизированные платформы (МРП). В зависимости от конфигурации и выполняемых задач различаются средний многофункциональный и малый узкоспециализированный МРП. Одна из модификаций малого МРП предназначена для выполнения задач видеоинспекции.

Для создания такого МРП важным является оптимальный выбор

способа реализации системы видеотрансляции. В роли источника передатчика возможно использовать различные приборы: IP-камеры, веб-камеры, видеокамеры от телефонов, микровидеокамеры и тому подобное. Способы вывода видеоизображения также различаются: сайт, приложение или специализированный экран.

В одном из предыдущих проектов – онлайн-робофутбол – была реализована трансляция видео с помощью сервиса онлайн-трансляции Ivideon (см рисунок). Использование сервиса онлайн-трансляции является наиболее популярным и доступным решением. Зачастую, такие интернет ресурсы предоставляют свои услуги через аренду серверов, но взамен предлагают много возможностей: вставки трансляции на свой сайт, редактирование плеера, запись и видео и многое другое.

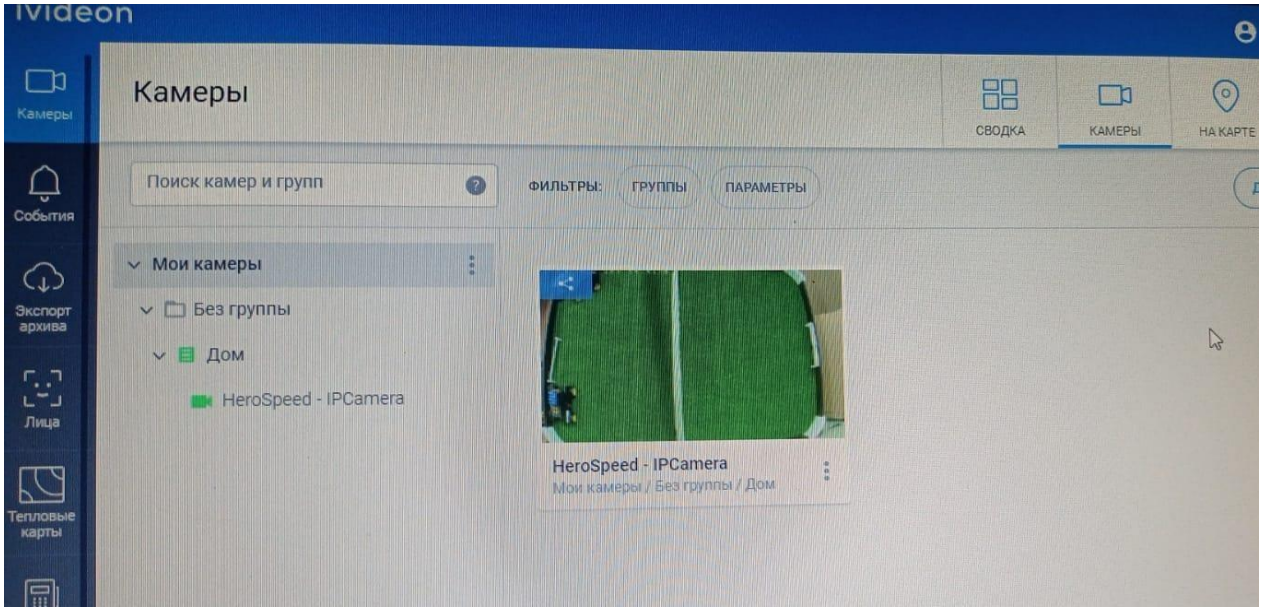
Основными преимуществами использования этого способа являются:

- возможность трансляции видео для большого количества посетителей;
- простое редактирование онлайн-трансляции;

Недостатками данного способа являются: дополнительные финансовые расходы, задержки на обработку и передачу видео, зависимость от сторонних ресурсов.

Примеры сайтов, предоставляющих такие услуги: IVideon, Линия, LinkVideo, I-Cam, YouLook, IPEYE и другие [1].

В ходе применения данного способа реализации видеотрансляции в рамках проекта по онлайн-робофутболу было определено что задержка видео могла достигать 6-8 секунд.



Сервис онлайн-трансляции Ivideon

Другой способ – трансляция видео напрямую на сайт.

Это относительно простой способ видеотрансляции, для которого требуется только IP-камера и подключение к сети. Рекомендуется получить внешний статический IP-адрес для получения доступа к камере из интернета. Можно использовать локальный IP-адрес, но потребуется выполнить проброс портов на сетевом оборудовании. Для отображения онлайн потока на сайте, в код страницы необходимо добавить html-код плеера IP-камеры [2].

Основными преимуществами использования трансляции напрямую являются:

- простота реализации;
- дешевизна.

Недостатками данного способа являются:

- низкий уровень безопасности;
- ограниченное количество одновременных зрителей трансляции[3].

Третий рассмотренный вариант реализации трансляции видео – организация собственного видео сервера.

Наиболее сложный способ организации видео трансляции, требующий изучения определённых программ видео серверов. Он создан специально для приема видео и аудио потоков от различных источников или медиа файлов и отправки их для просмотра на различные интерфейсы. Одной из особенностей видео серверов является возможность обработки источников разных форматов. Далее сигнал в требуемом формате по нужному протоколу передается на клиентские устройства. Также видео серверы предлагают дополнительные функции: ограничение доступа, размещение различный файлов и обеспечение доступа к ним, запись трансляций и другое.

Основными преимуществами использования сервисов медиа серверов являются:

- неограниченное количества видео трансляций посетителей;
- кроссплатформенность.

Недостатками данного способа являются:

- время на освоение и организацию сервера;
- требуются мощные серверы.

Примерами таких серверов являются: Flash Media Server, Wowza Streaming Engine, Erlyvideo и другие [4].

Сервисы онлайн трансляций наиболее легкий и быстрореализуемый вариант, но не подходит для поставленной задачи из-за зависимости от стороннего ресурса и задержек. Создание собственного медиа сервера

слишком трудозатратно в рамках поставленной задачи. Наиболее подходящим из рассмотренных вариантов является прямая передача видео с IP-камеры.

Источники

1. Кряжева Е.В., Шляпников Н.А. Видеонаблюдение как основная сфера IoT в современной России //Вестник Калужского университета. – 2020. – №. 1. – С. 79-81.

2. Цветков Р.В., Шардаков И.Н., Шестаков А.П. Система мониторинга неравномерных осадок сооружений с использованием ip-камер / /Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2013. – №. 30. – С. 95-100.).

3. Добавление потока от IP-камеры на свой сайт [Электронный ресурс] https://habr.com/ru/company/prestel/blog/366639/ (дата обращения 8.11.2022).

4. Красько Н., Мильцина А. Адаптивное потоковое вещание-в поисках единого решения //Теле-Спутник. – 2012. – №. 7. – С. 70.

УДК 004.896

ИНДУСТРИЯ 4.0: АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Альбина Ильдаровна Шарафиева
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
sharafievaalbina16@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены понятие и особенности Четвертой промышленной революции, характеризующейся внедрением новых информационных технологий, благодаря которым происходит переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое искусственным интеллектом в режиме реального времени в постоянном взаимодействие с внешней средой. Выделены основные направления развития и особенности ключевых технологий Индустрии 4.0.

Ключевые слова: индустрия 4.0, автоматизация, технологии, промышленный интернет вещей, искусственный интеллект, производство.

INDUSTRY 4.0: ANALYSIS OF EXISTING AUTOMATION SYSTEMS IN MODERN PRODUCTION

Albina I. Sharafieva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
sharafievaalbina16@gmail.com

Abstract. The article discusses the concept and features of the Fourth Industrial Revolution, characterized by the introduction of new information technologies, thanks to which there is a transition to fully automated digital production controlled by artificial intelligence in real time in constant interaction with the external environment. The main directions of development and features of key technologies of Industry 4.0 are highlighted.

Keywords: industry 4.0, automation, technology, industrial Internet of things, artificial intelligence, manufacturing.

Стремительное внедрение современных технологий и новейших идей во многие сферы жизни общества привело к масштабным изменениям. В настоящее время мы являемся свидетелями глобальной четвертой промышленной революции, также известной как Индустрия 4.0 - результата научно-технического прогресса. Она подразумевает переход на автоматизированное цифровое производство, внедрение новых информационных технологий в промышленность, и распространение искусственного интеллекта. Благодаря этому, цифровизация и роботизация с каждым днем сильнее укореняется в производстве и оказывает существенное влияние на предприятия и организацию их работ, поэтому рассмотрение вопросов, связанных с Индустрией 4.0 остается актуальной задачей.

Индустрия 4.0 полностью модифицирует способы производства и использования данных. Множество компаний внедряют в свое производство новейшие технологии. Технологии – основа Индустрии 4.0, без них невозможна трансформация промышленного производства [1]. Рассмотрим ключевые технологии Индустрии 4.0.

Ведущим направлением четвертой промышленной революции выступает промышленный интернет вещей Industrial Internet of Things (IIoT). Данная технология подразумевает внедрение и подключение каждого элемента производственной цепочки (приводов, контроллеров, датчиков, GPS- и мобильных устройств и т.д.) к глобальной сети. Такая возможность подключения позволяет удаленно управлять устройствами, собирать, анализировать и обмениваться данными с различных

источников, рассредоточенных географически. Полученные данные от элементов производственной цепочки используются для автоматизации производственных процессов, что позволяет снизить затраты, повысить дисциплину труда и уровень безопасности на производственном объекте, а также осуществлять постоянный мониторинг потребления электроэнергии различным оборудованием на производстве [2].

Внедрение искусственного интеллекта также является ключевой технологией Индустрии 4.0. Наиболее распространёнными разновидностями искусственного интеллекта в промышленности являются машинное обучение, компьютерное зрение и робототехника. Основной задачей машинного обучения является создание алгоритмов, которые могут принимать входные данные и использовать статический анализ для прогнозирования выходных данных по мере появления новых данных [3]. В промышленности, машинное обучение позволяет предотвратить поломки оборудования, минимизировать простои и аварии. Для этого, с датчиков на оборудовании собираются данные, анализируются, выявляются условия, при которых возникают сбои. Компьютерное зрение представляет собой область искусственного интеллекта, которая стремится углубить знания компьютеров по идентификации объектов на видео и изображениях. Благодаря компьютерному зрению в промышленности происходит контроль технологических процессов, мониторинг территории, контроль действия персонала. Внедрение робототехники в промышленность позволяет ускорить производственные процессы, повысить качество и точность изготовления продукции, снизить затраты производства и др.

При помощи Индустрии 4.0 многие компании внедряют технологии виртуальной реальности в своей профессиональной сфере. Такая технология может быть использована при отработки аварийных сценариев, адаптации новых сотрудников, повышении квалификации. Используя технологии виртуальной реальности и промышленного интернета вещей, многие крупные компании внедряют концепцию подключенного персонала. Тем самым обеспечивая безопасность персонала, мониторинг их здоровья при выполнении различных работ на промышленных объектах.

Еще одной ключевой технологией Индустрии 4.0 является аддитивное производство, которая применяется в совокупности с технологиями Промышленного интернета вещей, искусственного интеллекта и Big Data. Аддитивное производство представляет собой разработку новых технологий быстрого производства трехмерных

объектов, благодаря применению 3D-печати и использования для печати не только пластика, но и гипса, стекла, деревянного волокна, бетона и др. Это позволяет снизить отходы, получаемые в результате производства [4].

Проанализировав рассмотренные технологии, можно сделать вывод, что Индустрия 4.0 до неузнаваемости изменит образ жизни человека. Уже сейчас мы наблюдаем использование искусственного интеллекта и внедрение информационных технологий. Четвертая промышленная революция приведет к оптимизации производства, снижению затрат производственной энергии, повышению безопасности рабочего персонала, снижению финансовых затрат, улучшению экологии и т.д. [5]. Индустрия 4.0 повысит качество жизни и общее благосостояние планеты.

Источники

1. Трачук А.В., Линдер Н.В. (2017) Распространение инструментов электронного бизнеса в России: результаты эмпирического исследования// Российский журнал менеджмента. Т.15, №1. С. 27-50.

2. Черепанов Н.В. Промышленный "Интернет вещей" на предприятии // Инновации и инвестиции. 2019. №10. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennyy-internet-veschey-na-predpriyatii (дата обращения: 03.11.2022).

3. Акжолов Р.К. Машинное обучение // Вестник науки. 2019. №6 (15). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mashinnoe-obuchenie-1 (дата обращения: 03.11.2022).

4. Чемодуров А.Н. Применение аддитивных технологий в производстве изделий машиностроения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. №8-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-additivnyh-tehnologiy-v-proizvodstve-izdeliy-mashinostroeniya (дата обращения: 03.11.2022).

5. Ярашова Г., Гылычдурдыева Г. Особенности индустрии 4.0 и ее особенности // Вестник науки. 2022. №10 (55). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-industrii-4-0-i-ee-osobennosti (дата обращения: 03.11.2022).

УДК 62.523

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНЫХ ЗОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА НАСЕКОМЫХ

Эльгард Русланович Шарифуллин
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
johnathan.joestar@mail.ru

Аннотация. В данной работе описывается способ исследования опасных зон с использованием гибрида – таракана с брюшным «рюкзаком», в котором беспроводной модуль для дистанционного управления, камера, солнечная батарея и литий-полимерный аккумулятор.

Ключевые слова: мадагаскарский таракан, беспроводной модуль, солнечная батарея, аккумулятор, гибрид, стимуляция, управление.

INVESTIGATION OF HAZARDOUS AREAS USING AN INSECT CONTROL SYSTEM

Elgard R. Sharifullin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
johnathan.joestar@mail.ru

Abstract. This paper describes a method for investigating hazardous areas using a hybrid cockroach with an abdominal "backpack", in which a wireless remote control module, a camera, a solar battery and a lithium polymer battery.

Keywords: Madagascar cockroach, wireless module, solar battery, battery, hybrid, stimulation, control.

Группа японских учёных из организации RIKEN Cluster for Pioneering Research создали дистанционно управляемого гибрида из мадагаскарского таракана. К насекомому присоединяется «рюкзачок», напечатанному на 3D-принтере по образцу таракана, с беспроводным модулем, работающим от солнечных батарей, с помощью которого и совершается управление гибридом. Этот рюкзак прикреплён к ногам и спине насекомого, в верхней части груди находится литий-полимерный аккумулятор. Также к животному прикреплена небольшая камера массой около 0,25 грамм. Кадры с неё отправляются к учёным через Bluetooth [1]

Ультратонкий модуль органических элементов толщиной пару десятых миллиметра установили на задней части животного. Солнечная батарея обеспечивает мощность около 20 мВт [2]

Ученые проанализировали движения тараканов и, заметив изменения формы брюшка, решили что закрепление на теле таракана посторонних предметов будет весьма проблематичным. Исходя из этих данных, в конструкции устройства учёные использовали клейкие и неклейкие участки на гибких фотоэлементах, что позволяет им сгибаться, оставаясь закреплёнными. Экспериментально удалось выяснить, что если использовать более толстые плёнки, то скорость движения гибрида уменьшается больше чем в 2 раза [3] Разработанная система из сверхтонкой электроники и гибких металлов идеально совмещается с изгибами тела таракана, устройство не стесняет его движения, поэтому насекомое может двигаться с нормальной скоростью и рюкзак может эксплуатироваться в течение месяца [4]

Гибрид успешно поучаствовал в тестах, управление производилось с помощью пульта дистанционного управления, который давал сигнал рюкзаку, рюкзак же, в свою очередь, активировал стимуляцию конечностей таракана. Стимуляция производится стандартным для тараканов способом – на чувствительную зону, то есть усики или церки, подаются электрические импульсы, из-за чего насекомое думает что столкнулось с препятствием и поворачивает в нужную для исследователей сторону [5]

Ведущий автор Кенджиро Фукуда заявил, что на тараканах останавливаться не собирается, и хочет адаптировать систему под летающих насекомых, таких как жуки и цикады, для получения более точной информации об опасной зоне.

Для человечества такой способ наблюдения и исследования опасных зон является важным продвижением в этой области. Таким образом, жизнь людей не будет подвергаться опасности для добычи информации.

Источники

1. Роботы и дроны [Электронный ресурс]. https://hightech.fm/2022/09/05/cyborg-cockroach 06.09.2022

2. Роботы и дроны [Электронный ресурс] https://habr.com/ru/news/t/686564/ 05.09.2022

3. Роботы и дроны [Электронный ресурс] https://nplus1.ru/news/2022/09/06/cockroach 05.09.2022

4. Под редакцией В.П. Дьяконова. Новые информационные технологии. – М.: Солон-Пресс, 2005. – 640 с.

5. Е.А. Мелешко. Быстродействующая импульсная электроника. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 320 с.

УДК 691.175

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА КОРПУСА ПРОТОТИПА МРП ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВИДЕОИНСПЕКЦИИ

Никита Сергеевич Шаронов[1], Зульфат Фаязович Хамидуллин[2]
Науч. рук. доц. каф. АТПП, канд. техн. наук А. Н. Богданов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
[1]nik.sharonov.03@mail.ru,[2]khamidullinzulfatar@gmail.com

Аннотация. В статье приведено сравнение характеристик пластмасс используемых для прототипирования на 3D принтере. Представлена напечатанная деталь корпуса.

Ключевые слова: материалы, пластик, свойства, прототипирование, мобильный робот.

CHOOSING THE OPTIMAL HOUSING MATERIAL FOR AN MPI PROTOTYPE FOR AUTOMATED VIDEO INSPECTION

Nikita S. Sharonov[1], Zulfat F. Khamidullin[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]nik.sharonov.03@mail.ru, [2]khamidullinzulfatar@gmail.com

Abstract. In to the article a comparison of the characteristics of plastics used for prototyping is given on 3D the printer. The printed part of the case is presented.

Keywords: materials, plastic, properties, prototyping, mobile robot.

Выбор материалов для изготовления корпусов является неотъемлемой частью прототипирования и производства вне зависимости от масштабов. От выбора материала зависит опыт использования технологических устройств и решений [1].

Для прототипирования стандартно используют FDM 3D принтер, печатающий пластиком, ассортимент которого довольно широк и

различается по свойствам и назначению использования [2]. Среди них можно выделить несколько видов, наиболее часто используемых в инженерных целях: ABS (акрилонитрил-бутадиен-стирол), PC/ABS (поликарбонат/акрилонитрил-бутадиен-стирол), ASA (Акрилонитрил-стирол-акрилат), PETG (полиэтилентерефталат-гликоль) [3]. Сравнение основных характеристик, важных для выбора материала изделия, которое планируется использовать на улице:

Таблица 1

Характеристики пластиков

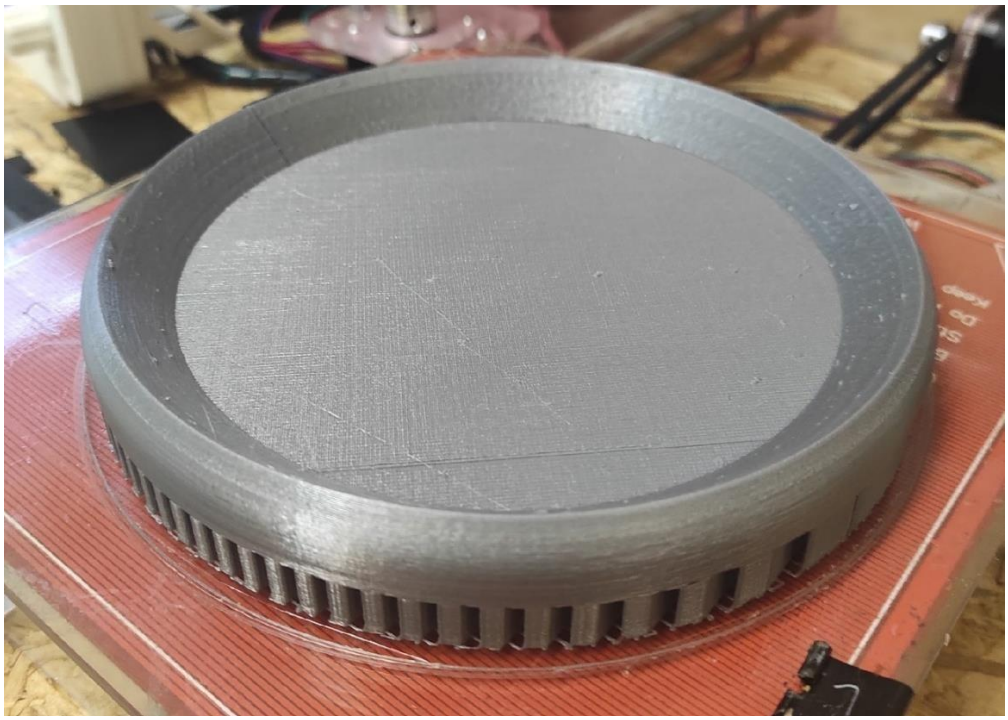
Характеристики / Пластик	ABS	PC/ABS	PETG	ASA
Модуль упругости, МПа	2300	2500	2000	1860
Плотность, г/см³	1,05	1,2	1,3	1,08
t эксплуатации, °C	-40 - +90	-60 - +105	-40 - +70	-40 - +80
Устойчивость к УФ	Средняя	Средняя	Хорошая	Отличная

При услувии что корпус устройств будет обработан снаружи краской, устойчивость к УФ понижает свою значимость в характеристиках, важных для эксплуатации изделия на улице.

Главными характеристиками[табл.1] остаются модуль упругости материала, эта характеристика влияет на жесткость и прочность изделия; и температура эксплуатации при которых материал не будет терять своих свойств, формы, размера.

Исходя из сравнения основных характеристик можно выделить PC/ABS как оптимальный материал для изготовления корпуса прототипа МРП [4]. Данный материал будет обеспечивать максимальную надежность корпуса прототипа МРП для автоматизированной видеоинспекции, так как не будет портиться от различных погодных и температурных условий при возможных вариантах использования на улице или производстве.

Для проверки эксплуатационных характеристик была напечатана деталь корпуса прототипа из пластика PETG (см рисунок).



Деталь корпуса прототипа из PETG

Источники

1. Выбор материала для создания прототипа крышки теплообменника с помощью аддитивных технологий [Электронный ресурс] https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47430802 (дата обращения 8.11.2022).
2. Анализ пластмасс при их выборе для 3D печати модели ветроэнергетической установки [Электронный ресурс] https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45577890 (дата обращения 8.11.2022).
3. Материалы, доступные в рамках различных технологий 3D печати [Электронный ресурс] https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24121595 (дата обращения 8.11.2022).
4. ABS/PC [Электронный ресурс] https://wiki.promdesign.ua/index.php?title=ABS/PC (дата обращения 8.11.2022).
5. 3D-печать: как печатать пластиком PETG/Характеристики [Электронный ресурс] https://top3dshop.ru/blog/petg-review-and-manual.html (дата обращения 8.11.2022).

УДК: 681.5:656:622

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ В ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС

Адель Юрьевна Эйтерник
Науч. рук. канд. техн. наук, доцент М.А. Сафин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
adeleyternik@yandex.ru

Аннотация. На сегодняшний день в горнодобывающей промышленности функционирует множество автоматизированных систем управления, которые способствуют повышению производительности предприятий. В статье рассмотрена система диспетчеризации в горно-транспортном комплексе.

Ключевые слова: автоматизация, управление, промышленность, уголь, система, горно-транспортный комплекс, диспетчеризация.

PROSPECTS FOR THE INTRODUCTION OF A DISPATCHING SYSTEM IN THE MINING AND TRANSPORT COMPLEX

Adel Yu. Eyternik
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
adeleyternik@yandex.ru

Abstract. To date, there are many automated control systems in the mining industry that contribute to increasing the productivity of enterprises. The article discusses the dispatching system in the mining and transport complex.

Keywords: automation, management, industry, coal, system, mining and transport complex, dispatching.

Добыча угля считается трудоемким и опасным для жизни человека процессом, включающим в себя: нахождение месторождения осадочной породы, добычу полезного ископаемого как открытым, так и шахтным способами, обогащение и переработку бурого и каменного угля.

На открытый способ добычи полезных ископаемых от общего объема приходится около 70% в мире, именно в России данным способом добывается приблизительно 60% угля. Финансовые затраты на единицу техники в общей добыче угля напрямую зависят от увеличения глубины карьера. Поэтому внедрение автоматической системы управления (АСУ) и

совершенствование горно-транспортного комплекса (ГТК) необходимо для уменьшения себестоимости добычи угля [1].

В России специалистами в области горной промышленности в 2006 году был проведен анализ эффективного использования горного транспорта, а именно оценивание состояния техники и показателей их работы [2]. Было установлено, что при равных горно-геологических условиях расход топлива значительно различается у одних и тех же моделей транспорта. Необходимо добавить также, что, по результатам анализа, главной проблемой является невозможность правильного распределения груза между транспортной техникой.

Решение, удовлетворяющее всем критериям, было - внедрение системы диспетчеризации. Она разработана по технологии космической навигации, которая позволяет с большой точностью определять местоположение горного транспорта и выбрать наиболее подходящий маршрут при помощи спутниковых радиосигналов.

АСУ ГТК состоит из программируемого бортового контроля СКЗ (система контроля загрузки), а также системы связей [3]. Бортовое оборудование производит контроль над различными параметрами: как уже было сказано ранее, определение местоположения, уровень загрузки природного ископаемого, расход топлива и фактический вес гружёного транспорта для выявления недогруза.

Примером может служить отечественная система диспетчеризации ГТК «Карьер» [4]. За последние 12 лет её внедрили на многих предприятиях горной промышленности. Система ГТК «Карьер» многофункциональна, она включает в себя базовые и вспомогательные модули. Главная особенность такой системы заключается в том, что она позволяет производить контроль по всему ходу движения топлива от приема до его расхода.

Система работает по заданному алгоритму: данные, передаваемые по каналу связи, поступают в диспетчерский центр для дальнейшей обработки и хранения, затем обработанная информация передается от диспетчера водителю. Диспетчер, в свою очередь, выбирает наиболее подходящий вариант для загрузки и выгрузки угольной массы, и уже сама система в режиме автоматической работы распределяет горный транспорт в соответствии с заданными критериями.

Окупаемость системы диспетчерского управления обеспечивается за счет высокой производительности, достигаемой эффективной работы транспортного комплекса [5]. Работа на карьерном транспорте при использовании такой информационной системы повышается

приблизительно на 15-20%.

Данная автоматизированная система была успешно внедрена в 2021 году на Бачатском разрезе. Она осуществляет контроль веса горного транспорта для устранения недогрузов, что позволяет увеличить загрузку техники на 10%. По результатам внедрения АСУ ГТК на Бачатский разрез эффективность работы увеличилась на 3-4% на единицу техники.

В настоящее время нельзя представить работу горной промышленности без использования автоматизированных систем. Многофункциональность АСУ ГТК позволяет решить ряд проблем, связанных с транспортировкой и добычей угля. Модули таких систем во многом определяются поставленными задачами для конкретного производства. Главной целью АСУ ГТК является повышение показателей производительности, а именно: оптимизация управления грузовыми потоками, обеспечивание контроля работы ГТК, сокращение производственных потерь и увеличение добычи угля.

Источники

1. Лелен А. Тенденции и перспективы цифровой трансформации горнодобывающего производства России. Создание и внедрение системы "интеллектуальный карьер" / А. Лелен.

2. Автоматизированные системы управления горно-транспортным оборудованием / К.Н. Трубецкой, Д.Я. Владимиров, А.Ф. Клебанов, В.В. Рашевский // Горная промышленность. – 2007.

3. Панов А.Н. Системы автоматического управления горным транспортом / А.Н. Панов // Россия молодая: Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 19–21 апреля 2022 года / Редколлегия: К.С. Костиков (отв. ред.) [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022.

4. Косолапов А.И. Оценка эффективности применения систем автоматического управления горно-транспортным оборудованием в глубоких карьерах / А.И. Косолапов, А.В. Токаренко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 4. – С. 307-310.

5. Сорокин О.И. Внедрение автоматизированной системы управления горнотранспортным комплексом / О.И. Сорокин, А.А. Шоков // Горный журнал. – 2017. – № 5. – С. 85-88

СЕКЦИЯ 6. Теплофизика

УДК 519.652

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ЭЛЕМЕНТОВ РАСЧЕТНОЙ СЕТКИ

Азалия Айратовна Абдуллина
Науч. рук. асс. В. Э. Зинуров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
azalkaabdullina69826@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены критерии качества элементов расчетной сетки. Представлено описание основных критериев: качество элемента (Element Quality), соотношение сторон (Aspect Ratio), асимметрия (Skewness) и ортогональное качество (Orthogonal Quality). Приведены предельные и рекомендуемые значения критериев. В докладе показано влияние данных критериев на результаты численного моделирования.

Ключевые слова: качество сеточных элементов, расчетная сетка, качество сетки, численное моделирование, сеточная модель, густота сетки.

DESIGN GRID ELEMENT QUALITY CRITERIA

Azaliya A. Abdullina
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
azalkaabdullina69826@gmail.com

Abstract. The article considers the quality criteria of the elements of the design grid. The main criteria are Element Quality, Aspect Ratio, Skewness, and Orthogonal Quality. The limit and recommended values of the criteria are given. The report shows the influence of these criteria on the results of numerical modeling.

Keywords: mesh element quality, calculated mesh, mesh quality, numerical modeling, mesh model, mesh density.

В последние десятилетие за счет быстрого развития программного обеспечения появилась возможность создавать компьютерные модели различных уровней сложности [1, 2]. Современные программы используют численные методы анализа и моделирования конструкции: создается проточная область модели, на неё накладывается сетка, разбивающая эту область на некоторое количество ячеек, в каждой ячейке решаются дифференциальные уравнения по заданным параметрам. Корректность полученных результатов будет зависеть от ошибки, накопленной в

результате решения дифференциальных уравнений. Для уменьшения этой ошибки необходимо улучшать качество элементов сеточной модели [3, 4].

Выявить, насколько грамотно подобрана сетка, можно с помощью различных критериев: качество элемента (Element Quality), соотношение сторон (Aspect Ratio), коэффициент деформации (Warping Factor), параллельное отклонение (Parallel Deviation) и др. Наиболее значимыми из них являются качество элемента (Element Quality), соотношение сторон (Aspect Ratio), асимметрия (Skewness) и ортогональное качество (Orthogonal Quality). Более подробное их описание приведено ниже в таблице 1.

Таблица 1

Критерии сеточных элементов

Критерий	Информация	Качество		
		Мин	Макс	Рекоменд.
Element Quality (Качество элемента)	Качественными или идеальными являются те элементы, углы которых равны 60° для треугольников и 90° для четырехугольников. Данный критерий можно вычислить по формуле для 3D фигур: $\text{Качество} = c \cdot \frac{\text{Объем}}{\sqrt{(\sum(\text{Длина ребра})^2)^3}}$, где c – постоянная величина для различных фигур.	0	1	>0.5
Соотношение сторон (Aspect Ratio)	Показывает, как растянуты ячейки. Данный критерий можно вычислить по формуле для 3D фигур: $\text{Соотношение сторон} = \frac{\text{Максимальная длина}}{\text{Минимальная длина}}$, где максимальная длина – диагональ фигуры, м; минимальная длина – расстояние между 2 ближайшими плоскостями, считая от середины этих плоскостей, м.	+∞	1	<5
Ортогональное качество (Orthogonal Quality)	Показывает, насколько близки между собой углы к идеальному значению. Его можно вычислить по формуле: $\text{Ортогональное качество} = \cos\vec{C}_i\vec{A}_i$, $\vec{A}_i$ - вектор нормали для каждой стороны нашей фигуры; $\vec{C}_i$ - вектор от центра нашей фигуры до центров соседних фигур(граней).	0	1	>0.6

Асимметрия (Skewness)	Показатель того, насколько значение близко к идеалу или идеальной форме можно определить по следующей формуле: $\text{Асимметрия} = \frac{\text{Оптимальный объем - Размер ячейки}}{\text{Оптимальный объем}}$, где оптимальный объем – объем идеальной фигуры, но с тем же радиусом, описанной окружности, лежащей в основании фигуры, м^3; размер ячейки – объем нашей фигуры, м^3.	1	0	<0.5

Источники

1. Дмитриев, А. В. Моделирование процесса разделения водонефтяной эмульсии в прямоугольном сепараторе / А. В. Дмитриев В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, С. В Данг // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – № 3 (39). – С. 65-71.
2. Зинуров, В. Э. Численное и экспериментальное исследование сужающего устройства на основе трубы Вентури / В. Э. Зинуров, И. И. Насырова, К. Д. Вьюгова, И. Н. Мадышев // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 7. – С. 106-111.
3. Фарахов, Т. М. Физическое и математическое моделирование теплообменных характеристик каналов с хаотичными насадками / Т. М. Фарахов, Е. П. Афанасьев, А. Г. Лаптев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2019. – Т. 11. – № 1(41). – С. 51-59.
4. Салахова, Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 60-64.

УДК 532.526.5

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ОТ ГОРЯЧЕГО ГАЗА К ВОДЕ ЧЕРЕЗ ОРЕБРЕННУЮ СТЕНКУ

Никита Викторович Батманов[1], Карина Ирековна Разакова[2]

Науч. рук. асс. В. Э. Зинуров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

[1]nbatmanow@yandex.ru, [2]karinarazakova14@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена задача численного моделирования теплообмена от горячего газа к воде через оребренную стенку. В работе представлены геометрические особенности оребренной трубы. Получено температурное поле численной модели. Результаты показали, что наиболее значимой областью являются ребра, температура которых существенно изменяется в зависимости от изменяемых параметров, представленных выше.

Ключевые слова: теплообмен, коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопередачи, тепловой поток, плотность теплового потока.

NUMERICAL SIMULATION OF HEAT EXCHANGE FROM HOT GAS TO WATER THROUGH FINNED WALL

Nikita V. Batmanov[1], Karina I. Razakova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]nbatmanow@yandex.ru, [2]karinarazakova14@gmail.com

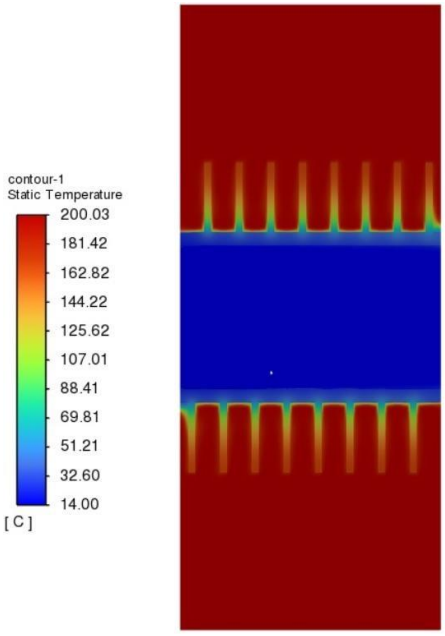
Abstract. The article discusses the problem of numerical modeling of heat exchange from hot gas to water through a finned wall. The work presents the geometric features of the finned pipe. The temperature field of the numerical model is received. The results showed that the most significant area is the ribs, the temperature of which varies significantly depending on the variable parameters presented above.

Keywords: heat exchange, heat transfer coefficient, heat transfer coefficient, heat flow, heat flow density.

Увеличение коэффициента теплопередачи при передачи тепловой энергии от горячего теплоносителя к холодному через стенку на промышленных предприятиях является важной задачей [1]. При разработке, модернизации теплообменных аппаратов проводятся сложные и финансово затратные физические эксперименты [2-4]. В настоящее время при разработке новых теплообменников применяют численное моделирование, что позволяет существенно сократить время на получение результатов. Целью данной работы является численное моделирование теплообмена от горячего теплоносителя к холодному через оребренную поверхность.

Перед выполнением численного моделирования была построена трехмерная модель части воздуховода и оребренной трубы. Необходимо отметить, что ребра располагаются под определенным углом (метод навивки). Внутренний диаметр трубы составляет 22,9 мм, внешний диаметр – 26,9 мм, толщина ребер – 1 мм, расстояние между ребрами – 4 мм. Материал трубы – сталь.

При численном моделировании принималось, что по трубе (снизу вверх) протекает горячий теплоноситель – газ с начальной температурой на входе равной 200 °С. На выходе из воздуховода задавалось атмосферное давление. По трубе (слева направо) поступал холодный теплоноситель - вода с начальной температурой на входе 14 °С. При исследованиях варьировались входные скорости обеих теплоносителей (см. рисунок). Скорость газа изменялась от 1 до 30 м/с. Скорость воды изменялась от 0,1 до 5 м/с.



Температурное поле. В трубе протекает холодный теплоноситель - вода. По воздуховоду движется горячий теплоноситель - воздух

В докладе показано температурное поле численной модели. Отмечено, что наиболее значимой областью являются ребра, температура которых существенно изменяется в зависимости от изменяемых параметров, представленных выше.

Работа выполняется при финансовой поддержке гранта Ректора КГЭУ по поддержке лучших молодежных проектов (проект «Создание и исследование экспериментально-демонстрационной установки для разделения сыпучего материала»).

Источники

1. Лаптев, А. Г. Эффективность теплообмена в каналах с хаотичными насадочными и зернистыми слоями / А. Г. Лаптев, Т. М. Фарахов, О. Г. Дударовская // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2015. – № 1(25). – С. 79-92.

2. Зинуров, В. Э. Экспериментальное исследование теплообмена от парогазовой смеси при передаче тепла через ребристую поверхность / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, И. И. Шарипов, А. Р. Галимова // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2021. Том 7. № 2 (26). С. 60-74.

3. Зинуров, В. Э. Исследование теплообмена от парогазовой смеси при передаче тепла через ребристую поверхность / В. Э. Зинуров А. Р. Галимова, Г. Р. Бадретдинова, И. В. Санников // Международная научно-техническая конференция «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» (XXI Бенардосовские чтения), посвященной 140-летию изобретения электросварки Н.Н. Бенардосом (г. Иваново, 2-4 июня), 2021. – С. 241 – 243.

4. Дмитриев, А. В. Оценочный расчет процесса теплообмена в камере сгорания при сжигании природного газа / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, Г. Х. Гумерова // Вестник технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 2. – С. 99-103.

УДК 536.75

ЭНТРОПИЯ В ПРИМЕРАХ

Дарья Андреевна Беленкова[1], Полина Евгеньевна Глухова[2]
Науч. рук. доцент О.С. Попкова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]ne.dassa@yandex.ru, [2]she_is_pauline@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрено определение энтропии, которое опирается на совокупность постулатов в термодинамике. Представлены положения, особенности и мнения учёных об этом явлении. В работе показано применение энтропии на различных примерах.

Ключевые слова: энтропия, термодинамические параметры, второй закон термодинамики, термодинамическая система, изменение энтропии.

ENTROPY IN EXAMPLES

Daria A. Belenkova[1], Polina E. Glukhova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]ne.dassa@yandex.ru, [2]she_is_pauline@mail.ru

Abstract. The article considers the definition of entropy, which is based on a set of postulates in thermodynamics, as well as methods for its calculation. The provisions, features and opinions of scientists about this phenomenon are presented. The paper shows the application of entropy on various examples.

Keywords: entropy, thermodynamic parameters, the second law of thermodynamics, thermodynamic system, change in entropy.

Термодинамика – это область науки, изучающая способы передачи и превращения энергии из одной формы в другую. Позволяет описать наиболее общие свойства макроскопических систем с помощью термодинамических параметров. Одним из них является энтропия – это физическая величина, которая отражает количество возможных микросостояний описываемой макросистемы. Другими словами, энтропия отражает степень организации, и чем более гетерогенна (неоднородна) система, тем меньше энтропия [1].

В термодинамике энтропия вводится путём обоснования её существования, приведя её свойства и строя шкалу измерения на основании первого, второго и третьего принципов термодинамики [2, 3].

Концепция энтропии была впервые предложена Рудольфом Клаузиусом в 1865 году. Он определил изменение энтропии термодинамической системы в обратимом процессе как отношение изменения общего количества тепла Q (т. е. изменение количества тепла при постоянной температуре) к значению абсолютной температуры T.

Энтропия играет важную роль в нашей жизни и является неотъемлемой частью второго закона термодинамики: невозможно чтобы процесс приводил к единственному результату, которым бы являлась передача тепла к более горячему. Система становится не замкнутой. Энтропия и есть та величина, которая характеризует передачу энергии внутри системы. В случае передачи тепла от горячего к холодному - энтропия увеличивается, в обратном уменьшается. Но в замкнутой системе - энтропия не может уменьшаться, так же, как и холодное не может нагреть горячее (например: кубик льда не может нагреть горячий чай) [4].

В идеальном случае в обратимом процессе, которым является цикл Карно - энтропия не изменяется, поскольку прямое увеличение в изотермической цепи полностью компенсируется обратной – т.е. адиабатой. Однако в реальной жизни обратимых процессов не существует (энтропия замкнутой системы всегда увеличивается). Энтропия стремится достичь максимума, поскольку это и будет равновесным состоянием. Другая формулировка 2 начала термодинамики: замкнутая система самопроизвольно пытается достичь состояния равновесия без участия

внешних сил (как остывшая чашка чая или спущенное колесо). Кроме того, в не замкнутой системе энтропия может вести себя как угодно - увеличиваться, оставаться неизменной.

Представим: резервуар, разделённый пополам перегородкой. Левая часть содержит молекулы газа (S1). Если здесь убирать перегородку, то часть молекул из левой части резервуара перейдёт в правую (S1<S2). Через какое-то время в резервуаре установится равновесие с максимальной энтропией-произойдёт это всё самопроизвольно. Мы никогда не сможем увидеть, как молекулы газа без помощи внешних сил вернулись в левую часть. Предположим, на середине резервуара установим механизм, который будет пропускать молекулы в левую сторону, но не будет их пропускать в правую (S1>S2). Получается молекулы газа снова будут сосредоточены в левой части, и энтропия системы уменьшится. Нарушает ли это второй закон термодинамики? – Нет, это не так. Данная система не является замкнутой, потому что есть энергетический обмен с окружающей средой (механизм). Механизму также нужна энергия, которая также рассеивается. Увеличение энтропии самого механизма будет уменьшать энтропию резервуара [5].

По тому же принципу работает холодильник. Тепло всегда переходит от горячего тела к холодному. Однако, компрессор холодильника с помощью испарения и конденсации фреона способствует передачи тепла по холодной камере к более тёплому помещению кухни (через систему теплообменников) и нагревает её, увеличивая потери энергии. Это и объясняет, почему открыв дверцу холодильника - комната не охлаждается, а нагревается. Холодильник работает пока он включён в электрическую сеть. Если мы выдернем вилку из розетки, прекратится подача энергии к компрессору. Система холодильник-кухня станет замкнутой. Камера будет нагреваться пока не наступит равновесное состояние. Таким образом в замкнутых системах энтропия только увеличивается и происходит самопроизвольная, спонтанная передача энергии.

Источники

1. Рейтер, К.А. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. Ч. 1. Термодинамика и теплопередача: учебник / К.А. Рейтер. М.: КУРС, 2019. 000 с. (Среднее профессиональное образование).

2. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика: учебник для вузов / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008 - 496с.: ил.

3. Сидорова, Ю. С. Эксергия как единая мера / Ю. С. Сидорова, В. В. Плотников // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2010. – № 3(6). – С. 24-31.

4. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика: Учебное пособие. – 2-е изд., доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 352 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

5. Белонучкин, В. Е. Краткий курс термодинамики – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МФТИ, 2010. – 164 с.

УДК 66.074.2

СРАВНЕНИЕ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА НПУ И ЦИКЛОНА ЦН – 15

Эльмира Ильгизяровна Салахова
Науч. рук. ассистент А.Ш. Шаймухаметова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Salahova.elmira@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена проблема эрозионного износа пылеулавливающих аппаратов при дегидрировании изопарафинов. Предложена конструкция нового пылеулавливающего устройства с дугообразными элементами (НПУ). Результаты численных исследований показали, что меньший эрозионный износ НПУ относительно циклона ЦН-15 обусловлен волнообразной структурой потока внутри НПУ.

Ключевые слова: пылеулавливающее устройство, дегидрирование изопарафинов, улавливание катализатора, эрозионный износ, циклонный сепаратор.

COMPARISON OF EROSIVE WEAR OF NPC AND CP CYCLONE - 15

Elmira I. Salakhova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Salahova.elmira@gmail.com

Abstract. The article discusses the problem of erosion wear of dust collection devices during the dehydrogenation of isoparaffins. Design of new dust-collecting device with arc-

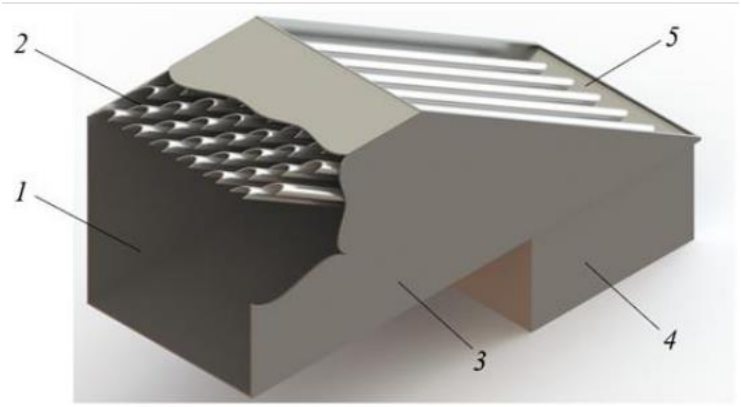
shaped elements is proposed. The results of numerical studies showed that less erosion wear of the NPU relative to the cyclone TsN-15 due to the wave-like flow structure inside the NPU.

Keywords: dust-collecting device, isoparaffin dehydrogenation, catalyst trapping, erosion wear, cyclone separator.

В нефтехимической промышленности в технологических линиях, в которых осуществляется дегидрирование C_4-C_5 изопарафионов в изолефины в псевдоожиженном слое катализатора широко распространены циклоны ЦН-15. При их использовании возникает проблема быстрого износа цилиндрических стенок, что приводит к дырам в циклонных сепараторах и существенному снижению эффективности. Данная проблема обусловлена интенсивным взаимодействием между частицами и стенкой аппарата.

Автором работы предлагается конструкция нового пылеулавливающего устройства (НПУ) с дугообразными элементами (см. рисунок). Принцип работы НПУ описан в работах [1-5]. Целью данной работы является численное моделирование эрозионного износа НПУ и циклона ЦН – 15.

В докладе показано, что меньший эрозионный износ НПУ относительно циклона ЦН-15 обусловлен волнообразной структурой потока, при которой частицы более хаотично отбрасываются из газа в разные области стенок НПУ, что позволяет снизить их скорость эрозионного износа. При использовании НПУ с дугообразными элементами эрозии наиболее подвержены первые 2 ряда элементов. Это вызвано неполноценно сформировавшейся структурой запыленной среды в начале НПУ. В результате прямолинейного и инерционного движения частицы попадают в одни и те же зоны первых двух рядов дугообразных элементов.



Трехмерная модель НПУ с дугообразными элементами: *1* – входное отверстие; *2* – дугообразные элементы; *3* – корпус устройства; *4* – отсек для пыли; *5* – выход изустройства

Получены функции зависимости скорости эрозионного износа W_e от диаметра частиц a для циклона ЦН-15 и НПУ с дугообразными элементами, позволяющих прогнозировать износ аппаратов (1):

$$W_e\left(\text{ЦН-15}\right) = 0,23a + 13,46;$$
$$W_e\left(\text{НПУ}\right) = 0,0006a^{1,75}. \quad (1)$$

Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства по делам молодежи Республики Татарстан (проект «Устройство для очистки воздушных потоков от мелкодисперсных твердых частиц») и гранта Ректора КГЭУ по поддержке лучших молодежных проектов (проект «Создание и исследование экспериментально-демонстрационной установки для разделения сыпучего материала»).

Источники

1. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

2. Зинуров, В. Э. Исследование изменения эффективности очистки газового потока от мелкодисперсных частиц прямоугольным сепаратором при разной степени забивки дугообразных элементов пылью / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. В. Соловьева, Д. Н. Латыпов // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22. – № 8. – С. 42-46.

3. Зинуров, В.Э. Оценка энергетических затрат на улавливание мелкодисперсных частиц в сепараторе с дугообразными элементами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, В. В. Харьков, Т. С. Петрова // Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. - № 2. – С. 82-85.

4. Салахова, Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова,

А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 60-64. – DOI 10.55421/1998-7072_2022_25_5_60.

5. Зинуров, В. Э. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – № 12. – С. 50-59. DOI 10.46554/1993-0453-2020-12-194-50-59

УДК 66.074.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСЕВЫХ И ОКРУЖНЫХ СКОРОСТЕЙ ПО ВЫСОТЕ МУЛЬТИВИХРЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА

Вадим Эдуардович Зинуров[1], Даниэль Маратович Тахавиев[2]
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент А.В. Дмитриев
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[2]МБОУ "Гимназия №122 имени Ж.А.Зайцевой" г. Казань, Республика Татарстан
vadd_93@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема фракционирования мелкодисперсного сыпучего порошка. Показано, что для решения применяются классификаторы. Представлена конструкция мультивихревого классификатора. В работе проведены исследования по определения осевых и окружных скоростей по высоте аппарата. Определены области с отрицательными и около нулевыми осевыми скоростями.

Ключевые слова: мультивихревой классификатор, транспортные каналы, силикагель, осевые скорости, окружные скорости, фракционирование.

DETERMINATION OF AXIAL AND CIRCUMFERENTIAL VELOCITIES BY HEIGHT OF MULTI-SWIRL CLASSIFIER

Vadim E. Zinurov, Daniel M. Takhaviev
[1]KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[2]Gymnasium №122, Kazan, Republic of Tatarstan
vadd_93@mail.ru

Abstract. The paper addresses the problem of fractionation of fine particulate powder. It is shown that classifiers are used for the solution. The design of the multi-vortex classifier is

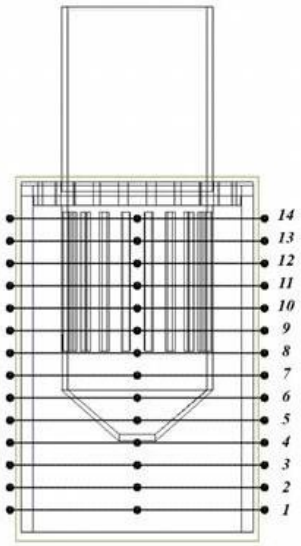
presented. Studies were carried out to determine axial and circumferential velocities by the height of the apparatus. Areas with negative and near zero axial velocities are defined.

Keywords: multi-vortex classifier, transport channels, silica gel, axial velocities, circumferential velocities, fractionation.

В работах [1-3] отмечается, что важной задачей для многих предприятий нефтехимического сектора является использование качественного мелкодисперсного сыпучего материала на основе силикагеля в своих технологических линиях. Высокое качество силикагеля в большей степени характеризуется дисперсностью порошка. На предприятиях по изготовлению данного порошка и, соответственно, его фракционированию применяются классификаторы. Одной из наиболее важных задач является повышение селективности разделения частиц по группам классификаторов, т.е. достижение нулевой эффективности для одних размеров частиц порошка, и 100% эффективности для других размеров частиц материала.

В работах [4, 5] предлагается мультивихревой классификатор с соосно расположенными трубами. Отличительной особенностью данного аппарата является возникновении множества упорядоченных завихрений в межтрубном пространстве, позволяющие сепарировать мелкодисперсные частицы из газа. Целью данной работы является исследование осевых и окружных скоростей по высоте аппарата, т.к. на основе их значений можно предположить в каких местах аппарата создаются обратные потоки, способствующие повышение или снижению эффективности для разных групп частиц (см. рисунок).

В ходе работы была создана 3D геометрия аппарата. Для получения объема данных значений осевых и окружных скоростей было построено 14 плоскостей с шагом 10 мм. При моделировании задавалась скорость в диапазоне 1 – 8 м/с. Размер частиц силикагеля изменялся от 5 до 100 мкм. На выходе из аппарата принималось атмосферное давление. Плотность частиц задавалась 1075 кг/м^3.



Расположение плоскостей по высоте мультивихревого классификатора, на которых вычислялись осевые и окружные скорости

В докладе показано, что были определены области, являющиеся транспортными каналами, по которым происходит перемещение силикагеля в нижнюю часть аппарата. Установлено, что транспортные каналы характеризуются значениями осевых скоростей ниже нуля. Потери давления в мультивихревом классификаторе при скорости до 8 м/с не превышают 0,7 кПа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ СП-3577.2022.1.

Источники

1. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // MATEC Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.

2. Зинуров В.Э., Мадышев И.Н., Ивахненко А.Р., Петрова И.В. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 205-211.

3. Зинуров, В. Э. Технико-экономическое обоснование применения мультивихревого классификатора-сепаратора / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова, И. Г. Ахметова, И. Н. Мадышев // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2022. – № 7. – С. 33-44. – DOI 10.46554/1993-0453-2022-7-213-33-44.

4. Зинуров, В. Э. Экспериментальное определение гидравлического сопротивления упрощенной модели мультивихревого классификатора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров, И. Н. Мадышев, А. А. Каюмова, К. С. Моисеева // Ползуновский вестник. – 2022. – № 2. – С. 108-116. DOI: 10.25712/ ASTU.2072- 8921.2022.02.015

5. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

УДК 66.074.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В НОВОМ СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ

Максим Сергеевич Соколов[1], Никита Алексеевич Борисов[2]
Науч. рук. ассистент В.Э. Зинуров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]valiullin-maksimka@mail.ru, [2]n1kituzzzz@yandex.ru

Аннотация. В наши дни стоит проблема загрязнения воздушной среды газовыми выбросами промышленных предприятий. Решение проблемы защиты атмосферы основывается на введении малоотходных или замкнутых технологий, поэтому задача разработки высокоэффективного оборудования для очистки газовых выбросов заводов, фабрик и иных предприятий является актуальной. В работе представлено новое сепарационное устройство с дугообразными элементами. В ходе проведения экспериментов было установлено, что потери давления в новом сепарационном устройстве с дугообразными элементами составляют не более 1 кПа.

Ключевые слова: пыль, новое сепарационное устройство, дугообразные элементы, новый сепаратор.

DETERMINATION OF PRESSURE LOSS IN NEW SEPARATION DEVICE

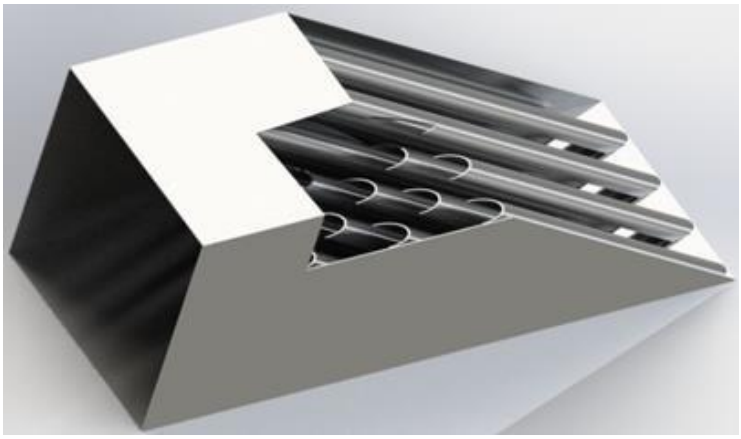
Maksim S. Sokolov[1], Nikita A. Borisov[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]valiullin-maksimka@mail.ru, [2]n1kituzzzz@yandex.ru

Abstract. These days, there is a problem of air pollution by gas emissions from industrial enterprises. The solution to the problem of atmospheric protection is based on the introduction of low-waste or closed technologies, therefore, the task of developing highly efficient equipment for cleaning gas emissions from plants, factories and other enterprises is urgent. The work presents a new separation device with arc-shaped elements. During the experiments, it was found that the pressure loss in the new separation device with arc-shaped elements is not more than 1 kPa.

Keywords: dust, new separation device, arc-shaped elements, new separator.

В наши дни стоит проблема загрязнения воздушной среды газовыми выбросами промышленных предприятий. Решение проблемы защиты атмосферы основывается на введении малоотходных или замкнутых технологий, поэтому задача разработки высокоэффективного оборудования для очистки газовых выбросов заводов, фабрик и иных предприятий является актуальной [1-3]. Внедрение оригинальных конструктивных решений для перехода к новым сепараторам последнего поколения позволяет снизить затрачиваемую энергию на газоочистку и совмещает в себе износостойкость и простоту конструктивного оформления. Также повышается эффективность сепарации дисперсных частиц из запыленного потока [4 5].

Авторами была представлена новая модель сепарационного устройства с дугообразными элементами для улавливания мелкодисперсных частиц из газовых выбросов (см. рисунок).



Новая модель сепарационного устройства для улавливания мелкодисперсных частиц

Данный сепаратор с дугообразными элементами имеет корпус, входной и выходной патрубки, бункер, дугообразные элементы, которые размещены в шахматном порядке. При прохождении потока внутри нового сепарационного устройства создается множество локальных точек с завихрениями. Необходимо отметить, что в них достигаются центробежные силы высоких значений. В частности, радиус поворота газообразной среды между рядами дугообразных элементов достаточно маленький, чтобы появились центробежные силы больших значений. Во многом эффективность сепарационного устройства зависит от гидравлического сопротивления.

Целью данной работы является определение потери давления в новой модели сепарационного устройства с дугообразными элементами.

Для определения гидравлического сопротивления была создана экспериментальная установка, включающая центробежный вентилятор, линию подачи газа, дозатор, новое сепарационное устройство с дугообразными элементами. Для определения гидравлического сопротивления использовались дифференциальные манометры.

В ходе проведения экспериментов было установлено, что потери давления в новом сепарационном устройстве с дугообразными элементами составляют не более 1 кПа.

Исследования осуществлены при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ СП-3577.2022.1.

Источники

1. Zinurov, V. E. Numerical simulation of collection efficiency in separator with inclined double-T elements / V. E. Zinurov, V. V. Kharkov, E. I. Salakhova, M. R. Vakhitov, M. G. Kuznetsov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2022. – P. 042024.

2. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

3. Зинуров, В. Э. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – № 12. – С. 50-59. DOI 10.46554/1993-0453-2020-12-194-50-59

4. Зинуров, В. Э. Повышение энергоэффективности технологических линий по получению аэросила путем установки сепаратора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Г. Р. Бадретдинова, Р. Я. Биккулов // Промышленная энергетика. – 2022. – № 4. – С. 29-35. – DOI 10.34831/EP.2022.26.75.004.

5. Салахова, Э. И. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, И. Р. Набиуллин, И. И. Салахов // Катализ в промышленности. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 57-64. - DOI 10.18412/1816-0387-2022-2-57-64.

УДК 517.925

РАССМОТРЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Радмила Ильдаровна Гилязетдинова
Науч. рук. доцент О.С. Попкова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Radmilagilazetdinova33@gmail.com

Аннотация. При моделировании турбулентных течений возникает выбор в той или иной модели турбулентности. Вследствие этого целью данной работы является анализ основных моделей турбулентности. Существует три основных подхода при моделировании турбулентности: прямое численное решение (DNS), осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса (RANS), модель крупных вихрей (LES). В работе представлено описание основных моделей турбулентности.

Ключевые слова: модель турбулентности, турбулентность, моделирование турбулентных течений, уравнение Навье-Стокса, модель напряжения Рейнольдса.

CONSIDERATION OF VARIOUS TURBULENCE MODELS

Radmila I. Giliazetdinova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Radmilagilazetdinova33@gmail.com

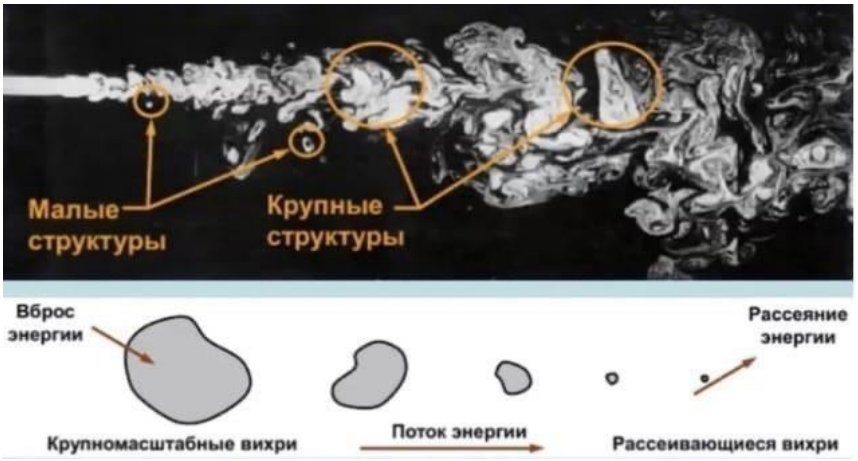
Abstract. When modeling turbulent currents, a choice arises in a particular turbulence model. As a result, the purpose of this work is to analyze the main models of turbulence. There

are three main approaches in modeling turbulence: direct numerical solution (DNS), Reynolds-averaged Navier-Stokes equations (RANS), large vortex model (LES). This paper describes the main models of turbulence.

Keywords: turbulence model, turbulence, turbulent current modeling, Navier-Stokes equation, Reynolds stress model.

При проведении численных расчетов газодинамических, теплообменных и иных процессов применяются различные программные комплексы [1, 2]. Зачастую необходимо подбирать наиболее подходящую модель турбулентности [3, 4]. Целью данной работы является анализ основных моделей турбулентности. В качестве программного продукта рассматривалась программа Ansys Fluent.

В общем виде турбулентность — это случайный процесс (см. рисунок). При турбулентности весь процесс разбивается на два этапа: возникновение вихря и рассеивание вихря. Для описания турбулентности необходимо усреднить числовые значения параметров. Подход усреднения лежит в качестве одного из подходов моделирования создания моделей турбулентности.



Турбулентности

В настоящее время предложено 3 подхода описания турбулентных течений. Первый - прямое численное решение (DNS). Второй – RANS (осредненные уравнения по Рейнольдсу) и третий - модель крупных вихрей (LES).

Выделяют модели RANS с одним, двумя и более уравнениями.

Модель с одним уравнением: Спаларта - Аллмараса (для аэрокосмических задач, включая стесненные течения).

Модели двух уравнений: standard *k*-ε (только для полностью турбулентных течений), RNG *k*-ε (для сильно искривленных течений), Realizable *k*-ε (для улучшения производительности), standard *k*-*w* (хорошо работает со стесненными течениями и низкими числами Рейнольдса), SST *k* - *w* (для использования в задачах, где течение среды вблизи стенок).

Модели напряжений Рейнольдса (для сильно завихренных течений): *k*-*k*L-Transition Model, SST Transition Model.

В докладе представлены результаты моделирования течения газа в сепарационном устройстве с применением различных моделей турбулентности.

Источники

1. Зинуров, В. Э. Численное и экспериментальное исследование сужающего устройства на основе трубы Вентури / В. Э. Зинуров, И. И. Насырова, К. Д. Вьюгова, И. Н. Мадышев // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 7. – С. 106-111.

2. Салахова, Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 60-64.

3. Зинуров, В. Э. Численное моделирование газодинамики в центробежном классификаторе / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Н. Ф. Сахибгареев, Д. Н. Латыпов, М. Г. Гарипов // Вестник технологического университета. - 2021. – Т. 24. - № 12. – С. 128-132.

4. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

УДК 517.925

КРИТЕРИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ СЕТКИ ВБЛИЗИ СТЕНОК

Никита Сергеевич Мочалов
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент А.В. Дмитриев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
mochalovns14@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрен критерий для оценки плотности сетки вблизи стенок y^+. Данный параметр показывает безразмерное расстояние от первого узла сетки до стенки. При различных моделях турбулентности рекомендуется достигать определенные числовые значения или диапазоны y^+. В докладе показано влияние безразмерного параметра y^+ на результаты численных расчетов при моделировании рекуперативного теплообменного аппарата.

Ключевые слова: численное моделирование, густота сетки, плотность сетки, сеточная модель, безразмерное расстояние от первого узла сетки.

TEST FOR EVALUATION OF GRID DENSITY OF WALLS

Nikita S. Mochalov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
mochalovns14@gmail.com

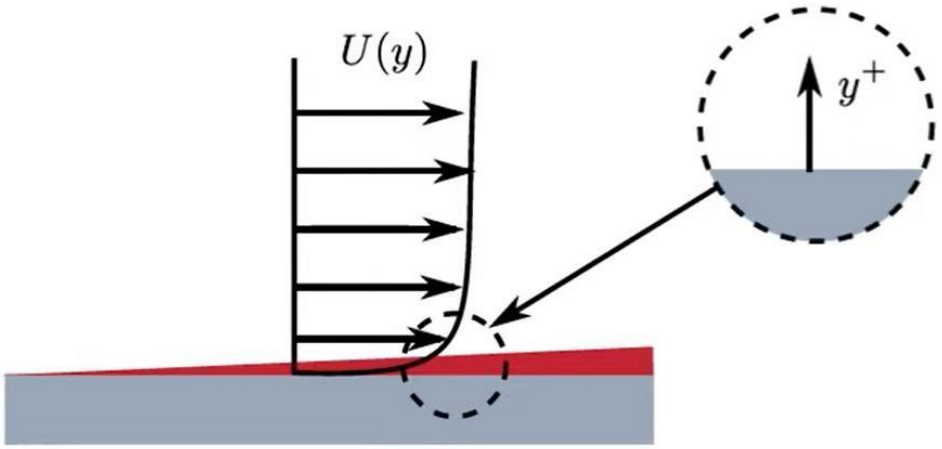
Abstract. The article considers the criterion for assessing the density of the grid near the walls of y^+. This parameter indicates the dimensionless distance from the first grid node to the wall. With different turbulence models, it is recommended to reach certain numerical values or ranges y^+. The report shows the influence of the dimensionless parameter y^+ on the results of numerical calculations during modeling of the recuperative heat exchanger.

Keywords: numerical modeling, grid density, grid density, grid model, dimensionless distance from the first grid node.

При численном моделировании теплообменных и газодинамических процессов важным критерием для оценки построения сетки вблизи стенок является безразмерный параметр y^+ [1, 2].

Он показывает безразмерное расстояние от первого узла сетки до стенки (см. рисунок).

Данный параметр был особенно важным, когда использовались стандартные пристеночные функции, поскольку пользователю нужно было избегать значений y^+ меньших чем приблизительно 20. С масштабируемыми пристеночными функциями и автоматической пристеночной обработкой, значения этого параметра дают информацию о разрешающей способности вблизи стенки.



Визуальное отображение параметра y^+

Переменная *y*+ зависит от расстояния между стенкой и первым узлом, а также от сдвигового напряжения на стенке. Это - обычное определение, принятое в CFD (Computational Fluid Dynamics) пакетах. Для того чтобы судить о плотности сетки вблизи стенки нужно рассматривать значение y^{+}.

При различных моделях турбулентности рекомендуется достигать определенные числовые значения или диапазоны y^+.

В докладе показано влияние безразмерного параметра y^+ на результаты численных расчетов при моделировании рекуперативного теплообменного аппарата.

Источники

1. Зинуров, В. Э. Численное и экспериментальное исследование сужающего устройства на основе трубы Вентури / В. Э. Зинуров, И. И. Насырова, К. Д. Вьюгова, И. Н. Мадышев // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 7. – С. 106-111. – DOI 10.55421/1998-7072_2022_25_7_106.

2. Салахова, Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 60-64. – DOI 10.55421/1998-7072_2022_25_5_60.

УДК 66.074.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА НОВОГО ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Ксения Сергеевна Моисеева
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент А.В. Дмитриев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ieremiada@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена проблема эрозионного износа сепарационных устройств. Целью является сравнение эрозионного износа нового пылеулавливающего устройства (НПУ) с дугообразными элементами и циклона ЦН-15 при очистке газов от твердых частиц. Непрерывное воздействие скоростного потока твердых частиц катализатора на стенки аппаратов в результате их выбивания из запыленной среды приводит к постепенному образованию микро и макродефектов, которые могут быть выражены шероховатостью, лунками, кавернами, дырами и др. видами деформаций стенок.

Ключевые слова: сепарационное устройство, частицы пыли, мелкодисперсная пыль, твердые частицы, сепаратор.

DETERMINATION OF EROSION WEAR OF NEW DUST CATCHER

Kseniia S. Moiseeva
«KSPEU», Kazan, Republic of Tatarstan
ieremiada@gmail.com

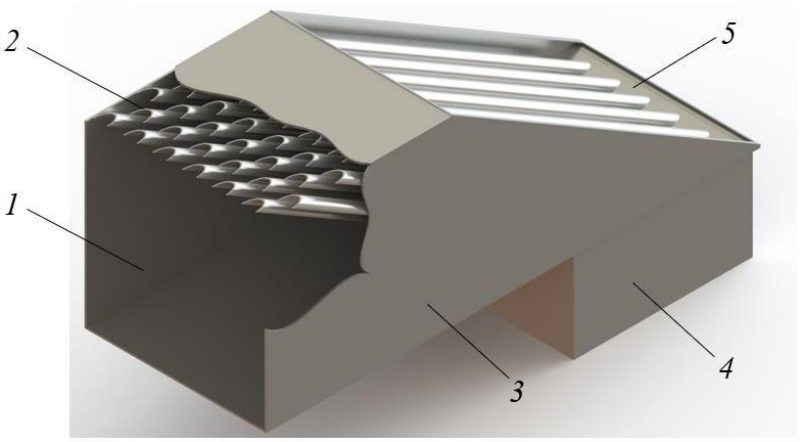
Abstract. The article discusses the problem of erosion wear of separation devices. The purpose is to compare the erosion wear of the new dust collecting device (NPU) with the arc-shaped elements and the cyclone TsN-15 when cleaning gases from solid particles. The continuous effect of the rapid flow of catalyst solids on the walls of the apparatus as a result of their knocking out of the dusty medium leads to the gradual formation of micro and macrodefects, which can be expressed by roughness, holes, cavities, holes and other types of wall deformations.

Keywords: separation device, dust particles, fine dust, solid particles, separator.

В данной работе целью является сравнение эрозионного износа нового пылеулавливающего устройства (НПУ) с дугообразными

элементами и циклона ЦН-15 при очистке газов от твердых частиц катализатора путем численного моделирования CFD-DEM.

НПУ был разработан авторами статьи для замены циклона ЦН-15 при очистке газов от твердых частиц катализатора в ходе дегидрирования изопарафионов (рис. 1). Устройство имеет простую конструкцию, которая представляет собой несколько рядов дугообразных элементов *2*, заключенных в корпус *3*, имеющий вид прямоугольной трапеции [1, 2]. Дугообразные элементы внутри НПУ расположены под углом 30º, что позволяет обеспечить равнопроточность движению потока. Для исключения расшатывания дугообразных элементов *3* при движения газового потока они крепятся к корпусу НПУ с двух сторон. В верхней части вставляются в специальные пазы, которые проделаны во внутренней стенке корпуса НПУ *3*. В нижней части крепятся к решетке, которая является началом бункера *4* (см. рисунок).



НПУ с дугообразными элементами (вид с разрезом):
1 – вход; *2* – ряды дугообразных элементов;
3 – корпус; *4* – бункер; *5* - выход

Проведенное численное моделирование эрозионного износа двух исследуемых аппаратов: циклона ЦН-15 и НПУ с дугообразными элементами подтвердило актуальность данной проблематики. Непрерывное воздействие скоростного потока твердых частиц катализатора на стенки аппаратов в результате их выбивания из запыленной среды приводит к постепенному образованию микро и макродефектов, которые могут быть выражены шероховатостью, лунками, кавернами, дырами и др. видами деформаций стенок. В результате, как отмечалось ранее, это приводит к увеличению расхода катализатора, потери давления в технологической

линии и др. негативным последствиям. В ходе работы было установлено, что применение циклона ЦН-15 в течение года для улавливания частиц катализатора размером от 10 до 160 мкм с большой долей вероятности приведет к образованию дыр, т.к. эрозионный износ составляет более 15 мм в год. При волнообразной структуре потока в НПУ с дугообразными элементами скорость эрозионного износа при объемном расходе 1,7 $м^3/с$ составляет не более 2,31 мм. Таким образом, при толщине стенок более 3 мм с большой долей вероятности обеспечивается сохранность дугообразных элементов. Стоит отметить, что при использовании НПУ с дугообразными элементами эрозионному износу подвержены элементы, а не корпус устройства, соответственно, вероятность эрозионного износа корпуса НПУ сведена к минимуму, как и излишняя потеря катализатора. Вследствие этого можно рекомендовать использовать НПУ с дугообразными элементами в качестве замены циклона ЦН-15 на предприятии ПАО «Нижнекамскнефтехим» и в других схожих технологических линиях химических, нефтеперерабатывающих и др. производств.

Источники

1. Zinurov V.E., Dmitriev A.V., Ruzanova M.A., Dmitrieva O.S. Classification of bulk material from the gas flow in a device with coaxially arranged pipes // MATEC Web of Conferences. 2020. V. 193. P. 01056.

2. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

УДК 66.074.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В НОВОМ СЕПАРАЦИОННОМ УСТРОЙСТВЕ

Дмитрий Романович Ибряйчев[1], Булат Русланович Идиятуллин[2]

Науч. рук. ассистент Т.О. Шинкевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

[1] ibryaichev-r@mail.ru, [2] bulat.idiyatullin2003@mail.ru

Аннотация. В современном мире существует проблема загрязнения воздушной среды газовыми выбросами промышленных предприятий. Решение задачи защиты атмосферы опирается на внедрении малоотходных или замкнутых технологий,

следовательно цель разработки высокоэффективного оборудования для очистки газовых выбросов заводов, фабрик и иных предприятий является актуальной. В работе представлено новое сепарационное устройство с дугообразными элементами. В ходе выполнения опытов было установлено, что потери давления в новом сепарационном устройстве с дугообразными элементами составляют не больше 1 кПа.

Ключевые слова: пыль, новое сепарационное устройство, дугообразные элементы, новый сепаратор.

DETERMINATION OF HYDRAULIC RESISTANCE IN A NEW SEPARATION DEVICE

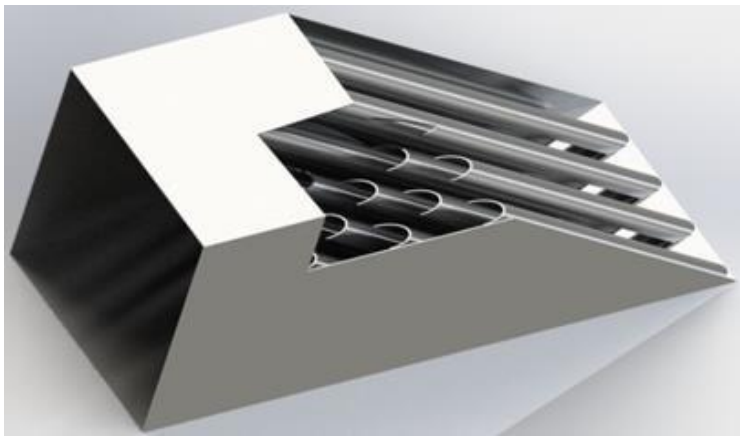
Dmitry R. Ibryaichev[1], Bulat R. Idiyatullin[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1] ibryaichev-r@mail.ru, [2] bulat.idiyatullin2003@mail.ru

Abstract. In the modern world, there is a problem of air pollution by gas emissions from industrial enterprises. The solution to the problem of protecting the atmosphere is based on the introduction of low-waste or closed technologies, therefore, the goal of developing highly efficient equipment for cleaning gas emissions from factories, factories and other enterprises is relevant. The paper presents a new separation device with arc-shaped elements. During the experiments, it was found that the pressure loss in the new separation device with arc-shaped elements is no more than 1 kPa.

Keywords: dust, new separation device, arc-shaped elements, new separator.

В современном мире существует проблема загрязнения воздушной среды газовыми выбросами промышленных предприятий. Решение задачи защиты атмосферы опирается на внедрении малоотходных или замкнутых технологий, следовательно, цель разработки высокоэффективного оборудования для очистки газовых выбросов заводов, фабрик и иных предприятий является актуальной [1-3]. Введение уникальных конструктивных решений для перехода к новым сепараторам последнего поколения позволяет уменьшить затрачиваемую энергию на газоочистку и совмещает в себе износоустойчивость и простоту конструктивного оформления. Также увеличивается эффективность сепарации дисперсных частиц из запыленного потока [4 5].

Авторами была презентована новая модификация сепарационного устройства с дугообразными элементами для улавливания мелкодисперсных частиц из газовых выбросов (см. рисунок).



Новая модель сепарационного устройства для улавливания мелкодисперсных частиц

Данный сепаратор с дугообразными элементами имеет корпус, входной и выходной патрубки, бункер, дугообразные элементы, которые расположены в шахматном порядке. При прохождении потока внутри нового сепарационного устройства образовывается множество локальных точек с завихрениями. Нужно отметить, что в них достигаются центробежные силы высоких значений. В частности, радиус поворота газообразной среды между рядами дугообразных элементов довольно маленький, чтобы возникли центробежные силы больших значений. Во многом результативность сепарационного устройства зависит от гидравлического сопротивления.

Целью данной работы является определение потери давления в новой модели сепарационного устройства с дугообразными элементами.

Для определения гидравлического сопротивления была создана экспериментальная установка, включающая центробежный вентилятор, линию подачи газа, дозатор, новое сепарационное устройство с дугообразными элементами. Для определения гидравлического сопротивления применялись дифференциальные манометры.

В ходе выполнения исследований было установлено, что потери давления в новом сепарационном устройстве с дугообразными элементами составляют не более 1 кПа.

Исследования осуществлены при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ СП-3577.2022.1.

Источники

1. Zinurov, V. E. Numerical simulation of collection efficiency in separator with inclined double-T elements / V. E. Zinurov, V. V. Kharkov, E. I. Salakhova,

M. R. Vakhitov, M. G. Kuznetsov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2022. – P. 042024.

2. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

3. Зинуров, В. Э. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – № 12. – С. 50-59. DOI 10.46554/1993-0453-2020-12-194-50-59

4. Зинуров, В. Э. Повышение энергоэффективности технологических линий по получению аэросила путем установки сепаратора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Г. Р. Бадретдинова, Р. Я. Биккулов // Промышленная энергетика. – 2022. – № 4. – С. 29-35. – DOI 10.34831/EP.2022.26.75.004.

5. Салахова, Э. И. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, И. Р. Набиуллин, И. И. Салахов // Катализ в промышленности. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 57-64. - DOI 10.18412/1816-0387-2022-2-57-64.

УДК 004.942

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА 3D СКАНИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ

Алина Петровна Квасова
Науч. рук. к.т.н, доцент Д.В. Хамитова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
alinakvasova51@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты 3D сканирования деталей различных форм, а также вывод о зависимости качества сканирования детали от её формы.

Ключевые слова: 3D сканнер, реверсивный инжиниринг, 3D сканирование, 3D модель, форма.

QUALITY ANALYSIS OF 3D SCANNING OF PARTS OF VARIOUS SHAPES

Alina P. Kvasova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
alinakvasova51@gmail.com

Abstract. The article presents the results of 3D scanning of parts of various shapes, as well as the conclusion about the dependence of the scanning quality of the part on its shape.

Keywords: 3D scanner, reverse engineering, 3D scanning, 3D model, shape.

Сегодня 3D сканирование или реверсивный инжиниринг востребованы во многих областях. Самые распространенные области применения — это промышленность, медицина, строительство, архитектура, киноиндустрия и дизайн [1]. По этой причине реверсивный инжиниринг – это важное направлением научного исследования.

В ходе данной работы были изготовлены модели: pentaTetra, sphere_r-24mm, Cage — посредством аддитивного производства. Модели были взяты с открытого источника [2]. Аддитивные технологии — технологии послойного наращивания и синтеза объектов [3]. Детали были изготовлены на 3D принтере Creality Ender 3 Pro.

Далее выполнена серия сканирований вышеупомянутых деталей с числом углов захвата кадров -18 на 3D сканере EinScan-SE. Принцип работы данного 3D сканера заключается в следующем: сканируемые предметы подсвечиваются структурированным светом с помощью проектора и снимаются двумя камерами с разных ракурсов. Сканируемый объект засвечивается узкой полосой света или световым паттерном: черно-белыми квадратами, расположенными по принципу шахматной доски, или “зеброй” — черно-белыми полосами. Деформация проецируемого рисунка при наложении на сканируемый объект дает информацию о глубине и кривизне поверхности, форме предмета. Камеры фиксируют искривления полученной картинки и на основе анализа полученных данных в ПО реконструируется 3D-модель сканируемого объекта [4].

В ходе 3D сканирования наблюдалась неисправность – ошибка формирования рельефа детали. В качестве мер по улучшению точности 3D сканирования можно увеличить количество углов захвата кадров при единичном сканировании. Так 3D сканер сможет захватить больше кадров, то есть получить больше информации о сканируемой детали, что в дальнейшем, при формировании рельефа сканируемой детали, поможет

воссоздать более точную форму. В случае, когда вышеупомянутый способ не может предоставить сканеру больше информации о рельефе детали, стоит провести 3D сканирований детали на, меняя его постановку на рабочий стол 3D сканера. Так 3D сканер сможет зафиксировать поверхности сканируемой модели, которые были недоступны вне зависимости от количества углов захвата кадров. Второй способ реализуется посредством создания дополнительных групп сканирований в рамках одного проекта. EXScan S_v3.1.2.0 – вспомогательная программа для 3D сканера EinScan-SE – производит объединение всех групп сканирований, формируя целостную поверхность модели. Однако существует нюанс применения второго способа. В ряде случаев, когда вспомогательная программа не способна верно понять геометрию детали, происходит ошибочное наложение групп сканирований, которое приводит к колоссальной погрешности при формировании рельефа сканируемой детали. В данном случае предлагается пометить цветными метками разные грани сканируемой детали и проводить 3D сканирование с распознаванием текстур. Так вспомогательной программе будет легче распознавать расположение граней сканируемой детали относительно друг друга. К тому же вспомогательная программа предоставляет возможность вручную проводить объединение групп сканирований путём создания трёх пар общих точек.

Из полученных в ходе 3D сканирования 3D моделей был сделан вывод о зависимости качества 3D сканирования и формы сканируемой детали, а также приведены меры по улучшению качества 3D сканирования. Результаты данного исследования отражены в методическом пособии, которое будет предложено к проведению занятий на кафедре «Инженерная графика» казанского государственного энергетического университета.

Источники

1. Принципы работы 3D-сканера. Виды сканеров, технологии и методы сканирования [Электронный ресурс]. https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/printsipy-raboty-3d-skanera-vidy-skanerov-tekhnologii-i-metody-skanirovaniya/#title-dop2-4 (дата обращения: 07.11.2022).

2. MakerBot Thingiverse [Электронный ресурс]. https://www.thingiverse.com (дата обращения 07.11.2022).

3. КомпьюАрт. Аддитивные технологии: 2,5D-, 3D-, 4D-, 5D-печать [Электронный ресурс]. https://compuart.ru/article/25463 (дата обращения 07.11.2022).

4. Оптические 3D-сканеры: технологии, виды, модели [Электронный ресурс]. https://top3dshop.ru/blog/optical-scanners-review.html#princip-raboty-opticheskih-3d-skanerov (дата обращения 07.11.2022).

УДК 532.526

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЛЬТИВИХРЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА

Арслан Маратович Мугинов
Науч. рук. асс. В.Э. Зинуров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
aqwewerr@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена проблема разделения сыпучего материала на различные фракции. Предложена конструкция мультивихревого классификатора. Представлена ее трехмерная модель. Описаны основные геометрические особенности аппарата. В ходе обработки полученных данных были получены графические зависимости эффективности предложенного аппарата от скорости газового потока на входе в него, которые показаны в докладе. Также получено уравнение, связывающее гидравлическое сопротивление классификатора от режима течения.

Ключевые слова: классификатор, фракционирование частиц, селективность, разделение сыпучего материала, классификация, граничное зерно.

NUMERICAL SIMULATION OF MULTI-SWIRL CLASSIFIER

Arslan M. Muginov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
aqwewerr@gmail.com

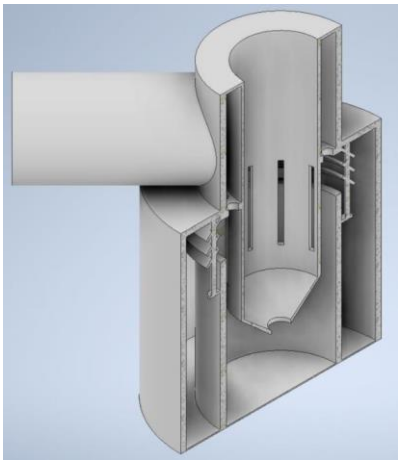
Abstract. The paper addresses the problem of separating loose material into different fractions. Disclosed is a design of a multi-vortex classifier. Its three-dimensional model is presented. The main geometric features of the apparatus are described. The paper addresses the problem of separating loose material into different fractions. Disclosed is a design of a multi-vortex classifier. Its three-dimensional model is presented. The main geometric features of the apparatus are described. During the processing of the obtained data, graphical dependencies of the efficiency of the proposed apparatus on the gas flow rate at the inlet thereof were obtained, which are shown in the report. An equation is also obtained relating the hydraulic resistance of the classifier from the flow mode.

Keywords: classifier, particle fractionation, selectivity, loose material separation, classification, boundary grain.

В работах [1-3] показано, что существует проблема фракционирования мелкодисперсных частиц с высокой селективностью. В работе [4] предлагается аппарат, который позволяет разделять сыпучий материал на основе силикагеля с граничным зерном равным 40 мкм. Однако задача повышения селективности остается актуальной.

В данной работе предлагается модернизировать классификатор [5] путем установки круговых наклонных пластин внутри аппарата (см. рисунок). Ожидается, что это снизит унос частиц восходящим потоком при их сепарировании из газа. Целью данной работы является численное моделирование фракционирования твердых частиц в мультивихревом классификаторе.

При создании 3D модели задавались следующие геометрические параметры: входной патрубок имел диаметр 66×2,5 мм, высота входного патрубка - 192 мм, количество прорезей во входном патрубке – 10, их длина - 60 мм, отверстие на конце входного патрубка имеет диаметр 16 мм, корпус имеет диаметр 100×5 мм, высота корпуса 240 мм, толщина пластины - 5 мм, расстояние от внешней плоскости корпуса до пластины 85 мм, количество отверстий в пластине – 20, их диаметр - 8 мм, выходной патрубок имеет диаметр 66×2,5 мм, расстояние от внешней границы выходного патрубка до оси вращения входного патрубка – 157 мм, расстояние от внешней границы корпуса до выходного патрубка 16 мм, дополнительный патрубок имеет диаметр 165×4,5 (ГОСТ 3262 – 75).



Твердотельная трехмерная модель центробежного классификатора для численных расчетов

Высота дополнительного патрубка 157 мм, количество наклонных пластин – 3, их длина – 14,142 мм, ширина – 2 мм, расстояние между основаниями наклонных пластин - 10 мм, расстояние между нижней наклонной пластиной и внешним патрубком - 10 мм, количество шпилек - 4, их диаметр 4 мм, длина 52 мм.

При численном моделировании на входе задавалась входная скорость, которая изменялась в диапазоне от 4 до 16 м/с. На выходе задавалось атмосферное давление. Плотность частиц принималась равной 1075 кг/м^3. Массовый расход частиц составлял 5 г/с.

В ходе обработки полученных данных были получены графические зависимости эффективности предложенного аппарата от скорости газового потока на входе в него, которые показаны в докладе. Также получено уравнение, связывающее гидравлическое сопротивление классификатора от режима течения.

Источники

1. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

2. Зинуров, В. Э. Промышленные испытания фракционирования сыпучего материала в мультивихревом классификаторе-сепараторе / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, О. С. Дмитриева, К. С. Моисеева // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 4. – С. 58-63.

3. Зинуров, В. Э. Газодинамика проточной части классификатора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, И. И. Насырова, О. С. Дмитриева // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 4. – С. 71-76.

4. Зинуров, В. Э. Технико-экономическое обоснование применения мультивихревого классификатора-сепаратора / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова, И. Г. Ахметова, И. Н. Мадышев // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2022. – № 7. – С. 33-44.

5. Зинуров, В. Э. Разработка классификатора с соосно расположенными трубами для разделения сыпучего материала на основе силикагеля / В. Э. Зинуров, И. Н. Мадышев, А. Р. Ивахненко, И. В. Петрова // Ползуновский вестник. – 2021. – № 2. – С. 205-211.

УДК 66.074.2

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ В ГАЗОВОМ ПОТОКЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТИ МУЛЬТИВИХРЕВОГО СЕПАРАТОРА

Илюза Ильшатовна Насырова
Науч. рук. ассистент В.Э. Зинуров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
iyuza2001@mail.ru

Аннотация. Актуальной задачей является повышение эффективности улавливания мелкодисперсных твердых частиц в сепарационных аппаратах. На эффективность сепарации значительное влияние оказывают размер частиц и концентрация их в газе, скорость, а также плотность частиц. Для этого в работе предлагается конструкция энергоэффективного мультивихревого сепаратора, который предлагается устанавливать перед фильтрами тонкой очистки. На входе данного устройства задавались следующие граничные условия: скорость газового потока варьировалась от 3 до 10 м/с, плотность частиц также изменялась 1000, 2000, 3000 кг/м3.

Ключевые слова: запыленный поток, концентрация частиц, улавливание частиц, сепаратор, сепарация.

EFFECT OF PARTICLE CONCENTRATION IN GAS STREAM ON EFFICIENCY OF MULTI-SWIRL SEPARATOR

Ilyuza I. Nasyrova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
iyuza2001@mail.ru

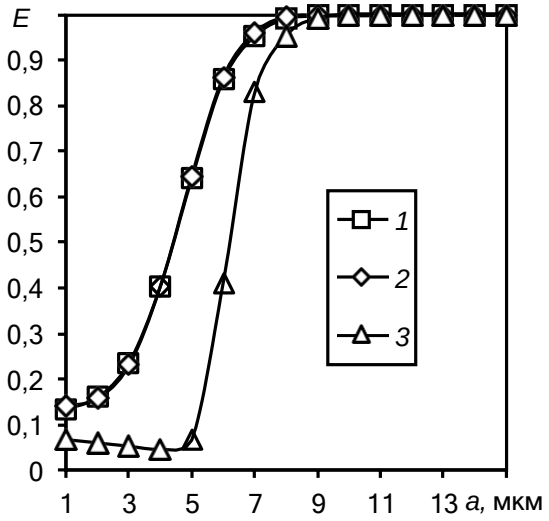
Abstract. An urgent task is to increase the efficiency of capturing fine particulate matter in separation apparatuses. The separation efficiency is significantly influenced by the particle size and their concentration in the gas, the velocity, as well as the particle density. For this purpose, the paper proposes the design of an energy-efficient multi-vortex separator, which is proposed to be installed in front of fine filters. The following boundary conditions were set at the input of this device: the gas flow velocity varied from 3 to 10 m/s, the particle density also varied 1000, 2000, 3000 kg/m^3.

Keywords: dusty flow, particle concentration, particle trapping, separator, separation.

Проблема очистки и улавливания частиц из газовых потоков особенно актуальна на многих химических, нефтехимических и других

предприятиях [1, 2]. В работе предложено разработанное устройство – энергоэффективный мультивихревой сепаратор, способный как повысить эффективность существующего очистительного аппарата, так и работать отдельно [3]. Использование сепаратора с иными очистительными аппаратами в качестве первой ступени очистки позволит продлить их срок эксплуатации, что позволит снизить финансовые затраты на их обслуживание и замену [4, 5].

В ходе работы была поставлена следующая цель – исследовать изменение эффективности мультивихревого сепаратора при изменении начальной концентрации частиц в потоке газа.



Графическая зависимость эффективности аппарата *E* от диаметра частиц *a* при различных концентрациях порошка на входе *c*, г/м^3: *1* – 100; *2* – 300; *3* – 800

При моделировании сепарации частиц из газа изменялась входная скорость в диапазоне 3-10 м/с и плотность частиц в диапазоне 1000 - 3000 кг/м^3. Диаметр частиц варьировался от 1 до 15 мкм, концентрация частиц – 100, 300, 800 г/м^3 менялась соответственно.

В ходе расчетов были сделаны следующие основные выводы, что с увеличением концентрации частиц с 100 до 800 г/м^3 уменьшалась эффективность устройства. Максимальная эффективность сепаратора при концентрации 100 г/м^3 частиц является наилучшей. (см. рисунок)

Следует отметить, что этот сепаратор предназначен для улавливания частиц мелкодисперсной и особо мелкодисперсной пыли при ее концентрации в очищаемом воздухе (газе) в пределах до 100 г/м^3.

Исследования осуществлены при финансовой поддержке Стипендии Президента РФ СП-3577.2022.1.

Источники

1. Zinurov, V. E. Numerical simulation of collection efficiency in separator with inclined double-T elements / V. E. Zinurov, V. V. Kharkov, E. I. Salakhova, M. R. Vakhitov, M. G. Kuznetsov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2022. – P. 042024.

2. Зинуров, В. Э. Численное и экспериментальное исследование сужающего устройства на основе трубы Вентури / В. Э. Зинуров, И. И. Насырова, К. Д. Вьюгова, И. Н. Мадышев // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 7. – С. 106-111.

3. Салахова, Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 60-64.

4. Зинуров, В. Э. Газодинамика проточной части классификатора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, И. И. Насырова, О. С. Дмитриева // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 4. – С. 71-76. – DOI 10.55421/1998-7072_2022_25_4_71.

5. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

УДК 662.76

АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА БАЗЕ ГАЗОВОГО ГЕНЕРАТОРА С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА ДЛЯ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Максим Олегович Уткин
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент А.В. Дмитриев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
209maks@mail.ru

Аннотация. В представленной работе рассматривается концепция автономного источника питания на базе газового генератора с двигателем Стирлинга с целью электроснабжения объектов нефтегазовой отрасли, не имеющих возможности подключения к электрической сети от участка комплексной переработки газа и газового

конденсата или электрической сети региона.

Ключевые слова: автономные энергетические комплексы, солнечная и ветровая энергетика, газовые генераторы на базе двигателя Стирлинга, утилизация компонентов возобновляемых источников энергии.

AUTONOMOUS POWER SUPPLY BASED ON A GAS GENERATOR WITH STIRLING ENGINE FOR REMOTE OIL AND GAS INDUSTRY FACILITIES

Maksim O. Utkin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
209maks@mail.ru

Abstract. The presented paper discusses the concept of an autonomous power source based on a gas generator with a Stirling engine for the purpose of power supply to oil and gas industry facilities that cannot be connected to the electric grid from the site of complex processing of gas and gas condensate or the electric network of the region.

Keywords: autonomous energy complexes, solar and wind power, gas generators based on Stirling engine, utilization of components of renewable energy sources.

Развитие топливно-энергетического комплекса Российской Федерации требует задействование все новых и новых производственных площадок и добыча нефти и газа из отдаленных от линий электропередач месторождений. В связи с этим остро стоит проблема электроснабжения объектов при отсутствии гарантированного питания от ЛЭП или полного отсутствия подключения к электрической сети. В данном случае находят широкое применение возобновляемые источники энергии, а именно солнечная и ветровая энергетика [1, 2].

Основными лидерами на Российском рынке в области автономных энергетических комплексов являются ведущие предприятия, такие как «Роскосмос», НПО «Вымпел», ЗАО НИЦ «Инкомсистем» и другие компании.

Автономные энергетические комплексы на базе возобновляемых источников энергии способны не только обеспечивать электроснабжение потребителей, будь то крановый узел, месторождение (куст) или вышка связи, но и аккумулировать электроэнергию. Аккумулирование электроэнергии позволяет автономным источникам питания выдавать заданную мощность не только при номинальной нагрузке, но и запитывать

кратковременно силовую нагрузку – исполнительную арматуру, клапана, оборудование периодического использования, оборудования пуско-наладочных или ремонтных работ. Однако, питание от возобновляемых источников энергии может быть ограничено климатическими особенностями региона или же потребностью в питании большого количества устройств. Требование питать больше, чем возможно, приводит к серьезному удорожанию подобных проектов приводя к установке 5-10 типовых энергетических комплексов для 1-го объекта. Поэтому возможность питание объекта от газовых генераторов остается актуальной на сегодняшний день.

В большинстве случаев для питания потребителей на рынке предлагается использовать солнечные панели и ветрогенераторы в качестве основных источников энергии.

В разрабатываемых системах зачастую придерживаются основному принципу энергетики – «сколько энергии вырабатывается, столько и потребляется». Поэтому в случае отключения потребителей или избыточности мощности, энергия сбрасывается на балласт – ТЭН. Тем самым мы обеспечиваем баланс электрической мощности и не допускаем перезаряд АКБ [3].

Однако, существуют и проблемы использования ВИЭ. Во-первых, солнечная и ветровая энергия не постоянна и производство электроэнергии от нее производится периодично. Во-вторых, не каждый территориальный регион подходит для 100% использования возобновляемых источников энергии в качестве основного источника электроснабжения. Применение ВИЭ ограничено в связи с особенностью рельефа, наличия солнечной радиации и ветровой нагрузкой. Иногда целесообразнее использовать газ, ядерное топливо или дизельные генераторы (последние являются одним из самых распространенных источников энергии).

Для газовых генераторов необходимо применение специальных фильтров-сепараторов, способных очистить сырой природный газ от механических примесей, жидких фаз углеводородов и воды. При использовании готового продукта с УКПГ дополнительно требуется организация узлов коммерческого учета и установок по редуцированию газа.

Также стоит проблема утилизации компонентов от возобновляемых источников энергии, таких как солнечные элементы, пластиковые корпуса, металлоконструкции, корпус фильтра-сепаратора и др. Да, концепция «чистой энергии» и экологичность производств, однако, в связи с

удаленностью объектов вывоз на утилизацию зачастую не возможен (отсутствие дорог и речных путей) [4, 5].

Таким образом возобновляемая энергетика несмотря на все трудности применения продолжает свое развитие.

Источники

1. Бердин В.Х., Кокорин А.О., Юлкин Г.М., Юлкин М.А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. – 80 с.

2. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 187 с.

3. Дмитриев А.В., Валиев И.И., Дмитриева О.С. Исследование работы термоэлектрического преобразователя в системе охлаждения энергетического оборудования. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2015;(11-12):60-63.

4. Солнечные панели или ветрогенераторы: что выбрать для домашней электростанции // iXBT Live [2021]. Дата обновления: 2021. URL: https://www.ixbt.com/live/topcompile/solar.html (дата обращения: 07.11.2022).

5. Чиркова И.Г., Бережной К.М. Анализ занятости в энергетическом секторе экономики региона // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №2 (54). С. 134-141.

УДК: 004.942

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D СКАНИРОВАНИЯ

Алия Рустемовна Хакимова
Науч. рук. к.т.н, доцент Д.В. Хамитова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Республика
Татарстанaliya.khakiimova@gmail.com

Аннотация. В данной работе представлена разработка методического пособия по 3Д сканированию.

Ключевые слова: 3D сканнер, реверсивный инжиниринг, 3D сканирование, 3D модель, методическое пособие.

RESEARCH OF 3D SCANNING TECHNOLOGY

Aliya R. Khakimova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
aliya.khakiimova@gmail.com

Abstract. This article presents the development of a methodological manual for 3D scanning.

Keywords: 3D scanner, reverse engineering, 3D scanning, 3D model, manual.

В современном мире исполняется четвёртая промышленная революция, которая содержит в себе развитие индустрии 4.0 – введение киберфизических систем в фабрикацию [1]. Иначе говоря, в данный момент цифровизация считается ключевым курсом развития нынешних производств. Реверсивный инжиниринг процесс разработки конструкторской документации (КД) на основе начальной информации, полученной в виде готового образца продукта [2].

3D сканирование – это процесс анализа реального объекта или окружающей среды с целью сбора данных о его фигуре и, возможно, внешнем виде [3]. 3D сканирование лежит в основе реверсивного инжиниринга, которое стремительно набирает популярность, непосредственно по этой причине его исследование важно для научного исследования.

Методическое пособие разрабатывается для сканера фирмы Shining 3D модели EinScan-SE (см.рисунок) с габаритами: 570x210x210 мм, разрешением камеры: 1.3 MPix [4].

Рис. EinScan-SE

Аппаратное обеспечение 3D сканера базируется на применении технологии трёхмерного сканирования. В первую очередь, снабжается «стереозрение», т. е. установление местоположения абсолютно всех точек предмета. Подобная функция формируется с поддержкой двух камер и специальной подсветки. Камеры, захватывая отраженные лучи, измеряют дистанцию до определённой точки и предоставляют сведения на компьютер. Съёмка выполняется с различных ракурсов с целью извлечения всесторонней информации. Согласно приобретённому облаку точек создаётся цифровая модель детали в пространстве [5].

В пособии подробно описаны этапы 3D сканирования: подготовка сканера к работе, выбор устройства в приложении EXScan, калибровка самого сканера, калибровка баланса белого на камере сканера, сканирование детали, обработка цифровой 3D модели, полученной посредствам реверсивного инжиниринга искомой детали.

В ходе данной работы разработаны методические указания по эксплуатации 3D сканера EinScan-SE. С помощью указаний, представленных в методическом пособии, студенты смогут провести успешное 3D сканирование детали. Данное пособие будет предложено для проведения занятий на кафедре Инженерная графика.

Источники

1. Четвёртая промышленная революция: интернет вещей, циркулярная экономика и блокчейн [Электронный ресурс]. http://www.furfur.me/furfur/changes/changes/216447-4-aya-promyshlennaya-revolyutsiya (дата обращения: 07.11.2022).
2. Реверс-инжиниринг — инструмент для импортозамещения [Электронный ресурс]. https://companies.rbc.ru/news/949e648d-6ad7-4483-81f9-b1d5e455291b/revers-inzhiniring---instrument-dlya-importozamescheniya/#:~:text=Реверс-инжиниринг%20—%20он%20же%20обратное,в%20виде%20готового%20образца%20изделия (дата обращения: 07.11.2022).
3. 3D scanning [Электронный ресурс]. https://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanning (дата обращения: 07.11.2022).
4. 3D сканер Shining 3D Einscan SE. Обзор работы 3D сканера [Электронный ресурс]. https://3dtool.ru/stati/3d-skaner-shining-3d-einscan-se-obzor-raboty-3d-skanera/ (дата обращения: 08.11.2022).
5. Что такое 3D-сканер и как он работает [Электронный ресурс]. https://vektorus.ru/blog/3d-skaner.html (дата обращения: 08.11.2022).

УДК 004.925.84

СРАВНЕНИЕ SLA И FDM ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПЕЧАТЕЙ

Владислав Игоревич Харитонов
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Д.В. Хамитова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
guidechell@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлена сравнительная характеристика технологий SLA и FDM печати. Показаны преимущества и недостатки каждых видов.

Ключевые слова: принтер, модель, технология, моделирование, печать, фотополимер.

COMPARISON OF SLA AND FDM 3D PRINTING TECHNOLOGIES

Vladislav I. Kharitonov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
guidechell@gmail.com

Abstract. This article presents a comparative description of SLA and FDM printing technologies. The advantages and disadvantages of each species are shown.

Key words: printer, model, technology, modeling, printing, photopolymer.

В настоящее время одними из новейших технологий являются аддитивные. Данная методика является методом трёхмерного моделирования. История аддитивного производства началась с создания первого 3D-принтера и продолжается по сей день. На данный момент существует много технологий 3D моделирования, среди которых SLS (селективное лазерное спекание), SLA (стереолитография), FDM (моделирования методом послойного наплавления), MJM (многоструйное моделирование) и т.д [1].

Рассмотрим принтер, который создает модели на основе технологии SLA. Эта технология печати создаёт продукт путём засветки и последующего затвердевания жидкого фотополимера. Детали сложных форм с помощью данной технологии печати получаются более качественными, скругленными, приближенными к оригиналу. Для создания моделей мы использовали фотополимерный 3D-принтер Anycubic Photon Zero с рабочей камерой 97x54x150 мм. В первую очередь нужно

подготовить нашу модель в электронном формате. Для этого воспользуемся программой для слайсинга Photon WorkShop. С помощью данной программы можно задать какие-либо параметры будущей модели. Настроив все параметры программы, переходим к самой распечатке.

Для запуска печати сначала откалибровываем 3D-принтер, а затем, поставив туда ванночку, заливаем фотополимерную смолу. Закрываем защитной крышкой принтер. Далее выбираем печатаемый файл в формате «pw0» и ждем окончания печати.

После распечатывания наша деталь имеет мягкую структуру. Для того, чтобы распечатанная модель имела достаточную твердость, отправляем её на засветку ультрафиолетом в Anycubic Wash & Cure. Модель, пройдя данный этап, становится более твердой. На этом заканчивается работа с данной моделью.

Следующим самым распространенным 3D-принтером является принтер технологии FDM, размер рабочей области которого обычно составляет 200x200x250 мм. По сравнению с SLA при печати моделей малых размеров на принтерах технологии FDM качество печати заметно хуже. По этой причине при печати подобных моделей отдается предпочтение SLA принтерам.

Для подготовки модели к печати требуется сделать её электронную версию.

Затем для печати модели также, как и в случае с SLA принтером, необходимо её подготовить в программе-слайсере, в которой устанавливаются необходимые параметры (температура сопла и стола, установка поддерживающих конструкций и т.д.) и сохраняется в формате G-code. После загрузки этого кода в сам принтер с помощью SD карты ставим на печать, выставив необходимую скорость печати. Далее нагревается сопло до температуры плавления материала и стол, на котором будет происходить распечатка. Затем происходит печать модели.

По окончании распечатки модель снимается специальным ножиком.

Рассмотрим преимущества и недостатки технологий SLA и FDM печатей.

Преимущества SLA печати заключаются в высоком качестве печати сложных элементов, поверхность изделия имеет идеальную поверхность, низкий уровень шума при производстве. Недостатком можно считать высокую стоимость материалов, затруднительную подготовку к распечатке модели (соблюдение техники безопасности и заливание смолы в ванну), низкая скорость печати [2].

Преимущества технологии FDM заключается в том, что детали по окончании печати не требуют очистки. Разнообразие моделей и материалов имеет большой выбор. Стоимость самих материалов имеет невысокую стоимость, а работа с принтером не требует особых усилий. Недостатки данной технологии заключаются в том, что распечатанные модели имеют низкую точность печати по сравнению с другими технологиями печати. Модели имеют слоистую поверхность, и для получения идеального результата требуется пользоваться иными способами сглаживания [3].

В заключении можно сделать вывод о том, что для печати деталей относительно малого размера лучше отдавать предпочтение принтерам технологии SLA, в то время как для печати больших по объему моделей лучше использовать 3D-принтер технологии FDM.

Источники

1. Виды 3D-печати: различия, достоинства и недостатки – Техника на vc.ru [Электронный ресурс]. https://vc.ru/tech/291884-vidy-3d-pechati-razlichiya-dostoinstva-i-nedostatki (дата обращения: 10.11.22)

2. Преимущества и особенности SLA-технологии [Электронный ресурс]. https://blog.iqb.ru/sla-technology/ (дата обращения: 09.11.22)

3. Технология FDM печати в 3D-принтерах. Плюсы и минусы, сферы применения [Электронный ресурс]. https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/fdm-tekhnologiya-3d-pechati/ (дата обращения: 09.11.22)

УДК 536.7

ЭНТАЛЬПИЯ В ПРИМЕРАХ

Азалия Азаматовна Азнабаева[1], Карина Ленаровна Хусаинова[2]
Науч. рук. доцент О.С. Попкова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]aznabaz@yandex.ru, [2]k-khusainova04@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрено определение энтальпии, которое опирается на основы термодинамики. Представлена история терминологии. Также в работе рассмотрена энтальпия на различных примерах.

Ключевые слова: энтальпия, термодинамические параметры, изменение количества теплоты, реакции.

ENTHALPY IN EXAMPLES

Azaliya A. Aznabayeva[1], Karina L. Khusainova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
[1]aznabaz@yandex.ru, [2]k-khusainova04@mail.ru

Abstract. The article considers the definition of enthalpy, which is based on the fundamentals of thermodynamics. The history of terminology is presented. The enthalpy is also considered in the work on various examples.

Keywords: enthalpy, thermodynamic parameters, changing the amount of heat, reactions.

Термодинамика — это раздел науки, имеющий дело с теплом, работой и температурой, и со связью данных параметров с энергией. Термодинамические вычисления упрощаются при использовании так называемых энергетических параметров состояния, таких как внутренняя энергия, энтропия, а также энтальпия. На её рассмотрении мы и остановимся [1].

Итак, энтальпия – это термодинамическое свойство, изменение которого при постоянной температуре и давлении определяет тепловую энергию вещества или системы, связанную с химической реакцией или физическим процессом. Используя данный термин, мы говорим об изменении тепла между окружающей средой и средой самой реакции. В таком случае реакция является экзотермической, то есть с выделением тепла ($\Delta H<0$), или эндотермической - реакцией с поглощением тепла ($\Delta H>0$). Несмотря на то, что вещество может обладать энергией на основании температуры и давления, не всю ее можно превратить в теплоту. Часть внутренней энергии постоянно сохраняется в веществе, чтобы поддержать его молекулярную структуру [2].

Саму по себе энтальпию невозможно вычислить из-за существующей зависимости от переменных, трудно поддающихся точным измерениям. Это то же самое, что измерить общий объем океанов, ведь его части всегда будут находиться под землей или разбросаны между континентами. Но ΔH вычислить можно. Предположим, что реакция протекает под земной атмосферой, тогда давление остается неизменным. К примеру, при таянии льда, он не испытывает никакого давления, помимо давления нашей атмосферы. С иной стороны, это еще относится к реакциям, образующих большое количество газов или реакциям в жидких средах. Такие реакции поглощают или выделяют тепло, которое равно ΔH, то есть разнице энтальпий между продуктами и реагентами [3].

Термин «энтальпия» ввёл Х. Камерлинг-Оннес. Впервые о его авторстве упоминает работа 1909 года в связи с обсуждением сохранения энтальпии в эффекте Джоуля — Томсона, хотя в печатных публикациях самого Камерлинг-Оннеса это слово не встречается.

Различают энтальпию в физических процессах: энтальпия фазового перехода и энтальпия растворов или смеси. Первая заключается в том, что вещества должны поглощать или выделять тепло для перехода из одного материального состояния или фазы в другое. Например, лед поглощает тепло для плавления, поэтому энтальпия этого фазового перехода равна энтальпии плавления. А растворённые или смешанные вещества имеют энтальпию, так как могут поглощать или выделять тепло. Ещё выделяют энтальпию в химических процессах: энтальпия образования соединения, распада, гидрирования и сгорания [4].

Энтальпию используют для расчета любого энергетического или холодильного оборудования: котлов, турбин, компрессоров и различных теплообменников.

Теперь рассмотрим конкретные примеры энтальпий:

1. Сжигание метана

ΔH = -890,3 кДж/моль (значит один моль метана при сгорании выделяет 890,3 кДж тепловой энергии).

2. Растворение соли в воде

Поваренная соль растворяется в воде, чтобы отделить ионы натрия и хлора от кристаллических решеток и окружить себя молекулами воды.

ΔH = +3,87 кДж/моль

Следовательно, количество поглощаемого тепла совсем небольшое, поэтому растворение соли не охладит стакан, в котором находится раствор.

3. Растворение хлората калия в воде

Напротив, хлорат калия имеет ΔH= +41,38 кДж/моль, что означает, поглощение им большего количества тепла. Следовательно, стакан с раствором заметно остынет [5].

Таким образом, энтальпия — это общее количество энергии вещества, которое доступно для преобразования её в теплоту.

Источники

1. Рейтер, К.А. Термодинамика, теплопередача и гидравлика. Ч. 1. Термодинамика и теплопередача: учебник / К.А. Рейтер. М.: КУРС, 2019. 000 с. (Среднее профессиональное образование).

2. Белонучкин, В. Е. Краткий курс термодинамики – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МФТИ, 2010. – 164 с.

3. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика: Учебное пособие. – 2-е изд., доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 352 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

4. Кудинов, В.А. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для бакалавров / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк.. - М.: Юрайт, 2013. - 566 с.

5. Мюнстер, А. Химическая термодинамика / А. Мюнстер. - М.: КД Либроком, 2010. - 296 с.

УДК 697.3

СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ВОДЯНОГО ТЕПЛОГО ПОЛА

Азалия Айратовна Абдуллина[1], Анастасия Андреевна Чуксеева[2]
Науч.рук. кандидат техн. наук, доцент О.С. Попкова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
azalkaabdullina69826@gmail.com[1]
cukseevaanastasia@gmail.com[2]

Аннотация. В статье произведено сравнение 2 систем отопления: электрического и водяного теплого пола. На основании работы получилось, что электрический теплый пол проще и дешевле в монтаже, а также более удобен в эксплуатации, чем водяной, но при этом он увеличивает потребляемую электроэнергию.

Ключевые слова: теплый пол, система отопления, электрический теплый пол, водяной теплый пол.

COMPARISON OF ELECTRIC AND WATER UNDERFLOOR HEATING

Azaliya A. Abdullina[1], Anastasia A. Chukseeva[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
azalkaabdullina69826@gmail.com[1]
cukseevaanastasia@gmail.com[2]

Abstract. The article compares 2 heating systems: electric and water underfloor heating. Based on the work, it turned out that electric underfloor heating is easier and cheaper to install,

and also more convenient to operate than water, but at the same time it increases the electricity consumed.

Keywords: underfloor heating, heating system, electric underfloor heating, water underfloor heating.

В последнее время широкую популярность среди дополнительных отопительных систем получили теплые полы. Например, это очень ярко показано в работах [1-5]. Принцип их работы относительно прост: специальная отопительная система, монтированная в пол, за частую с помощью специального регулятора или пульта включается и начинает равномерно нагревается по всему своему периметру до установленной самим человеком температуры. В следствие такого режима работы оборудования тепло распределяется по всей комнате равномерно, и она сохраняет комфортные условия: благоприятную температуру, влажность воздуха и малое количество пыли – в отличие от классической или радиаторной системы отопления. По типу обогревающего контура теплые полы различают на водяные и электрические.

Водяные теплые полы – отопительная система, представляющая собой трубы, уложенные в бетонно-цементную стяжку и образующих своеобразную батарею, по которой течет вода в редких случаях – масло. Данная работа системы основана на нагреве воды в котле, последующем ее движении по трубам и отдачи тепла в стяжку. Остывшая вода возвращается обратно в котел и цикл повторяется вновь. Монтаж данной системы очень трудоемок и затратен, так как для комфортного подогрева требуется более плотная между собой укладка труб, а иногда и установка циркуляционного насоса и системы управления им.

Электрические теплые полы - отопительная система, основанная на работе нагревательного кабеля, который преобразует поступающее электричество в тепло. Благодаря данной системе возможен эффективный нагрев помещений любых габаритов, а также возможность регулировки уровня температуры нагрева воздуха. В отличие от водяного электрический теплый пол является более доступным в монтаже и цене, но при этом не нужно забывать, что при монтаже такого пола произойдет увеличение затрат на электроэнергию.

Рассмотрев электрические и водяные теплые полы, можно сделать некоторые выводы: электрический теплый пол проще и дешевле в монтаже, а также более удобен в эксплуатации, чем водяной, но при этом он увеличивает потребляемую электроэнергию.

Источники

1. Верховинский И. Л., Яблонский Е. Ю., Бундиков А. В. Современные энергосберегающие отопительные системы с использованием теплого пола //Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2013. – №. 1 (170). – С. 42-45.

2. Лукьянов М. Ю. Водяной и инфракрасный теплый пол. Сравнение систем //Инновационная наука. – 2015. – №. 12-2. – С. 90-92.

3. Farid M., Kong W. J. Underfloor heating with latent heat storage //Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. – 2001. – Т. 215. – №. 5. – С. 601-609.

4. Половников В. Ю. Численный анализ влияния вида конструкций канальной тепловой сети на ее тепловые режимы и тепловые потери //Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. – 2017. – Т. 19. – №. 5-6. – С. 79-88.

5. Ваньков Ю. В. и др. Снижение тепловых потерь энергоснабжающей организации модернизацией систем горячего водоснабжения //Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – №. 4 (40). – С. 13-24.

УДК 66.074.2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА С КАНАЛАМИ КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ

Рустем Ядкарович Биккулов
Науч. рук. ассистент А. Ш. Шаймухаметова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
bikkulov@tnpc.ru

Аннотация. В статье рассмотрена проблема улавливания мелкодисперсных частиц размером до 10 мкм. Предложено сепарационное устройство с каналами квадратного сечения. В ходе исследований получена зависимость эффективности от чисел Стокса, которая показала наличие 2 областей. В первой области эффективность менее 100 %. Во второй области эффективность составляет 100 %.

Ключевые слова: сепарационное устройство, мелкодисперсные частицы, число Стокса, пыль, запыленный поток, эффективность сепарации.

EVALUATION OF EFFICIENCY OF SEPARATION DEVICE WITH SQUARE CHANNELS

Rustem Ya. Bikkulov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
bikkulov@tnpc.ru

Abstract. The paper discusses the problem of trapping fine particles up to 10 μm in size. The invention proposes a separation device with channels of square cross-section. In the course of studies, a dependence of efficiency on Stokes numbers was obtained, which showed the presence of 2 areas. In the first area, the efficiency is less than 100%. In the second field, the efficiency is 100%.

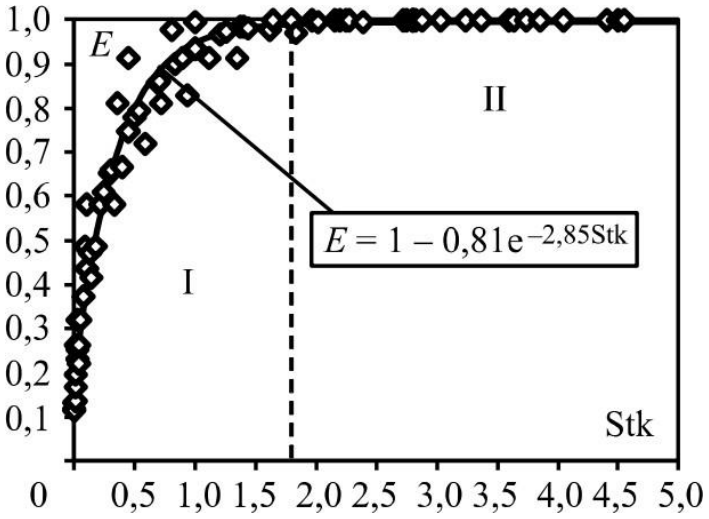
Keywords: separation device, fine particles, Stokes number, dust, dusty flow, separation efficiency.

Большинство пылеулавливающих аппаратов (циклонные сепараторы, гравитационные камеры и др.) имеют низкую эффективность при сепарации частиц размером менее 10 – 15 мкм из запыленного потока. Применение дополнительных фильтров тонкой очистки в большинстве случаев осложняется проблемой необходимости их периодичной замены, т.к. нужно приостанавливать технологическую линию. Поэтому важной задачей является разработка новых решений.

Автором работы предлагается сепарационное устройство с каналами квадратного сечения [1, 2], которое позволит увеличить в несколько раз срок эксплуатации фильтров тонкой очистки, т.е. снизить экономические потери при приостановке производственных линий, путем установки его перед ними.

Принцип действия устройства основан на возникновении множества вращающихся потоков в каналах между квадратными элементами [3, 4]. Относительно небольшие линейные размеры каналов позволяют получить центробежное поле высоких значений. Вследствие чего мелкодисперсные частицы успешно выбиваются из потока. Целью данной работы является оценка эффективности данного устройства.

В ходе проведения исследований задавались следующие параметры: размер частиц a от 1 до 10 мкм, высоты сепарационной зоны от 30 до 70 мм, ширина каналов от 50 до 100 мм, плотность частиц ρ_a 2000 кг/м^3, степень крутки A 0,5.



Оценка эффективности сепарационного устройства с каналами квадратного сечения от чисел Стокса

При обработке данных рассчитывались числа Стокса по формуле (1):

$$Stk = \frac{4\rho_a a^2 W}{\mu_G A b}, \quad (1)$$

где W – входная скорость газа, м/с; μ_G – динамическая вязкость газа, Па·с; b – ширина каналов, мм.

Обработка результатов показала наличие двух областей. Первая область характеризуется диапазоном чисел Стокса Stk от 0,008 до 1,79. При этом эффективность устройства составляет менее 1. Вторая область характеризуется диапазоном чисел Стокса Stk более 1,79. При этом эффективность сепарационного устройства составляет 1 (см. рисунок).

Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства по делам молодежи Республики Татарстан (проект «Устройство для очистки воздушных потоков от мелкодисперсных твердых частиц») и гранта Ректора КГЭУ по поддержке лучших молодежных проектов (проект «Создание и исследование экспериментально-демонстрационной установки для разделения сыпучего материала»).

Источники

1. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

2. Зинуров, В. Э. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами / В. Э. Зинуров, А. Р. Галимова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2020. – № 12. – С. 50-59. DOI 10.46554/1993-0453-2020-12-194-50-59

3. Зинуров, В. Э. Повышение энергоэффективности технологических линий по получению аэросила путем установки сепаратора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров, А. В. Дмитриев, Г. Р. Бадретдинова, Р. Я. Биккулов // Промышленная энергетика. – 2022. – № 4. – С. 29-35. – DOI 10.34831/EP.2022.26.75.004.

4. Салахова, Э. И. Пылеулавливающее устройство для блоков дегидрирования парафиновых углеводородов с кипящим слоем катализатора / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, И. Р. Набиуллин, И. И. Салахов // Катализ в промышленности. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 57-64. - DOI 10.18412/1816-0387-2022-2-57-64.

УДК 66.074.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В МУЛЬТИВИХРЕВОМ СЕПАРАТОРЕ

Валерия Викторовна Якимова[1], Камилла Рифкатовна Хуснутдинова[2]
Науч. рук. ассистент В.Э. Зинуров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]yakimovavaleria@mail.ru, [2] kamel2003@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена экспериментальная установка по определению потери давления в мультивихревом сепараторе. Показано, что процесс сепарации частиц из газа происходит за счет центробежного поля. Представлена экспериментальная установка, включающая газодувку, ресивер, трубу Вентури и мультивихревой сепаратор. Потери давления в сепарационном устройстве составили менее 700 Па.

Ключевые слова: мультивихревой сепаратор, завихрение, вихрь, вращающийся поток, центробежная сила, центробежное поле.

DETERMINATION OF PRESSURE LOSS IN MULTIWHEEL SEPARATOR

Valeriia V. Yakimova[1], Kamilla R. Khusnutdinova[2]
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

[1]yakimovavaleria@mail.ru, [2] kamel2003@mail.ru

Abstract. The article discusses an experimental unit for determining pressure loss in a multi-vortex separator. It has been shown that the process of separating particles from gas occurs due to a centrifugal field. There is presented an experimental plant including a gas blower, a receiver, a venturi pipe and a multi-vortex separator. Pressure losses in the separation device amounted to less than 700 Pa.

Keywords: multi-vortex separator, swirl, vortex, rotating flow, centrifugal force, centrifugal field.

Во многих производственных процессах гидравлическое сопротивления технологических линий занимает первостепенное значение. Поэтому при разработке новых аппаратов важной задачей является создание относительно простой конструкции [1]. При этом необходимо достижение более высокой эффективности новых аппаратов относительно аналогов. Целью данной работы является определение потери давления в мультивихревом сепараторе *4* (см. рисунок).

Данное сепарационное устройство предназначено для улавливания твердых частиц из газовых потоков. Сепарация частиц из газа осуществляется за счет возникновения множества быстро вращающихся потоков в каналах. Более подробное описание создания вихревой структуры описано в работах [2-5].

Для определения потери давления в мультивихревом сепараторе была создана экспериментальная установка (см. рисунок). При проведении серии экспериментов газовый поток нагнетался с помощью газодувки *1*. Для регулирования расхода воздуха использовалось устройство для сброса воздуха *2*. Труба Вентури *3* применялась для определения расхода газа и впоследствии расчета среднерасходной скорости на входе в мультивихревой сепаратор *4*. Перепад давления в расходомере – трубе Вентури *3* измерялся с помощью дифференциального манометра *5*. Потери давления в мультивихревом сепараторе измерялись по средствам дифференциального манометра *6*. Экспериментальные данные ежесекундно передавались в вычислительный блок *7* (см. рисунок).

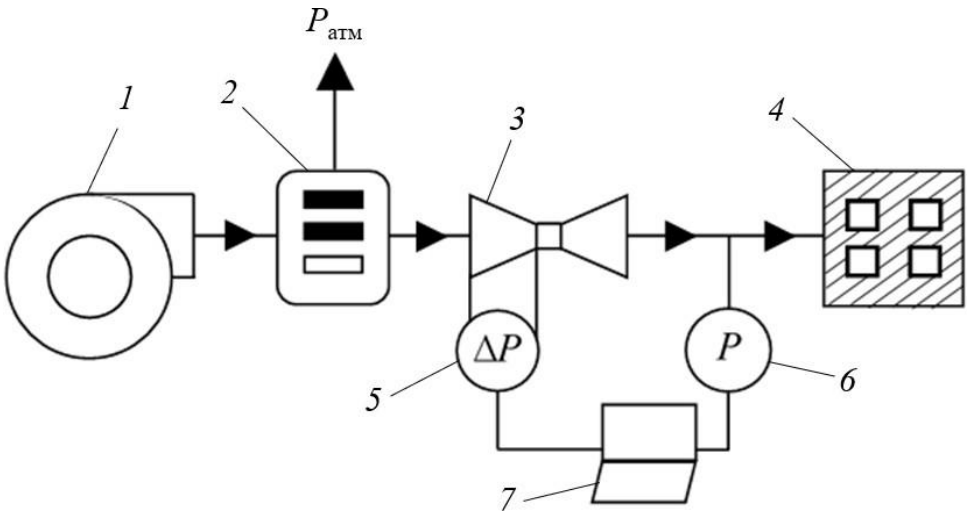


Схема экспериментальной установки для определения потери давления в мультивихревом сепараторе: *1* – газодувка; *2* – устройство для сброса воздуха; *3* – труба Вентури; *4* – мультивихревой сепаратор; *5* – дифференциальный манометр для определения перепада давления в трубе Вентури; *6* – дифференциальный манометр для определения потери давления в мультивихревом сепараторе; *7* – вычислительный блок

В докладе показано, что потери давления в мультивихревом сепараторе составляют менее 700 Па при входной скорости газового потока до 3 м/с.

Работа выполняется при финансовой поддержке гранта Ректора КГЭУ по поддержке лучших молодежных проектов (проект «Создание и исследование экспериментально-демонстрационной установки для разделения сыпучего материала»).

Источники

1. Зинуров, В. Э. Численное и экспериментальное исследование сужающего устройства на основе трубы Вентури / В. Э. Зинуров, И. И. Насырова, К. Д. Вьюгова, И. Н. Мадышев // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 7. – С. 106-111.

2. Дмитриев, А. В. Эффективность прямоугольного сепаратора в зависимости от оформления элементов внутри аппарата / А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров, О. С. Дмитриева, В. Л. Нгуен // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – Т. 10. – № 1(37). – С. 74-81.

3. Зинуров, В. Э. Технико-экономическое обоснование применения мультивихревого классификатора-сепаратора / В. Э. Зинуров, А. Р.

Галимова, И. Г. Ахметова, И. Н. Мадышев // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2022. – № 7. – С. 33-44.

4. Зинуров, В. Э. Экспериментальное определение гидравлического сопротивления упрощенной модели мультивихревого классификатора с соосно расположенными трубами / В. Э. Зинуров, И. Н. Мадышев, А. А. Каюмова, К. С. Моисеева // Ползуновский вестник. – 2022. – № 2. – С. 108-116.

5. Салахова, Э. И. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами / Э. И. Салахова, А. В. Дмитриев, В. Э. Зинуров // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 5. – С. 60-64.

СЕКЦИЯ 7. Экологические проблемы водных биоресурсов

УДК 574.2

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ В ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ

Роза Вепаевна Акыева, Мария Эдуардовна Гордеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gordeeva.me@kgeu.ru

Аннотация. В работе описаны классические контролируемые показатели качества воды в циркуляционных установках при выращивании осетровых рыб и предложено использовать два новых комплексных показателя – окислительно-восстановительный потенциал и суммарную антиоксидантную активность. При этом показано, что на сегодняшний день имеются общие данные представленных показателей для выращивания рыб в циркуляционных установках и отсутствует детализированный анализ показателей применительно к выращиванию осетровых рыб.

Ключевые слова: окислительно-восстановительный потенциал, суммарная антиоксидантная активность, осетровые виды рыб, установка замкнутого водообеспечения

PHYSICAL AND CHEMICAL FEATURES OF GROWING ACIPENSERIDAE IN CIRCULATION PLANTS

Roza V. Akyeva, Maria E. Gordeeva
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gordeeva.me@kgeu.ru

Abstract. The work describes classic controlled indicators of water quality in closed water supply system when growing *Acipenseridae* and proposes to use two new complex indicators - redox potential and total antioxidant activity. At the same time, it is shown that today there are general data of the presented indicators for growing fish in closed water supply system and there is no detailed analysis of indicators in relation to growing *Acipenseridae*.

Keywords: redox potential, Eh, total antioxidant activity, *Acipenseridae*, closed water supply system.

Проведенный обзор литературных источников выявил, что наиболее успешным способом выращивания осетровых видов рыб является выращивание в условиях установок замкнутого водообеспечения (УЗВ). Успешность определялась самоокупаемостью и получением дивидендов.

Примеры таких хозяйств в мире [1]: компания Akvaagro в Латвии, Desietra GmbH в Германии, ООО «Акватир» в Молдавии и т.д. Для любого рыбохозяйственного предприятия должен быть подобран набор технологических и проектных решений, которые позволят добиться успеха на выходе готовой продукции. И одной из главных задач является грамотное рыбоводно-биологическое обоснование и проектирование, для которого необходимы знания об особенностях выращивания осетровых видов рыб и особенности (ошибки) проектирования.

К контролируемым показателям при разведении и выращивании осетровых рыб относятся 23 показателя, например: pH (7-8), CO_2 (10 мг/л), растворенный кислород (4 мг/л), перманганатная окисляемость (10 мгO_2/л), фосфаты (0,3 мг/л), аммиак (0,5 мг/л), NH_3 (0,003 мг/л), азот нитратов (1 мг/л), БПК$_5$ (2 мгO_2/л), взвешенные вещества (10 мг/л) [2].

К приведенным классическим контролируемым показателям нами предложено добавить комплексные современные показатели: окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) [3] и суммарную антиоксидантную активность (САОА). Данные показатели легко и оперативно определяемы с материально-технической точки зрения. При этом можно выдвинуть гипотезу, что ОВП обобщает информацию о концентрации растворенного кислорода (или озона) и pH, а САОА – о концентрации органических веществ в водной среде.

Исходя из литературных источников значения ОВП в УЗВ не применяется выше 400 мВ и ниже 200 мВ, рекомендуемые значения 200-350 мВ [4]. При этом, считается [5], что от -100 мВ до 0 мВ – это восстановительная среда, непригодная для рыб, аэробных бактерий, но оптимальная для анаэробных бактерий. От 0 мВ до 150 мВ – слабокислая среда, которая плохо аэрируемая и является постоянной угрозой для жизни животных. От 150 мВ до 250 мВ – окислительная среда, аэробиозис, то есть хорошо аэрируемая вода, которая является нормальным условием для жизни в УЗВ. От 250 мВ до 350 мВ – сильно окислительная среда, когда очень хорошее снабжение кислородом, незначительное протекание или вообще полное отсутствие процессов восстановления. От 350 мВ до 450 мВ – завышенный ОВП, когда экстремально аэрируемая вода и присутствие органической субстанции (достигается чаще всего интенсивным озонированием). От 450 мВ до 600 мВ – экстремально высокий ОВП. Однако это обобщенный показатель для всех видов рыб, а детализированная классификация рекомендуемых значений ОВП для каждого вида рыбы отсутствует.

Проведенный анализ суточных изменений ОВП в УЗВ кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» с гибридами осетровых видов рыб совместно с сотрудниками кафедры выявили изменения значений ОВП от 295 мВ до 285 мВ, что лежит в диапазоне рекомендуемых значений УЗВ согласно литературным данным. Среднее значение ОВП за сутки составило 278,6±0,3 мВ. В дальнейшем целесообразно провести исследование диапазонов оптимума, нормального существования и угнетения значений ОВП для осетровых видов рыб.

Показатель суммарной антиоксидантной активности (САОА) является популярным, но мало исследованным на сегодняшний день. Проведенные исследования сотрудниками кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» выявили, что значения САОА воды в бассейне УЗВ изменяются от 9,9360 до 19,3872 мгRu/дм^3.

Таким образом, выявлена необходимость углубленного изучения значений ОВП и САОА в диапазонах оптимального, нормального существования и состояния угнетения осетровых рыб для оперативного контроля и реагирования на изменяющиеся состояния среды в УЗВ.

Источники

1. Агробизнес [Электронный ресурс]. https://agbz.ru/articles/vyiraschivanie-osetrovoy-ryibyi_-sravnenie-tehnologii-protochnogo-i-zamknutogo-tsikla-vodopodgotovki/ (дата обращения: 12.11.2022)

2. Чебанов М.С., Галич Е.В. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб // Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. – Анкара, 2013 – 370 с.

3. Токаренко О.Г. Химический состав и свойство природных вод. – Санкт-Петербург, 2016 – 57 с.

4. Gordeeva M.E. Using Redox potential in water quality assessment of energy facilities / Gordeeva M.E., Kalayda M.L. // International Scientific and Practical Conference: Water Power Energy Forum 2018. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 288 (2019) 012039

5. Калайда М.Л. Окислительно-восстановительный потенциал как показатель качества естественных и искусственных водоемов в структуре рыбохозяйственного мониторинга / Калайда М.Л., Гордеева М.Э. // Импульс. – 2017. – С. 279-291

УДК 574.5

ЛИЧИНКИ ХИРОНОМИД В СОСТАВЕ МАКРОЗООБЕНТОСА РУСЛОВЫХ ПРУДОВ

Александр Радикович Ахманов
Науч. рук.канд. биол. наук, М.Ф. Хамитова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ahmanovsasha@gmail.com

Аннотация. В работе показано видовое разнообразие и сезонная динамика личинок хирономидмакрозообентосного сообщества руслового водоема в Тюлячинском районе Республики Татарстан.

Ключевые слова: личинки хирономид, макрозообентос,видовое разнообразие, сезонная динамика.

LARVAE OF CHIRONOMIDS IN THE MACROZOOBENTHOS OF CHANNEL PONDS

Alexandr R. Akhmanov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ahmanovsasha@gmail.com

Abstract. The paper shows the species diversity and seasonal dynamics of the larvae of chironomids of the macrozoobenthos community of the channel reservoir in the Tyulyachinsky district of the Republic of Tatarstan.

Keywords: larvae of chironomids, macrozoobenthos, species diversity, seasonal dynamics.

Комары-звонцы, или комары-дергуны, или хирономиды (Chironomidae) относятся к отряду двукрылых (Diptera) [1]. Личинки комаров-звонцов развиваются в воде. Они служат пищей для обитателей водоемов [2]. В основном личинки поедают детрит и разные микроорганизмы. Одни являются хищниками, другие детритофагами и растительноядными. Личинки комаров-дергунов являются важной частью пищевых цепей в прудах, ручьях и озёрах [3]. Отдельные виды и комплексы видов могут служить показателем степени загрязнения водоемов [4].

После того как самка отложила яйца на поверхность воды, личинки, опустившись на дно, вылупляются через 3 дня и имеют белый, красный

или зелёный цвет. С виду личинки похожи на маленьких червей с тёмной головой. Едят водоросли и другие микроорганизмы. Стадия личинки продолжается 2-7 недель, это зависит от температуры воды, далее личинки превращаются в куколку. Эта стадия длится до 3 дней, после этого вылупляются взрослые особи - имаго. Стадия имаго длится 5-10 дней. В этой стадии они не делают ничего кроме того, что спариваются и откладывают яйца. За лето может воспроизводится около 5 поколений комаров-звонцов, потому что жизненный цикл у них довольно короткий. Естественно, число поколений зависит от влажности и температуры в месте размножения [3]. Семейство *Chironomidae* включает в себя 11 подсемейств: *Tanypodinae, Aphroteniinae, Podonominae, Usambaromyiinae, Buchonomyiinae, Chilenomyiinae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthocladiinae, Chironominae и Telmatogetoninae* [1].

Материалом для данной работы послужили пробы макрозообентоса, отобранные с августа по октябрь 2022 года в русловом пруду на р. Нысе в Тюлячинском районе Республики Татарстан. Обработка проб макрозообентоса проводилась стандартными гидробиологическими методами на базе лаборатории кафедры ВБА ФГБОУ ВО «КГЭУ» [5].

В результате проведенного исследования в макрозообентосе на 10 станциях руслового пруда на р. Нысе были встречены 23 вида и формы, из которых 12 относились к личинкам хирономид (табл.1)

Таблица 1

Виды и формы личинок хирономид из проб

Подсемейство	Вид
Chironominae	Chironomus гр. plumosus (Linne, 1758)
	Polypedilum гр. nubeculosum (Meigen, 1804)
	P. гр. convictum (Walker, 1856)
	Cryptochironomus гр. defectus (Kieffer, 1913)
	Cr.гр. viridulus (Fabricius, 1805)
	Glyptotendipes гр. gripekoveni (Kieffer, 1913)
	Sergentia гр. longiventris (Kieffer, 1924)
	Cladotanytarsus гр. mancus (Walker, 1856)
	Tanytarsusarduennensis (Goetghebuer, 1922)
Orthocladiinae	Corynoneuraceleripes (Winnertz, 1852)
Tanypodinae	Procladiuschoreus (Meigen, 1804)

Наибольшее число видов и форм личинок хирономид встречалось в сентябре, всего 8 видов и форм, в ноябре отмечено 6 видови форм, в

октябре – 3 вида и формы. По частоте встречаемости среди личинки хирономид преобладали *Chironomus* гр. *plumosus* (Linne, 1758), их численность с августа до октября незначительно снижалась. Им на смену пришли личинки *Polypedilum* гр. *convictum* (Walker, 1856) и Cr*yptochironomus* гр. *viridulus* (Fabricius, 1805).

Источники

1. Нарчук Э. П. Определитель семейств двукрылых насекомых (Insecta: Diptera) фауны России и сопредельных стран (с кратким обзором семейств мировой фауны). СПб.: Зоологический институт РАН, 2003. 252с.

2. Блохин Г.И., Александров В.А. Б70 Зоология. – М.: КолосС, 2006. – 512 с.

3. Зинченко Т. Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней Волги: атлас. Тольятти: Кассандра, 2011. — 258 с.

4. Панкратова В.Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). – Л. : Наука, 1983, – 296 с.

5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.

УДК 574.5

ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА ПЕРИФИТОНА РЫБОВОДНОЙ УСТАНОВКИ С РАДУЖНОЙ ФОРЕЛЬЮ

Марина Львовна Калайда, Валерия Владимировна Бабикова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
kalayda4@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены качественная структура и соотношение групп в перифитоне участков блока водоочистки рыбоводной установки замкнутого цикла (УЗВ). Определены количественные характеристики перифитона на модельных экспериментальных участках блока водоочистки рыбоводной установки замкнутого цикла при выращивании радужной форели.

Ключевые слова: установка замкнутого цикла (УЗВ), блок водоочистки, биофильтр, гидробионты, перифитон.

FEATURES OF THE SPECIES COMPOSITION OF THE PERIPHYTON OF A FISH HATCHERY WITH RAINBOW TROUT

Marina L. Kalaida, Valeria V. Babikova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
kalayda4@mail.ru

Abstract. This article discusses the qualitative structure and the ratio of groups in the periphyton of the sections of the water treatment unit of a closed-cycle fish-breeding plant (RAS). Quantitative characteristics of periphyton were determined in the model experimental areas of the water treatment unit of a closed-cycle fish-breeding plant in the cultivation of rainbow trout.

Keywords: closed cycle plant (RAS), water purification unit, biofilter, hydrobionts, periphyton.

В настоящее время известно множество устройств очистки воды для установок замкнутого цикла (УЗВ), которые используются для выращивания объектов в индустриальной аквакультуре. В большинстве случаев в УЗВ последовательно размещены фильтры механической и биологической очистки [1]. Биологическая фильтрация – это многостадийный, многоступенчатый процесс, осуществляющийся разнообразными бактериями. Бактерии переводят органические азотсодержащие вещества (экскременты рыб, остатки корма) в неорганические, в основном в аммиак [2]. На следующем этапе - нитрификация аммиака и перевод его в нитриты, а далее в малотоксичные для рыб нитраты. Эти процессы осуществляется такими группами бактерий, как *Nitrobacter*, *Nitrospina*, *Nitrosomonas*. Этот процесс и составляет суть биофильтрации в УЗВ – особые группы бактерий занимаются переработкой ядовитых соединений азота (аммиака и нитритов) в значительно менее ядовитые нитраты. Бактериальная трансформация органических веществ приводит к появлению других групп гидробионтов, которые также формируют качество воды. С этих позиций изучение перифитона на каждой ступени очистки представляет значительный интерес.

Для исследования перифитона использовали пластины из оргстекла с разметкой 1 х 1 мм, которые при помощи металлических стержней опускались в приямки блока водоочистки: ст. 1- на глубине 1 м у дна в воде из рыбоводного бассейна с метаболитами рыб в приямке перед механическим фильтром; ст. 2 - в биофильтре на глубине 60 см от

поверхности (средняя глубина); ст. 3 - в отстойнике после выхода воды из биофильтра на глубине 1 м у дна. Пробы просматривались раз в неделю. Анализ проб проводился классическими гидробиологическими методами путем микроскопирования под покровным стеклом, гидробионты определялись живыми по таблицам и рисункам по [3, 4, 5].

Проведенное исследование выявило в составе перифитона всех модельных пластин 35 видов и форм организмов, относящихся к следующим систематическим группам: инфузории (51,4%); коловратки (11,4%); олигохеты (8,4%); растительные жгутиконосцы и раковинные корненожки (по 5,7%); амебы, плоские и круглые черви, тихоходки, водные клещи и личинки хирономид (по 2,9%). Анализ видового состава перифитона в приямке перед механическим фильтром показал большое разнообразие гидробионтов в биообрастаниях. На ст.1 были встречены 14-18 видов и форм перифитона, на ст. 2 – 6 -12 видов и форм перифитона, на ст.3 – 13-17 видов и форм перифитона (табл.1). Общая численность организмов перифитона изменялась от 220 тыс. экз./м^{2}до 640 тыс. экз./м^2 (табл.1).

Таблица 1

Количество видов и форм и численность перифитона на участках блока водоочистки УЗВ

Дата	Ст. 1		Ст.2		Ст.3	
	Кол-во видов и форм	N,тыс. экз/м^2	Кол-во видов и форм	N, экз/м^2	Кол-во видов и форм	N, экз/м^2
9.10.22	14	630	8	320	13	390
16.10.22	18	640	6	220	17	570
23.10.22	15	500	12	250	14	460
Всего	26		17		26	

Анализ результатов обследования пластин выявил, что состав биоценоза на разных участках блока водоочистки различен. Большое разнообразие перифитона и максимальные значения его численности отмечены в приямке с водой, загрязненной продуктами жизнедеятельности рыб (ст. 1), а наименьшие – в биофильтре (ст. 2).

Источники

1. Калайда М.Л., Хамитова М.Ф., Калайда А.А., Борисова С.Д.,

Бабикова В.В. Элементы циркулярных технологий в аквакультуре // *Вестник Астраханского государственного технического университета.* Серия: Рыбное хозяйство.2021, Т.2, - С. 76-89.

2. Липеровская Е.С. Гидробиологические индикаторы состояния активного ила и их роль в биологической очистке сточных вод // Итоги науки и техники ВИНИТИ. М., 1976. Т. 4. С. 169–217.

3. Кутикова Л. А. Фауна аэротенков (Атлас) / Кутикова Л.А //. – Ленинград: Наука, 1984. – С. 264

4. Жмур Н. С., Очирова М. Н.. Рекомендации по проведению технологического и гидробиологического контроля на биологических фильтрах. – Министерство мелиорации и водного хозяйства РСФСР. – М., 1987 год

5. Мажейкайте С. И.. Ресничные инфузории / Мажейкайте С.И.. // Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Под ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова //. – Ленинград, Гидрометеоиздат, 1977. – С. 46–98.

УДК 589.7

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

Виктор Германович Баранов
Науч. рук. кан-т биол. наук, доцент Л.К. Говоркова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
govorkovagoncharenko@mail.ru

Аннотация. Рассматривается роль микроорганизмов на качество среды обитания объектов аквакультуры. Загрязнение воды оказывает прямое воздействие на аборигенную водную микрофлору, меняя их численное и качественное соотношение. В этих условиях бактериальные показатели приобретают бесценное индикаторное значение, позволяя обнаружить всевозможные источники и варианты воздействия.

Ключевые слова: качество воды, объекты аквакультуры, загрязнение, среда обитания, индикаторные показатели, микрофлора.

THE ROLE OF MICROORGANISMS IN ASSESSING WATER QUALITY IN GROWING AQUACULTURES

Viktor G. Baranov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
govorkovagoncharenko@mail.ru

Abstract. The role of microorganisms on the quality of the habitat of aquaculture objects is considered. Water pollution has a direct impact on the native aquatic microflora, changing their numerical and qualitative ratio. Under these conditions, bacterial indicators acquire invaluable indicator value, allowing you to detect all kinds of sources and exposure options.

Keywords: water quality microflora, aquaculture objects, habitat, pollution, indicators.

Вода является неотъемлемым механизмом в процессах обмена веществ в живых организмах. Она является естественной средой обитания всевозможных микроорганизмов, сосуществующих в виде сложных ассоциаций - микробиоценозов, численные и качественные характеристики коих могут значительно модифицироваться в условиях человеческого воздействия. Любой водоем в естественном состоянии заселен микроорганизмами, занимающими разные экологические ниши. Гетеротрофные микроорганизмы играют важную роль в очищение водоемов, по сравнению с другими представителями бактерий [1]. Производство рыбы в замкнутых системах - интенсивный путь рыбоводства. Однако содержание рыбы в УЗВ не разрешает проблемы, связанные с болезнями объектов аквакультуры. Огромный ущерб наносят бактериальные заболевания. В связи с этим исследование санитарного состояния водной среды обитания рыб является необходимым. В рыбохозяйственных водоемах, бассейнах, прудах число микроорганизмов достигает больших величин, так как при кормлении рыбы накапливается большое количество несъеденных кормов, которые приводят к накоплению неразложившегося органического вещества и ухудшению экологической обстановки [2]. Увеличение плотности посадки приводит также к ухудшению условий выращивания рыб. Происходит нарушение гидрохимических показателей, процессов возобновления и самоочищения водной, что вызывает загрязнение воды продуктами жизнедеятельности рыб [3, 4].

Исследование степени загрязненности водоема по составу гидробионтов позволяет мгновенно определить его санитарное состояние, установить степень и характер загрязнения и пути его распространения в водоеме, а также дать численную характеристику протекания процессов естественного самоочищения. Наличие индикаторных видов растений или

животных позволяет более углубленно рассуждать о качестве воды в водоеме. Микроорганизмы также являются показательными индикаторными организмами при оценке качества воды различных категорий водоемов [5,6].

Для всех видов воды существует множество показателей, из которых особое внимание уделяется микробиологическим критериям. Всевозможные стресс-факторы способствуют резкому увеличению общего микробного числа (ОМЧ) сапрофитных, условно патогенных микроорганизмов, а также повышению активности этих бактерий и возникновению заболеваний. С целью предотвращения различных заболеваний необходимо соблюдать определенные нормы выращивания рыб, проводить оценку качества воды по санитарно-микробиологическим показателям таким, как общее микробное число, количество сапрофитных бактерий, количество термофильных бактерий и другие [6, 7]. Ключевым санитарно-микробиологическим показательным микроорганизмом является кишечная палочка.

Источники

1. Говоркова Л.К. Эпизоотическое состояние молоди рыб Голубого залива Куйбышевского водохранилища // Состояние и пути развития аквакультуры Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы III национальной научно-практической конференции, Казань, 3-5 октября 2018 г. / под ред. А.А. Васильева – Саратов: Амирит, 2018. – С. 54-60.

2. Шакирова В.М., Говоркова Л.К., Анохина ОК., Валиева Г.Д. Микробиота водной среды и радужной форели при выращивании в УЗВ // Рыбоводствои рыбное хозяйство. М.: Сельхозиздат,2021. № 6. С. 68-79.

3. Ивчатов А.Л. Химия воды и микробиология: Учебник // М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 218 с.

4. Галеева М.Э. Абиотические факторы среды рыбохозяйственного водоема / М.Э. Галеева, М.Л. Калайда, А.А. Лапин. Вестник государственной полярной академии. 2011. № 1 (12). – 42 с.

5. Лапин А.А., Борисова С.Д.,. Говоркова Л.К, Зеленков В.Н. Биоиндикация воды реки Казанка с помощью макрофитов и микроорганизмов // Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты: сборник научных трудов РАЕН. Выпуск 26 / под ред. проф. В.Н. Зеленкова. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2018. 200 с. – С. 91-99.

6. Chernysheva E.V., Kashirskaya N.N., Demkina E.V., Korobov D.S., Borisov A.V. Thermophilic Microorganisms in Soils as a Result of Ancient Human Activity // Microbiology, Nauka Publishing House, 2019. vol. 88. No. 5. p. 646-648.

7. Zdorovenko E.L., Kadykova A.A., Shashkov A.S., Varbanets L.D., Bulyhina T.V., Toukach P.V. Structure and biological properties of the O-specific polysaccharide and lipid A from Pantoea agglomerans P324. // Microbiology, Science Publishing House, 2021. vol. 90. n. 1. p. 96-105.

УДК 574.583

КОЛОВРАТКИ В ЗООПЛАНКТОНЕ РУСЛОВОГО ПРУДА

Екатерина Алесеевна Васильева, Мадина Фархадовна Хамитова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
vasilievakaterina2003@mail.ru

Аннотация. В работе описано видовое разнообразие и сезонная динамика коловраток зоопланктонного сообщества руслового водоема в Тюлячинском районе Республики Татарстан. Приведены данные по среднесезонной численности, биомассе и индексу плотности коловраток в водоеме.

Ключевые слова: коловратки, зоопланктон, сезонная динамика, видовое разнообразие, индекс плотности.

ROTIFERS IN ZOOPLANKTON OF THE CHANNEL POND

Ekaterina A. Vasileva, Madina F. Khamitova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
vasilievakaterina2003@mail.ru

Abstract. The paper describes the species diversity and seasonal dynamics of rotifers in the zooplankton community of a channel pond in the Tyulyachinsk region of the Republic of Tatarstan. The data on the average seasonal abundance, biomass and density index of rotifers in the reservoir is given.

Keywords: rotifers, zooplankton, seasonal dynamics, species diversity, density index.

Для целей орошения сельскохозяйственных земель в Республике Татарстан было создано более 250 водоемов комплексного назначения (ВКН), их общая площадь составляет около 4 тыс. га. Большая их часть представляют собой русловые водоемы (40,0 % водоемов, их общая площадь – 1302,7 га) [1]. Организация руслового пруда производится за

счет установки гидротехнического сооружения перпендикулярно руслу реки, ручья или суходола, площадь такого пруда может достигать 200 га и более в зависимости от рельефа местности и заданной глубины пруда [2]. Для ВКН руслового характерна низкая проточность.

Коловратками называют своеобразную группу в основном пресноводных микроскопических животных выделенную в отдельный тип первичноротых животных, ранее относимых к типу первичнополостных червей немательминтов (Nemathelminthes)[3]. Коловратки – самые мелкие из многоклеточных животных. Их размеры колеблются от 0,04 до 2 мм. Встречаются в континентальных водоёмах всех типов, в прибрежных районах морей и океанов, в почве, мхах, песке [4].

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, отобранные в русловом водоеме на р. Нысе в Тюлячинском районе Республики Татарстан.

Пробы зоопланктона отбирались с августа по октябрь 2022 года. Обработка проб зоопланктона проводилась стандартными гидробиологическими методами на базе лаборатории кафедры ВБА ФГБОУ ВО «КГЭУ» [5].

Исследование зоопланктона на 10 станциях руслового водоема на р. Нысе выявило в составе зоопланктона 58 видов и форм, из которых 24 относились к коловраткам, 9 – ветвистоусым, 6 – веслоногим рачкам, кроме которых в пробах отмечались 19 прочих видов и форм.

Наиболее разнообразной группой в водоеме являлись коловратки, на них приходилось 41% всех встреченных видов и форм. Соотношение ракообразных и коловраток в водоеме составило в среднем 62% к 39%.

Наиболее часто в водоеме встречались коловратки *Trichocerca capucina* (Wierzejski&Zacharias, 1893), *Asplanchna priodonta* (Gosse,1850), *Polyarthra vulgaris* (Carlin,1943). *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851).

В течение периода исследований количество видов коловраток увеличивалось к концу сезона с 12 до 17 видов. По частоте встречаемости такие виды как *Brachionus angularis* (Gosse, 1851) и *Filinia longiseta* (Ehrenberg,1834) сменились на *Asplanchnopus multiceps* (Schrank 1793) и *Synchaeta pectinata* (Ehrenberg, 1832).

Среднесезонная численность коловраток составила 7,36тыс.экз./м^3 и варьировала по станциям от 5,9 до 13,9тыс. экз/м^3. В течении сезона численность коловраток росла с 9 тыс. экз/м^3 в августе до 10,3 тыс. экз/м^{3}в октябре.

Среднесезонная биомасса коловраток составила 60,9 мг/м^3 и варьировала по станциям от 30,6 до 98,7 мг/м^3. В течении сезона

наименьшая биомасса коловраток отмечалась в сентябре и составила 44,0 мг/м^3, наибольшая – в августе 77 мг/м^3.

По численности преобладали *A. priodonta* (28,8% всех коловраток), *P. vulgaris* (26,5%), *K. cochlearis* (19,1%), по биомассе –*A. priodonta* (70,6%), *A. multiceps* (12,8%) и *B. quadridentatus* (Hermann, 1783) (7,6%).

Для характеристики видовой структуры и определения доминирующих видов нами были рассчитаны индексы плотности (рис.1).

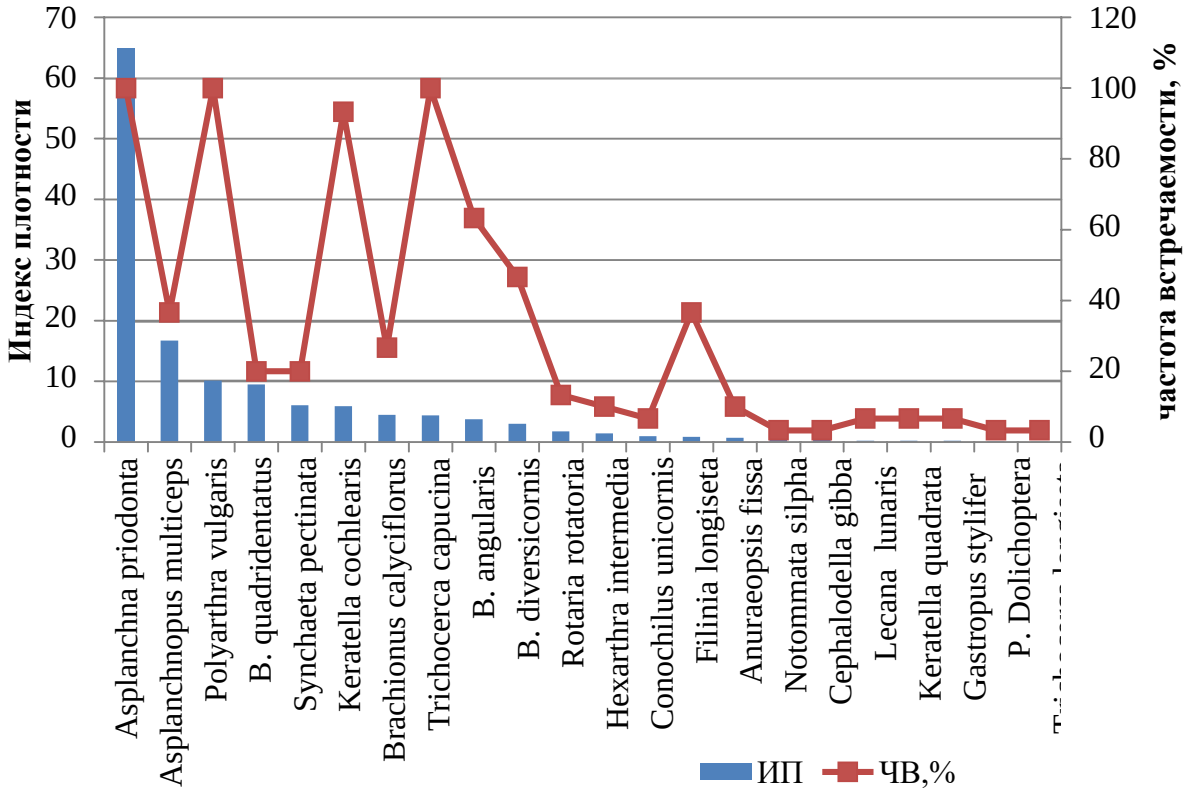


Рис.1. Индекс плотности и частота встречаемости коловраток в русловом водоеме на р. Нысе.

Ярким доминирующим видом среди коловраток является *A. priodonta* с индексом плотности 65, к субдоминантам можно отнести *A. multiceps* (индекс плотности 16,7), *P. vulgaris* (индекс плотности 10,1), *B. quadridentatus* (индекс плотности 9,5).

Источники

1. Калайда М.Л. Продукционная характеристика водоемов Среднего Поволжья как базы пастбищной аквакультуры (на примере Республики Татарстан): автореф. дис. д-ра биол. наук: 03.00.10 / Калайда Марина Львовна. Москва, 1998. 58 с.

2. Козлов В.И., Никифоров-Никишин А.Л., Бородин А.Л. Аквакультура. М.: МГУТУ, 2004. 433с.

3. Иорданский Н. Н., Чесунов А. В. Большая российская энциклопедия. М.: 2009. С. 509.

4. Гидробиология: учебное пособие / М.Л. Калайда, М.Ф. Хамитова. СПб.: Проспект Науки, 2013. 115с.

5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.

УДК 594.381

ОСОБЕННОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕСНОВОДНЫХ МОЛЛЮСКОВ КЛАССА GASTROPODA

Елизавета Георгиевна Веселова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Науч. рук.канд. биол. наук, М. Ф. Хамитова
lizaveselova2001@gmail.com

Аннотация. В работе описаны главные признаки, используемые для идентификации видов пресноводных моллюсков на примере *Planorbarius corneus.*

Ключевые слова: моллюски, определитель, признаки, макрозообентос, идентификация видов.

PECULIARITIES OF IDENTIFICATION OF FRESHWATER MOLLUSCS OF THE CLASS GASTROPODA

Elizaveta G. Veselova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
lizaveselova2001@gmail.com

Abstract. The paper describes the main features used to identify species of freshwater molluscs using the example of *Planorbarius corneus*.

Keywords: mollusks, key, features, macrozoobenthos, species identification.

Брюхоногие моллюски – беспозвоночные животные, которые имеют в своём строении голову, ногу и внутренностный мешок, находящийся в раковине [1,5].

Отличительной особенностью брюхоногих моллюсков по сравнению с их предками является отсутствие выраженной сегментации тела. Из-за этого брюхоногие моллюски являются ассиметричными животными, хотя

остальные классы моллюсков (головоногие и двустворчатые) имеют двустороннюю симметрию тела [1,2,3].

Основные признаки, на которые обращают внимание учёные при определении семейства брюхоногого моллюска: наличие крышечки у устья раковины, форма и размер раковины, расцветка периостракума (наружный слой раковины), рельеф раковины, выпуклость оборотов, форма устья, ширина устья по отношению к высоте раковины, высота раковины по отношению к ширине раковины [4].

Промеры спиральных раковин, которые используются при определении семейства, а затем рода и вида брюхоногого моллюска:

– Основные: высота завитка (вз), высота последнего оборота (впо), высота раковины (вр), высота устья (ву), ширина последнего оборота без учёта устья (шпо), ширина раковины (шр), ширина устья (шу) (См. рисунок.1а).

– Дополнительные: высота предпоследнего оборота (вппо), возвышение последнего оборота над устьем (впону), возвышение двух последних оборотов над устьем (в2пону), ширина третьего снизу оборота (ш3но) (См. рисунок.1б) [4].

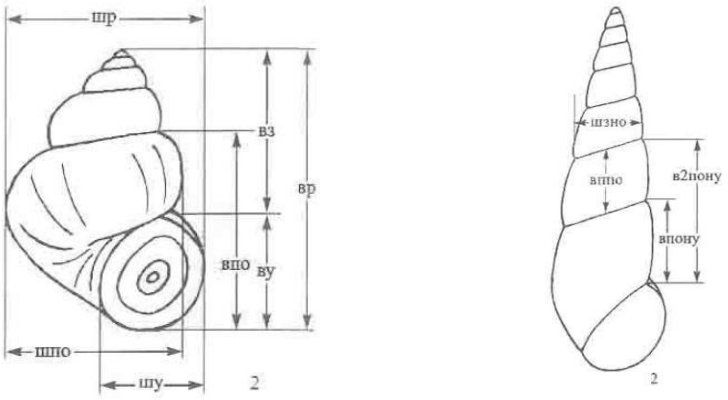


Рис. 1. Промеры спиральных раковин

Основные признаки, на которые обращают внимание учёные при определении рода и вида брюхоногого моллюска [4]:

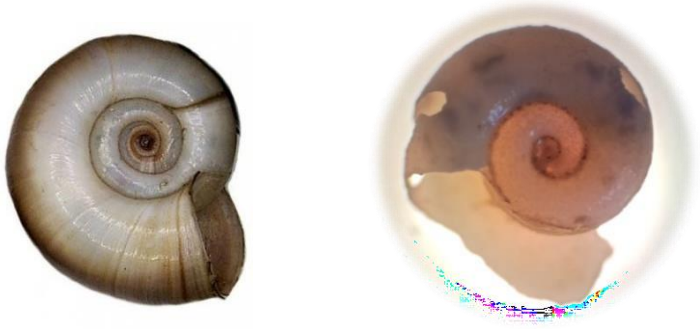
1) Ширина устья по отношению к высоте раковины
2) Отношение высоты раковины к её ширине
3) Расположение самой выступающей точки по отношению ко шву и к периферии раковины

Согласно определителям идентификация видов ведется последовательно от семейства к роду и виду с использованием большинства перечисленных параметров.

В проведенных нами исследованиях, при изучении состава макрозообентоса мы неоднократно сталкивались с травмированием раковин моллюсков при отборе и фиксации проб, что усложняло их идентификацию. Наиболее часто теряются такие признаки, как форма и размеры устья, наличие крышечки.

На примере идентификации брюхоногих моллюсков *Planorbariuscorneus* (*Linnaeus*, 1758) в пробах макрозообентоса водоемов Республики Татарстан нами были рассмотрены признаки, достаточные для идентификации вида особей с травмированными раковинами.

На Рис.2 представлены раковины брюхоногого моллюска в целом виде (а) и из проб макрозообентоса (б). Раковина моллюска при отборе проб была пустая, поэтому оказалась хрупкой, определить форму устья у данного представителя не получилось.



а б

Рис. 2. Не травмированная (а) раковина *Planorbariuscorneus* и раковина для идентификации (б) (увеличение х40)

Основываясь на определителе, нами были выделены следующие признаки достаточные для идентификации:

– Обороты маловыпуклые

– Обороты разделены умеренно углублённым швом

– Внутренние обороты в 2 раза меньше внешних оборотов, увеличиваются в размерах равномерно [4]

Источники

1. Калайда М.Л.. Зоология: лабораторный практикум Ч.1.: Зоология беспозвоночных. - Казань: КГЭУ, 2009. - 79 с.

2. Селиховкин А.В., ЩербаковаЛ. Н. Зоология: учебное пособие — Санкт-Петербург:СПбГЛТУ, 2016.— С. 78.

3. Теремов А.В., Никишов А.И., Пятунина С.К., Перелович Н.В., Богданов Н.А. Методика обучения биологии. Животные – 2018. – С. 58.

4. Старобогатов Я.И., Прозорова Л.А., Богатов В.В., Саенко Е.М., Хлебович В.В. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Том. 6. Моллюски, полихеты, немертины.

5. Холмогорова Н.В., Каргапольцева И.А., Винарский М.В., Лазуткина Е.А. Материалы к фауне пресноводных брюхоногих моллюсков Удмуртской Республики.

УДК 639.37

ИНТЕГРИРОВАННАЯ АКВАБИОСИСТЕМА НА БАЗЕ УСТАНОВКИ ЗАМКНУТОГО ВОДООБОРОТА: «ЗЕЛЕНЫЙ ЛУК – ОБЪЕКТЫ АКВАКУЛЬТУРЫ»

Гульшат Эркиновна Гильманова

Науч. рук.: доцент С.Д. Борисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

svetlana-zag@bk.ru

Аннотация. Экспериментальное выращивание зеленого лука в рыбоводных установках на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура» показало, что большую массу за месяц выращивания лук набрал в биофильтре рыбоводной установки, меньшую – в отстоенной воде из-под крана. Наибольшая длина перьев зафиксирована в земле, наименьшая – в отстоенной и дистиллированной воде. Прирост биомассы корня наилучший – в бассейне с осетровыми видами рыб, наихудший – в биофильтре УЗВ, что связано с сильной аэрацией.

Ключевые слова: аквапоника, аквапоническая установка, аквакультура, рыба, аквабиосистема.

INTEGRATED AQUABIOSISM ON THE BASIS OF A CLOSED WATER CYLINDER: «GREEN ONION - AQUACULTURAL OBJECTS»

Gulshat E. Gilmanova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

svetlana-zag@bk.ru

Abstract. Experimental cultivation of green onions in fish-breeding installations at the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture showed that during the month of cultivation, onions gained a large mass in the biofilter of the fish-breeding installation, and a

smaller mass in settled water from the tap. The greatest length of feathers was recorded in the ground, the smallest - in settled and distilled water. The growth of the root biomass is the best - in the pool with sturgeon fish species, the worst - in the RAS biofilter, which is associated with strong aeration.

Keywords: aquaponics, aquabiosystem, aquaculture, fish, aquaponic installation.

Изучив интегрированные аквабиосистемы на базе рыбоводных установок замкнутого водоснабжения можно сделать вывод о том, что в интегрированных аквабиосистемах на базе рыбоводных установок (аквапонические системы) целесообразно выращивать овощи и пряные травы, так как на ранних стадиях развития этим растениям необходим азот, который выделяется в результате процессов жизнедеятельности водных животных. В аквапонических системах количество водных животных должно быть прямо пропорционально количеству культурных растений [1,2].

Аквапоника не только позволяет одновременно выращивать растения и разводить рыбу, но и качеством готовых продуктов. В будущем аквапоника позволит существенно экономить водные ресурсы и получать экологический чистый продукт. Исследование зарубежных ученых в области аквапоники подтверждает, что эти установки находят применение и являются экологически целесообразными [3].

Аквапоника представляет собой искусственную экосистему, в которой ключевыми представлены три типа живых организмов: водные животные (обычно рыбы), растения и бактерии. Такая технология экологически безопасна. Функционирует по принципу экосистемы рыб и растений: рыбы обеспечивают питание растениям, а растения очищают воду. сущность метода - в применении отходов жизнедеятельности водных животных (рыб, креветок) в качестве питательной среды для растений. Гидробионты выделяют токсичные для них самих продукты жизнедеятельности: углекислый газ, фосфорные, азотистые, калийные соединения. Накопление данных веществ в воде представляет ключевую проблему как в замкнутой индустриальном хозяйстве, так и в простом аквариуме. Эти же вещества совершенно важны в гидропонике, и их добавляют в воду для получения питательных веществ для растений. В аквапонике эта проблема решается сама собой: продукты жизнедеятельности рыб утилизируются бактериями и растениями [4].В качестве объекта выращивания в рыбоводной установке нами был выбран клариевый сом как перспективный объект с высокими скоростями роста и высокой рентабельностью. Клариевый сом неприхотлив, всеяден, быстро

адаптируется к различным условиям содержания и имеет уникальную устойчивость к дефициту кислорода. Проведенный расчет выращивания клариевого сома показал, что сом растет очень быстро (170 суток) при этом норма кормления понижается с 37 до 3% от массы тела, а затраты корма на 1 кг составляют 1,9 кг, что является наиболее выгодным при выращивании рыбы в циркуляционных установках [5].

Эксперимент по выращиванию зеленого лука из лука репчатого проводился в нескольких вариантах: лук выращивался в аквапонических установках в аквариуме с карпами кои, в бассейне с осетровыми видами рыб, в емкости с раками и в биофильтре рыбоводной установки замкнутого водоснабжения. Все эксперименты проводились на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура» при постоянной температуре 24-25^{0}С в марте 2022 года. В качестве контроля лук выращивался в дистиллированной воде, в отстоянной воде из-под крана и в земле. Экспериментальное выращивание зеленого лука в рыбоводных установках на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура» показало, что что большую массу за месяц выращивания лук набрал биофильтре УЗВ, меньшую – в отстоенной воде из-под крана. Наибольшая длина перьев зафиксирована в земле, наименьшая – в отсоенной и дистилированной воде. Прирост биомассы корня наилучший – в бассейне с осетровыми видами рыб, наихудший – в биофильтре УЗВ, что связано с сильной аэрацией.

Источники

1. Антоненко А., Щербинин Ю., Аквапоника – технология сельского хозяйства будущего; Сборник информационных материалов; – Белгород: «Департамент агропромышленного комплекса Белгородской области ОГАУ «Иновационно-консультационный центр АПК»», 2015. – 46 с

2. Aquaponics for Improved Food Security in Africa: A Review [Электронный ресурс] – URL :https://www.frontiersin. org/articles/10.3389/ fsufs.2021.705549/full (дата обращения 10.11.2022).

3. Калайда М.Л., Хамитова М.Ф., Калайда А.А., Борисова С.Д., Бабикова В.В. Элементы циркулярных технологий в аквакультуре // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2021. - №№2. - С. 76-89.

4. Калайда М.Л., Борисова С.Д. Использование аквапоники в эксплуатации малой рыбоводной установки с замкнутым циклом водообеспечения // В сборнике: Современное состояние и развитие аквакультуры: экологическое и ихтиопатологическое состояние водоемов и

объектов разведения, технологии выращивания. Материалы международной конференции. - 2020. - С. 100-103.

5. Сабирова А.Б., Борисова С.Д. Результаты выращивания листового салата в установке замкнутого цикла водоснабжения по воспроизводству рыбы // В сборнике: Водные биоресурсы и аквакультура Юга России. материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. - Кубанский государственный университет: 2020. - С. 68-70.

УДК 639.3

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ ВЫРАЩИВАНИЯ В ФЕРМЕРСКИХ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ НА БАЗЕ УЗВ

Марина Львовна Калайда, Антон Владимирович Душин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
2462110@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены критерии подходов в выборе объектов выращивания в фермерских рыбоводных хозяйствах. Показана роль аквакультуры в решении задач развития сельскохозяйственного производства. Представлена блок-схема основных критериев выбора объектов выращивания в установках замкнутого цикла.

Ключевые слова: аквакультура, установки замкнутого цикла (УЗВ), объекты выращивания, критерии выбора.

CRITERIA FOR THE SELECTION OF OBJECTS OF CULTIVATION IN FARM FISH FARMS BASED ON RAS

Marina L. Kalaida, Anton V. Dushin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
2462110@mail.ru

Abstract. The criteria for the selection of objects of cultivation in farm fish farms are considered. The role of aquaculture in solving the problems of agricultural production development is shown. A flowchart of the main criteria for selecting of objects of cultivation in recirculating aquaculture systems is presented.

Keywords: aquaculture, recirculating aquaculture systems (RAS), cultivation objects, selection criteria.

С конца прошлого столетия общий объем продукции аквакультуры значительно вырос в странах на всех континентах. Так, по данным ФАО, в 2018 году в мире было произведено около 179 млн. т рыбы, из которых 82 млн. т продукция аквакультуры. Из этого количества 156 млн.т, что соответствует 20,5 кг на человека в год, были использованы в пищевых целях человеком. Остальные 22 млн. т были использованы в не пищевой промышленности, в основном для изготовления рыбнокострной муки и рыбьего жира [1, 2].

Рост доли потребления объектов аквакультуры в структуре питания – объективная тенденция, которая связана с такими факторами, как рост численности населения на планете, сокращение уловов в морях, ориентированность на здоровый образ жизни. Развитие как мировой аквакультуры, так и региональной соответствуют научно-технологической стратегии развития России (утверждена Указом Президента России от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»):

1) Потребность в обеспечении продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, конкурентноспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе.

2) Приоритеты и перспективы научно-технологического развития Российской Федерации:

- переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания.

В этих современных условиях производство объектов аквакультуры как составная часть сельского хозяйства становится важной компонентой развития фермерства в мире.

Потребление рыбной продукции играет важную роль в общемировом обеспечении человечества продовольствием. На долю рыбной продукции (данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (ФАО)) в конце XX века соответствовало 17 % животного белка в рационе человека и только 7 % от всего объёма белка [1]. Основную место в мировой торговле принадлежит мороженой рыбе, как максимально подходящий для

хранения и транспортировки продукт, далее по объему продаж занимают ракообразные.

В развитии рыбоводства Российской Федерации выделить [3] экстенсивный и интенсивный этапы рыбоводства в естественных водоемах и этап индустриального рыбоводства, в котором максимально удобным по приемам управления процессом, является использование установок замкнутого цикла (УЗВ). Возведение и эксплуатация УЗВ дорогостоящее мероприятие, поэтому, для того чтобы рыбоводство в УЗВ приносило доход, оно должно быть эффективно организовано. Соответственно, очень важно выбрать подходящие объекты выращивания и построить хорошо функционирующую систему. В итоге, целью такого рыбоводства будет производство и продажа вкусной рыбы по максимально оправданной с позиций производства цене и одновременно стремиться к снижению себестоимости продукции.

Для реализации стратегий научно-технологического развития Российской Федерации в области высокопродуктивных и экологически чистых аквахозяйств развитие в регионах фермерских рыбоводных хозяйств является оптимальным.

Для фермеров выбор объектов выращивания практически определяет возможности развития и уровень рентабельности. Блок-схема основных критериев выбора объекта выращивания представлена на рис.1.

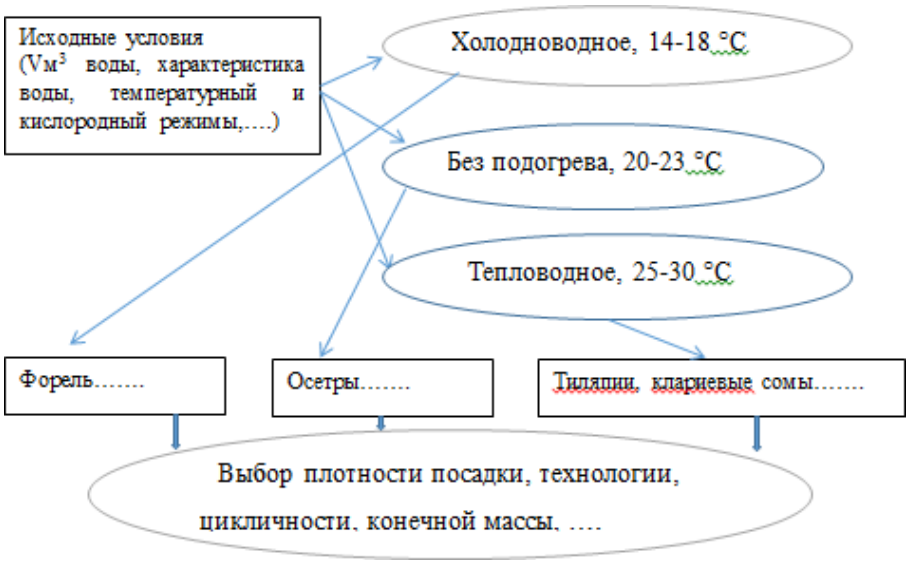


Рисунок 1- Блок-схема выращивания объектов в аквакультуре УЗВ

Из блок-схемы (рис.1) видно, что при выборе объекта выращивания становится важным не только какой биологический вид выбран [4,5], но и какой возраст объекта выбирается в качестве товарной продукции: можно

выращивать молодь для реализации другим фермерам, можно реализовывать икру как продукт, можно выращивать товарную рыбу (при этом конечная масса определяется как видом, так и технологией).

Проведенный анализ показывает, что разнообразие объектов выращивания, используемых технологических приемов позволяют расширить спектр товарного производства в фермерской аквакультуре на базе УЗВ.

Источники

1. ФАО. 2020. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим, ФАО. – 223 с.

2. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. // Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2018 - [Электронный ресурс]- URL:

http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/Состояние202018.pdf (дата обращения: 20.02.2020).

3. Калайда М.Л., Борисова С.Д., Гордеева М.Э. Теория и практика патентоведения в аквакультуре: учебное пособие/ Калайда М.Л., Борисова С.Д., Гордеева М.Э.- Казань: Отечество, 2021.- 132 с.

4. М.Л. Калайда, С.Д. Борисова, Е.С. Пиганов, Ф.А. Исмагилов, А.А. Калайда Совершенствование биотехнологии выращивания сомов (SILUROIDEA) – Silurus glanis L., Clarias gariepinus, Pangasius sutchi на водах объектов энергетики //Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2021,. №2(20).-С.39-51.

5. М.Л. Калайда, С.Д. Борисова, М.Ф. Хамитова, А.А. Калайда Воспроизводство стерляди в Поволжском регионе как сложная структурная задача развития аквакультуры //Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021, № 01 (180)/2021.- С.8-12.

УДК 574.586

РАЗВИТИЕ АКВАКУЛЬТУРЫ НА БАЗЕ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (УЗВ) КАК ЭЛЕМЕНТ ПРОДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС

Гульназ Данисовна Ибрагимова
Науч. рук. д.б.н., профессор М.Л. Калайда
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Gulnaz.ibragimova777@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) как элемент продвижения и жизнеобеспечения человека в космосе. Представлены основные составляющие УЗВ и принцип его работы. Проведено сравнение производства суточные нормы потребления искусственного мяса и натуральной рыбы в условиях космической станции. Показана перспективность аквабиотехнологий в условиях космических технологий.

Ключевые слова: космос, аквабиотехнологии, биологический фильтр, установка замкнутого водоснабжения (УЗВ), искусственная экосистема, гидробиоценоз.

DEVELOPMENT OF AQUACULTURE ON THE BASIS OF CLOSED WATER SUPPLY INSTALLATIONS AS AN ELEMENT OF HUMAN ADVANCEMENT INTO SPACE

Gulnaz D. Ibragimova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Gulnaz.ibragimova777@gmail.com

Abstract. The installations of closed water supply are considered as an element of promotion and life support of a person in space. The main components of the ultrasound and the principle of its operation are presented. A comparison of the production of daily consumption rates of artificial meat and natural fish in the conditions of the space station. The prospects of aquabiotechnology in the conditions of space technologies are shown.

Keywords: space, installation of a closed water supply system, aquabiotechnology, biological filter, artificial ecosystem, hydrobiocenosis.

На сегодняшний день на Земле проживает 7,8 миллиарда человек, исходя из динамики роста численности, рубеж в 8 миллиардов будет преодолён в 2024 году [1], при этом общая площадь суши планеты Земля остается равной 149 939 063,133 км^2. Ресурсы планеты ограниченны, количество жителей земли, которые страдают от недоедания или постоянного отсутствия доступа к продовольствию составляет по некоторым оценкам [1] 821 миллион человек. Об этом сказано в докладе Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН в 2018 году [2].

В настоящее время индустрией применяются все 89 химических элементов, содержащихся в земной коре. бесконечно возрастают темпы роста добычи полезных ископаемых [1]. исследование и проработка свежих месторождений обхватили абсолютно всю поверхностную часть

земной коры, включительно береговой шельф и дно Мирового океана. В то же время уже с половины XX века деятельно проводятся космические исследования.

При попытках создания космических станций возникает множество проблем, среди которых - продовольственное обеспечение: уже на сегодняшний день существует большое количество разработок в области обеспечения людей едой в космосе, например, разработка искусственного мяса - «синтетический бифштекс». Израильская фирма Aleph Farms впервые вырастила в космосе искусственное мясо [3]. Для производства искусственного мяса космонавты воспользовались бычьи клетки, которые были завезены с Земли. И вырастили на 3D-биопринтере небольшой участок мышечной ткани. способ базируется на естественном ходе регенерации мышечной ткани, происходящем внутри тела коровы. В декабре 2018 года фирма рассказала, что создала «полоску» стейка за две недели, но вкус мяса просит улучшения. Aleph Farms сообщают, что для производства одного килограмма искусственного мяса необходимо от 10 до 15 тыс. литров воды [3]. На одного жителя космической станции при норме потребления мяса 100 г/сут потребовалось бы 30-45 тыс. л воды в месяц.

Любая мини установка замкнутого цикла, используемая в фермерском рыбоводстве при рыбопродуктивности 100 кг/м^3 позволяет вырастить месячную норму рыбной продукции (200 г/сут) при использовании 0,06 л воды. Таким образом производство рыбы существенно экономичнее, чем производство искусственного мяса по ресурсам. Важно и то, что рыба является натуральным продуктом.

Разработка адаптированных аквабиотехнологий для космоса и замкнутых пространств актуальна [4]. По пищевым и кулинарным качествам рыба не уступает мясу, а по легкости усвоения даже превышает его, что является преимущественно немаловажным плюсом продукта. В рыбе содержится от 13 до 23% белков и от 0,1 до 33% жиров, значимость которых исключительно высока, так как они легко усваиваются [4].

Важным ресурсосберегающим фактором установки замкнутого водообеспечения (УЗВ) является рециркуляция воды. Благодаря системе циркуляции воды УЗВ заполняется однократно, а далее периодически подпитывается, причем на подпитку системы необходимо всего 4-6% воды от объема установки [5,6,7]. оборотные и рециркуляционные системы в аквакультуре представляют собой трудоемкие по составу комплексы, включающие отделы выращивания рыбы и участки жизнеобеспечения. Это позволяет неоднократно пользоваться одним из важнейших ресурсов земли

– водой, что заслуживает специальную значимость в условиях изучения космического пространства [6,8].

Требуемое характер воды в УЗВ обеспечивается работой биофильтров, в которых формируется гидробиоценозы, приспособленный к чистке вод в системе. Остатки корма и экскременты основывают нагрузку на биологические фильтры. Особое внимание уделяется азотосодержащим отходам. исследование специфики гидробиоценозов биофильтров позволяет расценивать качество чистки вод. Индикаторной категорией является перифитон, формирующийся на элементах загрузки биофильтра [5]. В литературе зафиксировано [5], что в биофильтре УЗВ вырабатывается замысловатый гидробиоценоз, который в экспериментальной УЗВ кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура на сегодняшний день охватывает 17 видов и форм организмов перифитона: инфузории (Euplotes moebiusi f. quadricirratus, Paramecium caudatum, Tetrahymena pyriformis, Trachelophyllum pusillum, Stentor roeseli, Aspidisca costata, Hemiophrys fusidens, Opercularia curvicaula, Vorticella nutans), олигохеты (Aelosoma variegatum, Aelosoma hemprichi, Dero dorsalis, Pristina auquiseta), коловратки (Rotaria elongate, Lecane luna, Conochiloides natans, Lecane bulla), но исследование организмов длится и реестр видового многообразия увеличивается произведенное исследование показывает, что УЗВ является не только аппаратом изготовления продукции для потребления, но и искусственной водной экосистемой – частичкой естественного комплекса вселенной при переносе схемы на остальные планеты.

Требуемое качество воды в УЗВ обеспечивается произведением биофильтров, в которых вырабатываются гидробиоценозы, способные к очистке вод в системе. останки корма и экскременты основывают нагрузку на биологические фильтры.

Источники

1. Терраформирование [Электронный ресурс] - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Терраформирование (дата обращения 07.11.2022).

2. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. // Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2018 - [Электронный ресурс]- URL:

http://aquacultura.org/upload/files/pdf/library/fao/Состояние202018.pdf (дата обращения: 20.02.2020).

3. В космосе впервые вырастили искусственное мясо // ТАСС Наука – [Электронный ресурс] - URL: https://nauka.tass.ru/nauka/6978064 (дата обращения: 07.11.2022).

4. Калайда М.Л., Ибрагимова Г.Д. АКВАКУЛЬТУРА КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ // Международной молодежной научной конференции Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация». - Казань: 2022. - С. 516-519.

5. Калайда М.Л., Бабикова В.В. Исследование изменения биообрастаний в биофильтрах малых установок с замкнутым циклом водоснабжения.- Тинчуринские чтения 2021 – «Энергетика и цифровая трансформация. В 3 т. Т.2. Теплоэнергетика: матер. Междун. Молод. Науч. Конф. (Казань, 28-30 апреля 2021 г.)/ под общ.ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова.- Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – С.420-424.

6. Marina Kalaida, Madina Khamitova, Andrey Kalaida, Svetlana Borisova, Valeria Babikova. Elements of circular technologies in aquaculture on the waters of energy facilities E3S Web of Conferences 288, 01048 (2021) SUSE-2021 https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801048

7. М.Л. Калайда, С.Д. Борисова, Е.С. Пиганов, Ф.А. Исмагилов, А.А. Калайда Совершенствование биотехнологии выращивания сомов (SILUROIDEA) – Silurus glanis L., Clarias gariepinus, Pangasius sutchi на водах объектов энергетики //Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2021,. №2(20).-С.39-51.

8. М.Л. Калайда, С.Д. Борисова, М.Ф. Хамитова, А.А. Калайда Воспроизводство стерляди в Поволжском регионе как сложная структурная задача развития аквакультуры //Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021, № 01 (180)/2021.- С.8-12.

УДК 639.51

ИЗМЕНЕНИЕ МАССЫ ТЕЛА КРАСНОКЛЕШНЕВЫХ РАКОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Фархад Азатович Исмагилов
Науч. рук., д.б.н., профессор М.Л. Калайда
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
f9033422551@yandex.ru

Аннотация. В работе рассмотрены особенности весового роста австралийских красноклешневых раков при разной температуре. Приведены данные по изменению

весового роста в связи с линьками раков. Отмечена разница в росте у самок и самцов раков. Рассчитано количество градусодней между линьками у разных особей раков по данным непосредственных наблюдений.

Ключевые слова: аквакультура, австралийский красноклешневый рак, температура, весовой рост, линьки, градусодни.

CHANGE IN BODY MASS OF RED-CLAW CANCERS AT A TEMPERATURE CHANGE

Farhad A. Ismagilov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
f9033422551@yandex.ru

Abstract. The article considers peculiarities of weight growth of Australian red-clawed cancers at different temperatures. Data on the change of weight growth due to molting of crayfish are given. There is a difference in growth in females and males of cancers. The number of degrees between molts in different cancers has been calculated according to direct observations.

Keywords: aquaculture, Australian red claw cancer, temperature, weight growth, molts, degrees.

Мировой современной тенденцией является не только рост потребления рыбопродукции, но и увеличение в его объёме доли аквакультуры. На сегодняшний день продукция, произведенная от аквакультуры, уже приближается к половине объёма от всей рыбной продукции с ежегодными темпами увеличения на 7-10 % [1].

В условиях экологического кризиса все глубже обостряются противоречия между растущими потребностями человечества в обеспечении продуктами питания и неспособностью биосферы воспроизводить живые организмы в необходимом количестве, сохраняя свою устойчивость [2]. Для решения этой экологической проблемы и снабжения населения продовольствием особую актуальность приобретают объекты аквакультуры, имеющие высокие темпы роста. В частности, к таким объектам относятся теплолюбивые виды гидробионтов [3,4].

Австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus (*Von Martens, 1868) является одним из перспективных видов для культивирования. Он имеет быстрые темпы роста, по сравнению с представителями ракообразных нашей полосы – узкопалым и широкопалым раками. Климатические условия Австралии обусловили

температурный диапазон существования данного вида. Комфортная температура для жизнедеятельности раков находит в диапазоне от 23^{0}С до 31^{0}С. Предельной для жизни является температура ниже 10^{0}С и выше 36^{0}С [3,5].

На базе кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «КГЭУ» проводились исследования по определению весового роста раков при изменениях температуры с использованием лабораторных электронных весов: AND EK – 6100i и электронных весов: Polaris PKS 0538 DM.. Объектами исследований являлись особи австралийских раков всех возрастных групп, выращенные в установке замкнутого цикла. В данной работе проведен анализ характеристик весового роста и линек раков возрастом от 6 месяцев до одного года (рис. 1).

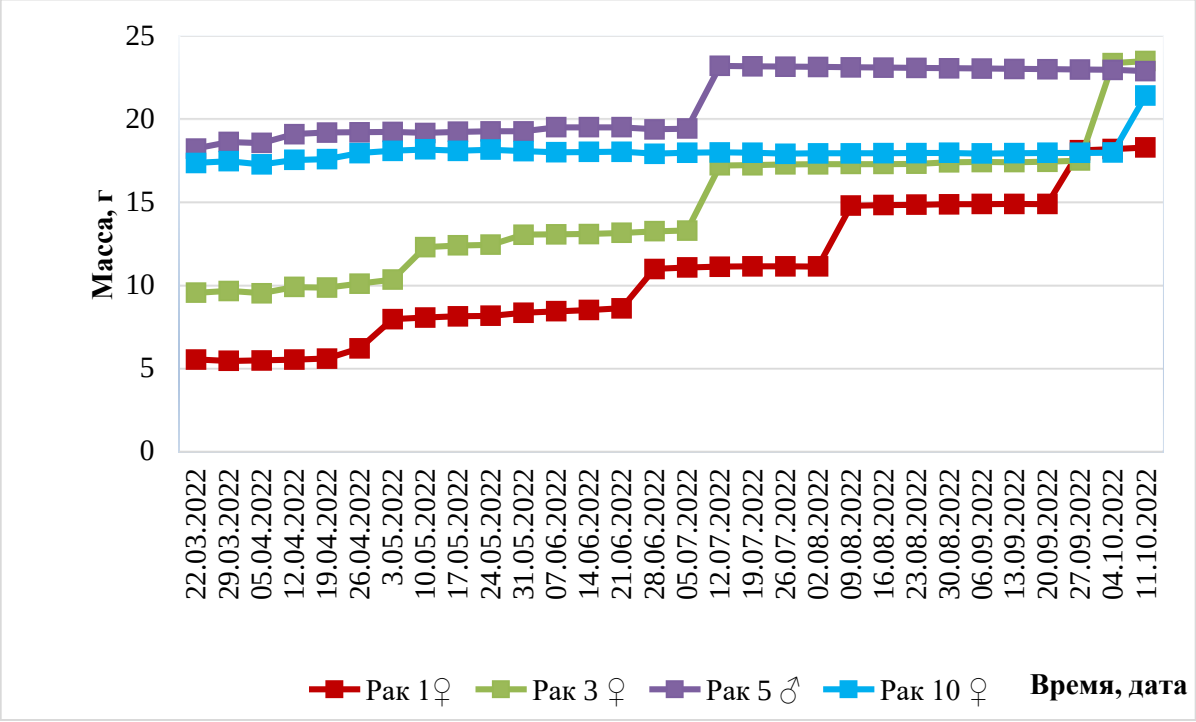


Рис. 1. Изменение массы раков по данным непосредственных наблюдений

Анализ весового роста показал, что уже на первом году жизни выявляются быстро растущие особи – до 50 г при сохранении в популяции мелких раков – около 3-10 г. На рис.1 скачкообразное изменение массы тела раков связанно с линьками, происходящими у раков при накоплении массы тела. За период выращивания рак 1 полинял четыре раза, рак 3 полинял три раза, а раки 5 и 10 полиняли за это же время по одному разу. Все раки имели одинаковый возраст и являются раками одного помета.

В таблице 1 представлены время линек раков за экспериментальный период выращивания, количество градусодней от начала выращивания и между линьками.

Таблица 1

Количество градусодней между линьками красноклешневых раков

Красноклешневые раки, №	Пол	Даты линек	Кол-во дней выращивания	Кол-во градусодней до линьки
1	♀	26.04.2022	35	772,3
		21.06.2022	56	1253,7
		3.08.2022	43	1025,0
		21.09.2022	49	1185,1
3	♀	3.05.2022	42	840,7
		5.07.2022	63	1446,8
		27.09.2022	84	1993,5
10	♀	4.10.2022	196	4505,3
5	♂	5.07.2022	105	2355,0
Всего дней эксперимента		22.03-11.10.2022	203	4662,1

Проведенное исследование выявило, что за 7 месяцев раки линяли от 1 до 4 раз. Количество градусодней между линьками варьировало от 1025,0 до 4505,3. При разной начальной массе к концу эксперимента раки имели массу около 23 г.

Источники

1. Ашарин В. Объемы производства аквакультуры в России будут расти вслед за мировыми тенден-циями // Сфера: Рыба. – 2017. – № 1 (18). – С. 40–42.

2. Калайда, М. Л. Водные биологические ресурсы в структуре экологических проблем энергетических объектов / М. Л. Калайда, А. Р.

Саетов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 175-185. – DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-2-175-185. – EDN WLOBWL.

3. Калайда М.Л. Некоторые особенности выращивания ракообразных в аквабиотехнологиях на водах объектов энергетики / Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии / М.Л. Калайда, М.Ф. Хамитова, С.Д. Борисова, Ф.А. Исмагилов. – №3(21) 2021. – С. 9-21. ISSN 2542-0283.

4. Калайда М.Л., Исмагилов Ф.А. Некоторые биологические особенности пангасиуса в условиях установки замкнутого цикла водообеспечения.- Тинчуринские чтения 2021 – «Энергетика и цифровая трансформация. В 3 т. Т.2. Теплоэнергетика: матер. Междун. Молод. Науч. Конф. (Казань, 28-30 апреля 2021 г.)/ под общ.ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова.- Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – С.426-429.

5. Калайда М.Л., Борисова С.Д., Хамитова М.Ф. Эколого-биологические особенности речных раков в современных условиях Куйбышевского водохранилища //Рыбоводство и рыбное хозяйство, № 4/2021, С. 41-56. DOI 10.33920/sel-09-2104-04.

УДК 639.3.05

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТОВАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Андрей Андреевич Калайда
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
charict131@gmail.com

Аннотация. В статье показана динамика развития отрасли рыбного хозяйства и сектора аквакультуры в мире и в России. Показана тенденция на увеличение доли рыб, способных дышать атмосферным воздухом. Рассмотрена динамика производства нильской тиляпии и африканского клариевого сома в Европе, как в наиболее климатически близком к России регионе. Описаны перспективы развития товарной тепловодной аквакультуры на базе объектов энергетики в России.

Ключевые слова: рыбное хозяйство, аквакультура, рыбы способные дышать атмосферным воздухом, нильская тиляпия, африканский клариевый сом.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE COMMERCIAL PRODUCTION OF WARM-WATER AQUACULTURE IN THE RUSSIAN FEDERATION

Andrei A. Kalaida
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
charict131@gmail.com

Abstract. The article shows the dynamics of the development of the fisheries industry and the aquaculture sector in the world and in Russia. A trend towards an increase in the proportion of fish capable of breathing atmospheric air is shown. The dynamics of the production of Nile tilapia and African catfish in Europe, as in the region closest to Russia climatically, is considered. The prospects for the development of commercial warm-water aquaculture on the basis of energy facilities in Russia are described.

Keywords: fisheries, aquaculture, air-breathing fish, Nile tilapia, African catfish.

Общая мировая продукция рыбного хозяйства по данным на 2019 г. [1] составила 177,8 млн. т и снизилась на менее чем 1% по сравнению с предыдущим. Вылов продукции составил 92,5 млн. т и сократился на 4,3%, тогда как продукция аквакультуры составила 85,3 млн. т. Эти данные подтверждают, что тренд на сокращение вылова продукции из естественных водоемов и рост доли и объема аквакультуры в рыбном хозяйстве продолжается.

Россия занимает 4 место в мире по уловам рыбохозяйственной продукции (5,4% мирового), но не входит в список 10 стран с наибольшей продукцией аквакультуры, которые ответственны за производство 88,4% мировой аквакультуры [2]. По усредненным за период 2005-2020 г. данным по продукции аквакультуры внутренних вод Россия занимает 14 место в мире с объемом в 189 тыс. т [3].

Африканский клариевый сом – один из перспективных объектов современной аквакультуры. Данный вид имеет ряд биологических особенностей, которые обуславливают его значительный потенциал как объекта аквакультуры для товарного выращивания. Африканский клариевый сом относится к рыбам, способным дышать атмосферным воздухом [4]. Доля подобных рыб в мировой аквакультуре была стабильно ниже 3% от общего объема вплоть до середины 2000-ых, когда их представленность начала расти и на данный момент составляет 13% (6,2 млн. т). 83,9% культивируемых рыб, способных дышать атмосферным воздухом, это представители 3 семейств: 47% *Pangasiidae* (например,

полосатый сом, Pangasianodon hypophthalmus), 26.5% *Clariidae* (Африканский клариевый сом, Clarias gariepinus) и 10.5% *Channidae* (змееголов, Channa argus) [5].

Африканский клариевый сом и нильская тиляпия – одни из наиболее распространенных объектов тепловодной аквакультуры. На Рисунке 1 представлены объемы производства нильской тиляпии и африканского клариевого сома в странах Европы по [6].

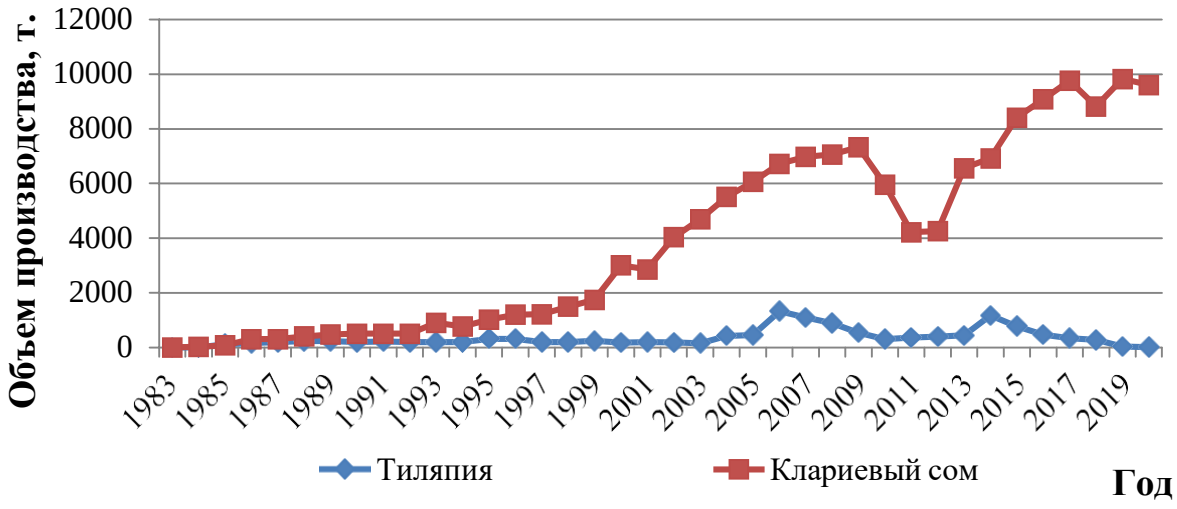


Рис.1. Объемы производства тиляпии и клариевого сома в Европе за 1983-2020 г по [6].

Из приведенных данных видно, что несмотря на почти одновременный запуск первых производств в Европе (1984 г клариевого сома и 1985 г тиляпии), клариевый сом получил большее распространение и является более массовым в секторе аквакультуры Европы. Кроме того, последние 8 лет европейское производство тиляпии заметно падает, тогда как производство клариевого сома остается за этот промежуток времени заметно выросло.

Наиболее перспективным и динамично развивающимся вариантом культивирования клариевого сома для России является товарное выращивание в малых и средних хозяйствах на базе установок с замкнутым водооборотом. Кроме того, развитая энергетическая инфраструктура России и значительное количество объектов энергетики, использующих в технологическом цикле воду для охлаждения, являются оптимальной базой для развития высокоинтенсивных тепловодных аквакультурных хозяйств, для которых клариевый сом является актуальным объектом.

Источники

1. FAO. 2021. FAO Yearbook. 2021. 110p.

2. FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2006. FAO, 2008. 57p.

3. FAO.2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.fao.org/3/cc0461en /online/sofia/2022/aquaculture-production.html

4. FAO 2022. Clarias gariepinus. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Pouomogne, V.. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. [CitedSunday, August 21st 2022].

5. ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://doi.org/10.4060/ca9229ru Рим: ФАО. - 2020. - 223с. (Стр. 30. Табл.8)

6. FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2020 (FishStatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2022. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj /en

УДК 639.3

СОСТАВ ИХТИОФАУНЫ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА УЧАСТКЕ В РАЙОНЕ РЫБНОЙ СЛОБОДЫ

Марина Львовна Калайда, Олеся Юрьевна Караганова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика
Татарстанkalayda4@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ состояния биоресурсов Куйбышевского водохранилища на участке в районе Рыбной слободы. Показаны тенденции в изменении уловов ценных видов рыб - судака, щуки, сома и сазана. Отмечены факторы, наиболее влияющие в настоящее время на состояние экосистемы водохранилища.

Ключевые слова: Куйбышевское водохранилище, Волго-Камский плес, уловы, лещ, судак, щука, сом.

COMPOSITION OF THE ICHTHYOFAUNA OF THE KUIBYSHEV RESERVOIR ON THE SITE IN THE AREA OF RYBNAYA SLOBODA

Marina L. Kalaida, Olesya Yu. Karaganova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
kalayda4@mail.ru

Abstract. The article analyzes the state of bioresources of the Kuibyshev reservoir in the area near Rybnaya Sloboda. Tendencies in changes in the catches of valuable fish species - zander, pike, catfish and carp are shown. The factors that most currently affect the state of the reservoir ecosystem are noted.

Keywords: kuibyshev reservoir, Volga-Kama reach, catches, bream, pike perch, pike, catfish.

Куйбышевское водохранилище является крупнейшим в Европе. Его площадь составляет 6450 км^2 [1, 2]. Емкость водохранилища при НПУ составляет 58 км^3, а площадь 590 тыс.га. Водохранилище является водоемом высшей категории. Ширина водохранилища в районе слияния Волги и Камы составляет до 40 км. Длина береговой линии - около 2130 км. Глубина водохранилища достигает 9 м. Куйбышевское водохранилище состоит из ряда плесов. Анализируемый участок расположен в Волго-Камском плесе.

До зарегулирования уловы в реке Волга менялись от 1350 до 1910 тонн [2]. Максимальные уловы в водоемах Татарстана до образования Куйбышевского водохранилища приходятся на начало 30-х годов XX столетия – 2020 (1932 г.) – 2300 тонн (1933 г.). В настоящий период уловы составляют около 3438,1 т (2017 г.) – 4196,8 т (2014 г.) [3]. Уловы на участке в районе Рыбной слободы в Куйбышевском водохранилище представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уловы в Куйбышевском водохранилище в пределах Республики Татарстан и на участке в районе Рыбной слободы

Вид	2017 г.		2020 г.		2021 г.	
	квота	вылов	квота	вылов	квота	вылов
стерлядь	-		-		-	
лещ	67,971	67,971	85,981	58,631	86,063	60,836

судак	20,812	14,486	26,67	19,789	26,912	22,179
щука	3,864	3,864	7,253	7,253	7,501	7,501
сом	1,495	0,427	2,179	1,400	2,206	2,206
сазан	2,098	1,785	4,563	4,399	5,018	4,994
налим	1,000	1,000	1,000	0,972	1,000	1,000
жерех	1,500	1,500	2,000	1,866	2,000	1,992
язь	1,000	1,000	0,500	0,486	0,500	0,500
чехонь	2,000	1,625	1,500	1,431	1,500	1,481
синец	17,000	11,986	17,000	16,045	17,000	14,557
плотва	16,000	16,000	18,000	17,998	20,000	19,608
карась	5,000	5,000	6,500	6,496	7,000	6,960
густера	35,000	35,000	35,000	34,118	35,000	34,475
берш	5,000	5,000	5,000	5,000	5,400	5,385
окунь	3,000	3,000	2,500	2,431	3,000	3,000
белоглазка	3,000	3,000	-		-	
тюлька	0,500	0,135	0,500	0,389	0,500	0,405
Всего	186,240	172,779	216,146	178,704	220,600	187,079

Рассматривая ценные пароды рыб, ноблюдается положительная динамика в отношении вылова судака, щуки, сома и сазана. Соотношение ценных видов и малоценных (не квотируемых) представлено на рис.1.

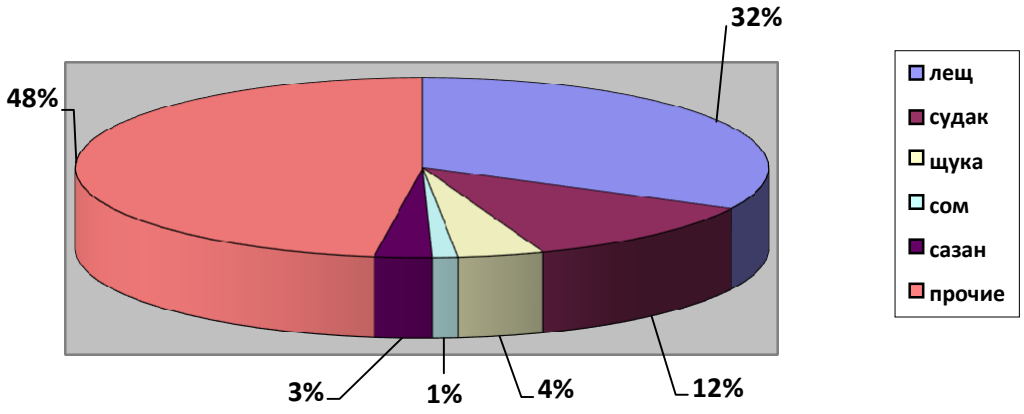


Рис.1 Соотношение рыб в фактических уловах в Куйбышевском водохранилище на участке в районе Рыбной слободы в 2021 г.

Необходимо отметить, что при планировании уловов рыбы в Кубышевском водохранилище основное внимание уделялось лещу

(планировалось 30% в уловах), сазану (планировалось 15% в уловах), судаку (планировалось 10% в уловах), щуке (планировалось 8% в уловах) и осетровым (планировалось 2% в уловах) [2]. На остальные виды должно было приходиться 30% уловов. Как видно из данных, приведенных на рис.1 в настоящее время леща и судака ловится больше, чем планировалось – соответственно, 33% и 12%. Сазана и щуки – соответственно, 3% и 4%. До зарегулирования р. Волга, говоря о рыбах внутренних водоемов, Дрягин П.А. [4] не указывает сома обыкновенного (*Silurus glanis L.*) в сводке промысловых рыб, а Кожин Н.И. [5] относит его не к хозяйственно-ценным породам рыб, а к хищным рыбам «безусловно подлежащим уничтожению». Это было связано с его малочисленностью. Он был редким и ловился единичными экземплярами не только в верхневолжских водохранилищах (Рыбинское, Угличское), но и в Средней Волге, в зоне затопления Куйбышевского водохранилища, где уловы варьировали перед затоплением от 1,58 до 4,48 т. [6]. В настоящее время в связи с изменением условий существования рыб, а именно с гидростроительством [7], соотношением рыб в уловах, сом стал более ценным как объект промысла [8].

В решении задач увеличения уловов ценных видов рыб возрастает роль аквакультуры.

Источники

1. Водохранилища мира. - М.: Наука, 1979.- 287 с.

2. Калайда М.Л. История и перспективы развития рыбного хозяйства Татарстана.- Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2001.- 96 с.

3. Калайда М.Л. Современное состояние и задачи развития аквакультуры в Республике Татарстан/ Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы национальной научно-практической конференции, Саратов, 4-5 октября 2016 г..- Саратов: изд. «Научная книга»,2016.-С.38-45.

4. Дрягин П.А. Рыбы внутренних водоемов СССР.-Справочник по рыбному хозяйству малых водоемов.-М.-Л.: Гос.издательство ОГИЗ.-1934.-С.20-51.

5. Кожин Н.И. Основные принципы рационального озерного рыбного хозяйства.- Справочник по рыбному хозяйству малых водоемов.-М.-Л.: Гос.издательство ОГИЗ.-1934.-С.52-79

6. Гайниев С.С. Рыбохозяйственное значение и некоторые аспекты биологии сома Куйбышевского водохранилища.- Биология и экология рыб Куйбышевского водохранилища.- Ученые записки.-Т.XX, вып.2.-Ульяновск: Приволжское книжное изд-во, 1966.-С.59-68.

7. Калайда М.Л., Саетов А.Р. Водные биологические ресурсы в структуре экологических проблем энергетических объектов/*Проблемы энергетики*, 2022, т.24, №2.- С.175-185.

8. М.Л. Калайда, С.Д. Борисова, Е.С. Пиганов, Ф.А. Исмагилов, А.А. Калайда Совершенствование биотехнологии выращивания сомов (SILUROIDEA) – Silurus glanis L., Clarias gariepinus, Pangasius sutchi на водах объектов энергетики //*Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии.* 2021,. №2(20).-С.39-51.

УДК 639.3

ВОДОЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАК ФОНД ФЕРМЕРСКИХ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Марина Львовна Калайда, Дмитрий Вячеславович Пенкин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
kalayda4@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ современного производства товарной рыбы в аквакультурных хозяйствах Республики Татарстан. Показана роль водоемов комплексного назначения в перспективном увеличении производства прудовой рыбы в регионе.

Ключевые слова: Республика Татарстан, прудовые и индустриальные рыбоводные хозяйства, карп, осетровые рыбы, клариевый сом, водоемы комплексного назначения.

RESERVOIRS OF COMPLEX PURPOSE AS A FUND OF FARM FISH FARMS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Marina L. Kalaida, Dmitry V. Penkin
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
kalayda4@mail.ru

Abstract. The article analyzes the modern production of marketable fish in aquaculture farms of the Republic of Tatarstan. The role of reservoirs of complex purpose in the prospective increase in the production of pond fish in the region is shown.

Keywords: Republic of Tatarstan, pond and industrial fish farms, carp, sturgeon, clariid catfish, reservoirs for complex purposes**.**

В настоящее время рыбное хозяйство Республики Татарстан базируется на результатах пастбищной аквакультуры на крупных водохранилищах – Куйбышевском и Нижнекамском и выращивании рыбы в рыбоводных хозяйствах. Если уловы составляют около 3438,1 т (2017 г.) – 4196,8 т (2014 г.) [1], то по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан производство товарной рыбы составило в 2020 г. 287,7 т и рыбопосадочного материала 271,2 т.

В республике производством рыбы занимаются:

✓ Прудовые хозяйства (ООО «Арский рыбхоз», ООО «Кайбицкий рыбхоз», ООО «Рыбхоз Дымка», ОАО «Рыбхоз Ушня», КФХ «Ахметсафин Э.Р.;

✓ Хозяйства индустриального типа на базе установок замкнутого цикла: ООО «Биосфера-Фиш», ООО Икорный Дом «Дары Волги», ООО «Клариус», КФХ Мухаметзянов Р.Г, РВХ Батыршин И.И;

Соотношение выращиваемых в республике рыб представлено на рис.1.

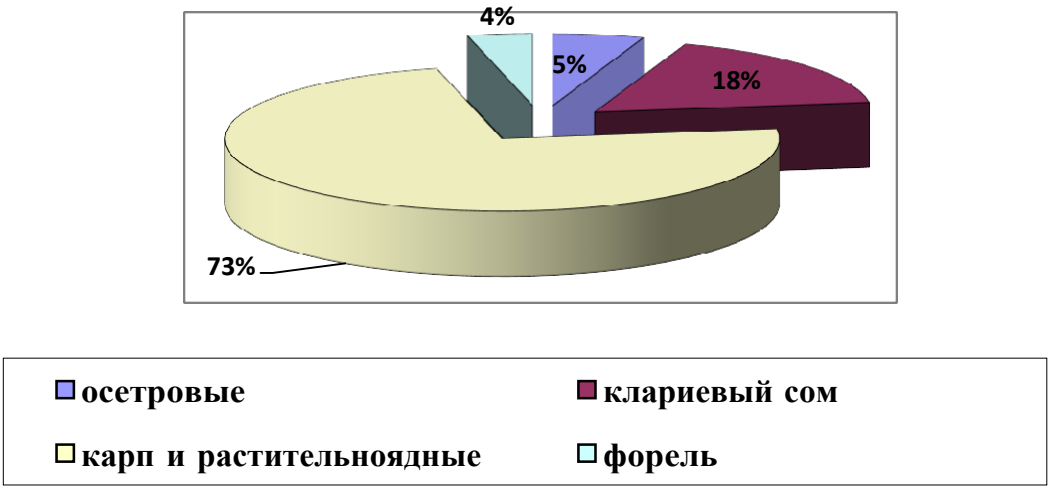


Рис.1. Соотношение (%) рыб, выращиваемых в аквакультурных хозяйствах Республики Татарстан

Увеличение производства рыбы в регионе может быть связано с развитием рыбоводных хозяйств на базе водоемов комплексного назначения (ВКН). Эти водоемы явились альтернативой мельничным прудам, исчезнувшим в связи с гидростроительством [2]. В настоящее время в Республике Татарстан имеются около 650 мелиоративных водоемов общей площадью около 10тыс.га. Основу водного фонда ВКН составляют водоемы средней площадью водного зеркала 21 га,

построенные в 1980-1990-е годы. Водоемы имеют в основном противоэрозионное и противопожарное назначение.

Водоемы комплексного назначения представляют собой водохранилища различной площади и характера водообеспечения, используемые в первую очередь для ирригации, энергетики, а также для коммунального и рыбного хозяйства, обеспечения водой промышленных предприятий, водного транспорта, курортов и домов отдыха, для целей заповедного дела, охоты и любительского рыболовства.

Эффективность рыбохозяйственного использования таких водоемов зависит от их типа, хозяйственного назначения, гидрологического и гидробиологического режимов, температурных условий, площади водосбора и др. Однако промышленное получение рыбы из этих водоемов возможно лишь при вселении на нагул молоди рыб, имеющих высокий рыбоводный коэффициент выживания [3, 4].

В результате проведенной типизации ВКН [5,6] были выделены 5 типов водоемов по генезису: овражно-балочный, русловой, пойменный, карьерный и копани. Наиболее распространенными являлись овражно-балочные, русловые и пойменные водоемы площадью водного зеркала от 10 до 50 га. Более 60 % ВКН общей площадью около 3 тыс. га являлись пригодными для выращивания рыбы.

Особенности естественной кормовой базы малых ВКН и их экологическое состояние позволяют их широко использовать не только как нагульные водоемы, но и в целях воспроизводства рыб для зарыбления водохранилищ.

Источники

1. Калайда, М.Л. Задачи развития аквакультуры в Республике Татарстан на современном этапе / М.Л.Калайда // Рыбоводство и рыбное хозяйство.- 2017.-№8 (139)/2017.- С.7-16

2. Калайда, М.Л. История и перспективы развития рыбного хозяйства Татарстана.- Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2001.- 96 с.

3. Рыбоводство в водоемах комплексного назначения // Гипрорыбхоз [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://rybpro.ru/index.php?menu=ryb_vod_compдата обращения - 20.12.2021

4. Субботина Ю.М. Унифицированная классификация водоемов комплексного назначения // Ученые записки Российского Государственного Социального Университета. № 5 (68). 2009 С.109-123

5. Калайда М.Л. Биологическое и технологическое обоснование рыбохозяйственного использования колхозных и совхозных водоемов

комплексного назначения (на примере Татарской ССР) : дис. канд.с-х. наук: 06.02.04 / Калайда Марина Львовна ; Москва, 1983. – 249.

6. Калайда М.Л. Водоемы комплексного назначения как основа рыбного хозяйства в Среднем Поволжье // Проблемы развития рыбного хозяйства в аридных регионах.-М.: Изд-во «Современные тетради», 2001. – С.32-37.

УДК 639.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МИКРОЧИПОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РОСТА КЛАРИЕВЫХ СОМОВ

Марина Львовна Калайда, Евгений Сергеевич Пиганов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
kalayda4@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности температур и содержания кислорода в воде бассейнов установки замкнутого цикла (УЗВ) в условиях проточности и отсутствия проточности при содержании клариевых сомов. Показано, что электронное мечение – чипиролвание позволяет эффективно проводить индивидуальный контроль роста рыб. Отмечен высокий темп роста клариевых сомов при разных температурных режимах.

Ключевые слова: установка замкнутого цикла, клариевый сом, чипирование, температура, содержание кислорода, рост.

THE USE OF ELECTRONIC MICROCHIPS TO CONTROL THE GROWTH OF NUTMEG CATFISH

Marina L. Kalaida, Evgeny S. Piganov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
kalayda4@mail.ru

Abstract. The features of temperatures and oxygen content in the water of the pools of a closed-cycle installation are considered in the conditions of flow and lack of flow with the content of clarium catfish. It is shown that electronic tagging – chipirolvanie allows for effective individual control of fish growth. A high growth rate of clary catfish was noted at different temperature conditions.

Keywords: closed-loop installation, clarium catfish, chipping, temperature, oxygen content, growth.

Выращивание клариевого сома проводят по разным технологиям: прудовой - в южных регионах; бассейновой, в установках замкнутого цикла, поддерживая температуру воды выше 20 °С - в соответствии с приемами, принятыми в индустриальной аквакультуре [1, 2]. Биологические особенности клариевого сома делают его одним из перспективных объектов культивирования в установках замкнутого водоснабжения и на теплых водах объектов энергетики [3, 4]. Он имеет высокую скорость роста (время выращивания от личинки до товарной массы 1200 г составляет 6 месяцев), может выращиваться при высоких плотностях посадки (до 500кг/м3) [5].

Нижней границей температуры выживания *Clarias anguillaris* является 13 ^{o}С. По сравнению с *Clarias gariepinus*, нильский сом способен выдержать более высокие температуры, и ещё более неприхотлив в питании. Оптимальная температура для *Clarias gariepinus* - 25-30°С, при температуре в 17-19°С он перестает питаться, погибает при длительном пребывании в воде с температурой 14-15°С, но выдерживает недолгое снижение до 5°С [6].

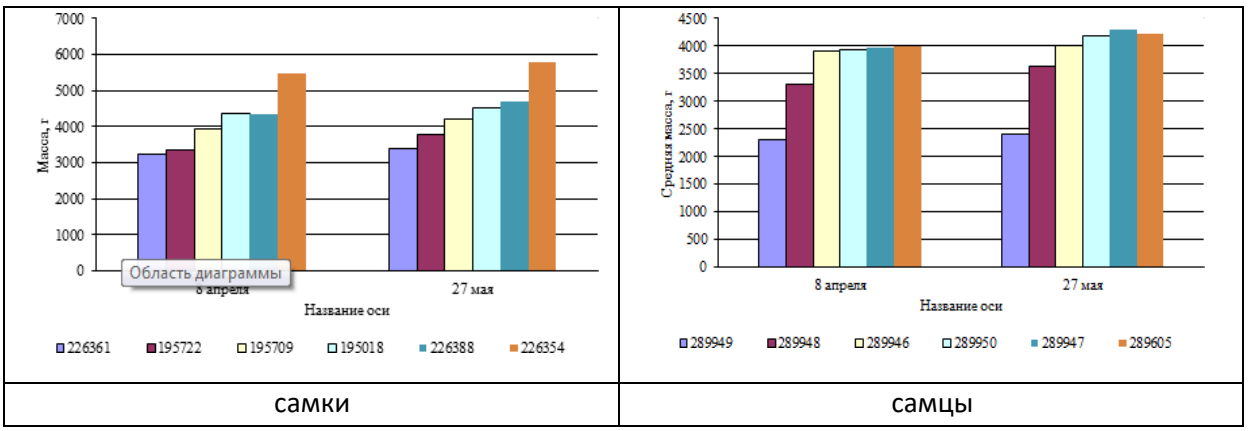
Эксперименты по выращиванию клариевого сома проводились на кафедре «Водные биоресурсы и аквакультура» [6, 7]. Были отобраны группы одновозрастных сомов, которые содержались в условиях проточности и без нее. Для возможности контроля индивидуальных показателей роста и состояния рыб использовано электронное мечение. Чипирование рыб с помощью электронного мечения (маркировки) является современным и точным методом их идентификации. Чип доступен для сканирования специальным сканирующим прибором сразу после вживления рыбе (рис.1).

Рисунок 1. Введение электронного микрочипа с помощью стерильного одноразового шприца

В результате проведенных исследований выявлено, что температура воды в бассейне без проточности с января по май изменялась от 20,1 до 28,6 °С. Размах вариационного ряда составил 8,5 °С. Средняя температура воды в бассейне составила с января по июнь 23,25±0,92°С, при оптимальной температуре воды для клариевого сома 25-30°С. Концентрация растворенного кислорода поддерживалась на уровне 6,35±0,38 мг/л или 72,87±3,97% насыщения. В бассейне с проточностью температура воды с января по май изменялась от 20,1 до 23,3 °С. Размах вариационного ряда составил 3,2 °С, что в 2,7 раза меньше по сравнению с бассейном №1 – клариевых сомов без проточности. Средняя температура воды в бассейне составила с января по июнь 22,21±0,33°С. Концентрация растворенного кислорода изменялась от 3,5 до 4,8 мг/л, средняя концентрация растворенного кислорода в воде составила 4,15±0,15 мг/л или 47,66±1,47 % насыщения. Такие значения содержания кислорода в воде связаны с отсутствием аэрации, которая не осуществлялась в связи с особенностями дыхательной системы сомов.

Кроме того, при работе УЗВ были созданы условия работы установки в режиме замкнутого цикла в рабочее время и отключения на ночь. Поскольку режим кормления определяет колебания метаболитов в воде, то представляет интерес изменение характеристик воды в течение суток. Были проведены суточные измерения основных физико-химических показателей. По результатам проведенных замеров было выявлено, что температура воды в бассейне изменялась от 20,26 до 20,63°С, среднее значение составило 20,50±0,01 °С. Коэффициент вариации 0,47%.

Проведенное исследование роста рыб с электронными метками выявило, что при всех температурных режимах отмечается высокий темп роста как у самок, так и у самцов (рис. 2).



самки | самцы

Рисунок 2. Изменение массы чипированных *Clarias gariepinus* (в легенде номера чипов)

Использование электронных меток позволяет не только контролировать приросты рыб, но и оценивать рыб как производителей. Как показали наши исследования, клариевый сом – один из наиболее эффективных объектов современной индустриальной аквакультуры, способный интенсивно расти в условиях значительного диапазона параметров среды.

Источники

1. Подушка С.Б. Клариевый сом и его использование в рыбоводстве // Состояние и перспективы развития фермерского рыбоводства аридной зоны. Ростов н /Д., 2006. С. 71–74.

2. Калайда М.Л., Пиганов Е.С., Калайда А.А. Биологические особенности клариевого сома Clarias gariepinus при задачах искусственного воспроизводства.- Современное состояние и развитие аквакультуры: экологическое и ихтиопатологическое состояние водоемов и объектов разведения, технологии выращивания: материалы международной конференции, г. Новосибирск, 11-13 ноября 2020 г. / под ред. Е. В. Пищенко, И. В. Морузи. – Новосибирск: НГАУ. – 2020. – 240с. 97- 100

3. Калайда М.Л., Саетов А.Р. Водные биологические ресурсы в структуре экологических проблем энергетических объектов/Проблемы энергетики, 2022, т.24, №2.- С.175-185.

4. Калайда М.Л., Гордеева М.Э. Абиотические факторы среды в классификации вод объектов энергетики для задач аквакультуры // *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2021. Т. 4 № 2, С. 31-39.

5. Хрусталев Е.И., Молчанова К.А., Курапова Т.М., Савина Л.В. Биотехнологические аспекты выращивания клариевого сома в УЗВ в условиях калининградской области // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПКпродукты здорового питания, № 3, 2020. – С.99-106

6. Калайда М.Л., Пиганов Е.С. Калайда А.А., Хамитова М.Ф. Клариевый сом *clarias gariepinus* при задачах искусственного воспроизводства. Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации: материалы 5 национальной научно-практической конференции, Калининград – 22-23 октября 2020 г./ Саратовский ГАУ. – 5 с.

7. Калайда М.Л., Борисова С.Д., Пиганов Е.С., Исмагилов Ф.А., Калайда А.А. Совершенствование биотехнологии выращивания сомов(*Siluroidea*) – *Silurus GlanisL., Clarias Gariepinus, Pangasius Sutchi на*

водах объектов энергетики Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии//п. Майский ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ// Выпуск 2 (20)2021 г. – 5 с.

УДК 639 371/374

НИЛЬСКАЯ ТИЛЯПИЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Александра Васильевна Платонова
Науч. рук. канд. биол. наук М.Ф. Хамитова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
platonovasasa047@gmail.com

Аннотация. Представлены данные по биологии представителей семейства Cichlidae, специфике репродуктивного процесса тиляпий, как представителей с наибольшей практической значимостью, а также их ощутимой роли в мировом производстве продуктов питания. Описана динамика развития аквакультурного производства тиляпий в мире за 25 лет. Рассмотрены перспективы аквакультурного производства тиляпии на базе тепловодных объектов энергетики в Республике Татарстан.

Ключевые слова: тиляпия, аквакультурное производство, рыбохозяйственная продукция, объекты энергетики, Республика Татарстан.

NILE TILAPIA AS A PERSPECTIVE OBJECT OF INDUSTRIAL AQUACULTURE IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Aleksandra V. Platonova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
platonovasasa047@gmail.com

Abstract. Data are presented on the biology of representatives of the Cichlidae family, the specifics of the reproductive process of tilapia, as representatives with the greatest practical significance, as well as their tangible role in world food production. The dynamics of development of aquaculture production of tilapia in the world for 25 years is described. The prospects for aquaculture production of tilapia on the basis of warm-water energy facilities in the Republic of Tatarstan are considered.

Keywords: tilapia, aquaculture production, fishery products, energy facilities, Republic of Tatarstan.

С развитием технологий индустриальной аквакультуры теплолюбивые объекты – представители фауны Африки и Азии, начали активно вводиться в рыбоводство по всему миру. Эти объекты отличаются высокими жизнестойкостью, темпами роста и плодовитостью. К одним из перспективных объектов тепловодной аквакультуры относятся тиляпии – представители семейства Cichlidae [1].

Тиляпии (лат. Tilapia) – группа видов рыб, которая нашла широкое применение в мировой аквакультуре. Среди наиболее представленных в секторе аквакультуры можно отметить: нильскую тиляпию (Oreochromis niloticus), голубую тиляпию (Oreochromis aureus), мозамбикскую тиляпию (Oreochromis mossambicus) [2].

На протяжении многих веков являются основным источником питания в некоторых странах Азии и Африки и уже давно используются как объект аквакультуры в странах с тропическим и субтропическим климатом. Эти рыбы занимают ведущие позиции в мировой аквакультуре. В 1997 г. производство тиляпий достигало 1 млн. т, уступая только карповым и лососевым.

Длина тела тиляпий обычно не превышает 60 см, они достигают веса 4,3 кг, максимальная продолжительность жизни 9 лет [3].

Биология размножения тиляпий весьма специфична и существенно отличается от традиционных объектов отечественного рыбоводства по нерестовому поведению, возрасту полового созревания, периодичности размножения. Характерной особенностью тиляпий, относящихся к роду Oreochromis, является инкубация икры в ротовой полости самок. Тиляпия достигла половой зрелости в возрасте 6—6,5 мес. Продолжительность инкубирования икры и выдерживания личинок составила 8—10 сут. [4]

Благодаря специфическим особенностям размножения культивирование тиляпии при поддержании необходимых условий можно осуществлять круглогодично.

Впервые, в Советский Союз была завезена мозамбикская тиляпия. Она попала в СССР в начале 60-х годов XX в. из Вьетнама. Однако нильская тиляпия быстрее достигает товарной массы, чаще используется для товарного рыбоводства и ее общая продуктивность, по данным FAO 1999г., более чем в 10 раз превышает таковую мозамбикской тиляпии [5].

Необходимо отметить, что в период 1995-2020 гг. наращивание общих объемов мировой рыбохозяйственной продукции происходило в основном за счет роста аквакультуры. Особенно быстрыми темпами в этот период росло производство рыбы, относящейся к подсемейству тиляпии. В последние годы отмечается стремительное увеличение доли аквакультурной продукции в структуре мирового рыбного хозяйства. Так страны лидеры аквакультурного производства тиляпий в промежутке 1995-2020 гг. нарастили объемы производства: Китай с 314 тыс. тонн до 1,65 млн. тонн, Индонезия с 21 тыс. тонн до 1,1 млн. тонн, Египет с 20 тыс. тонн до 845 тыс. тонн, Бразилия с 12 тыс. тонн – 343 тыс. тонн, Бангладеш с 0 до 328 тыс. тонн, Вьетнам от 0 до 310 тыс. тонн. За этот промежуток времени общее производство тиляпий в других странах мира увеличилось с 335 тыс. тонн до 1858 тыс. тонн. Общемировая продукция аквакультуры тиляпий в промежутке с 1995 по 2020 года выросла с 703 тыс. тонн до 6100 тыс. тонн или на 871% [6].

Аквакультурная продукция за последние десятилетия стремительно набирает рост в странах с подходящими климатическими условиями для бассейнового и прудового рыбоводства. Тепловодная аквакультура в России и Республике Татарстан является перспективным методом использования теплых вод объектов энергетики. Высокий темп роста мировой аквакультурной продукции, стабилизация уловов из естественных источников, а также высокий темп роста продукции тепловодной аквакультуры указывают на большую актуальность развития высокоинтенсивной аквакультуры на базе объектов энергетики.

Источники

1. Калайда М.Л., Петрова А.Ю. особенности весового и линейного роста нильской тиляпии в системе замкнутого водоснабжения.

2. Плиева Т.Х., Новикова Н.Н., Лаврентьева Н.М., Тетдоев В.В. Перспективы использования тиляпии в рыбоводных хозяйствах России // Аналит. и реферат, информация. Вып. 1. М.: ВНИЭРХ, 2003. С. 14–21.

3. [Электронный ресурс] https://www.fishbase.se/summary/Oreochromis- niloticus.html (дата обращения 11.11.2022)

4. [Электронный ресурс] https://arktikfish.com/index.php/ryba/662-rybov (дата обращения 8.11.2022)

5. Steffens ИК, HiIge T: Tilapien sind wichtige Zuchtfische in den Tropen und Subtropen Fischer Teichwirt. 2000. N5. P. 191—l93.

6.FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global aquaculture production 1950-2020 (FishStatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated 2022.

УДК 574.2

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРПОВЫХ РЫБ

Камиль Султанович Рысбаев
Науч. рук. к.б.н М.Э. Гордеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gordeeva.me@kgeu.ru

Аннотация. В работе показана перспективность использования окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) в мониторинге качества воды. Собранные данные сотрудниками кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» позволили расчетным методом выделить зоны комфортности для карповых рыб: диапазон существования карповых рыб по показателю ОВП от -282 до +80 мВ, оптимальные значения составляют от 159,5 до 210,8 мВ.

Ключевые слова: окислительно-восстановительный потенциал, pH, карповые виды рыб, качество воды.

ASSESSMENT OF PROSPECTS FOR USING CERTAIN PHYSICOCHEMICAL INDICATORS OF WATER IN THE CULTIVATION OF CYPRINIDAE

Kamil S. Rysbaev
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gordeeva.me@kgeu.ru

Abstract. The work shows the prospects for using redox potential (Eh) in monitoring water quality. The obtained dependence of Eh on pH allowed by the calculation method to identify comfort zones for cyprinid fish: the range of existence of cyprinid fish in terms of Eh from -282 to + 80 mV, optimal zone is from 159,5 to 210,8 mV.

Keywords: redox potential, Eh, total antioxidant activity, *Cyprinidae,* water quality.

Карповые рыбы одни из наиболее толерантных видов рыб к внешним условиям обитания. Несмотря на это, для успешного разведения и

выращивания карповых рыб необходим регулярный мониторинг качества водной среды. К основным контролируемым показателям воды относятся: прозрачность, цветность, pH, концентрация CO_2, растворенного кислорода, перманганатная окисляемость, концентрация хлоридов, сульфатов, фосфатов, азота нитритов и нитратов, общая жесткость, $БПК_5$, взвешенные вещества. В данной работе мы остановимся на одном из основных нормативных показателей – pH водной среды и не вошедшим в список мониторинговых показателей окислительно-восстановительном потенциале, который на наш взгляд является более чувствительным показателем и в тоже время комплексным физико-химическим показателем с помощью, которого можно также судить о качестве воды [1].

Опираясь на литературный анализ, диапазон существования карповых рыб по показателю pH от 4,5 до 10,8 [2]. Проведенные многочисленные исследования данного показателя в различных интерпретациях сотрудниками кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «КГЭУ» выявили наличие обратной взаимосвязи между показателем pH и pH в мВ. Было показано, что 1 ед. pH соответствует 58,9 мВ pH.

Проведенный корреляционный анализ собранных сотрудниками кафедры данных по физико-химическим показателям различных типов вод выявил наличие обратной связи между показателем pH и ОВП, мВ (коэффициент корреляции составил -0,83). Таким образом, можно выдвинуть гипотезу, что 1 ед.pH соответствует 34,2 мВ ОВП [3, 4].

Полученные зависимости физико-химических показателей позволили расчетным методом (на основе значений pH) вычислить зоны комфортности карповых рыб (табл. 1).

Таблица 1

Зоны комфортности карповых рыб по некоторым физико-химическим показателям

Показатели	Зоны комфортности			
	Оптимум	Нормальное существование	Угнетение	Гибель
pH	7-8,5	6-9	4,5-6 9-10,8	<4,5 >10,8
pH, мВ	-149 – -59	-176 – -2	-2 – 80 -282 – -176	<-282 >80

ОВП, мВ	159,5 – 210,8	142,5 – 244,9	244,9 – 296,2 81,0 – 142,5	<81,0 >296,2

Согласно литературным данным значения ОВП при выращивании гидробионтов должны быть в промежутке от 200 до 400 мВ, при этом рекомендуемые значения 200-350 мВ [5].

Исходя из данных, приведенных в таблице 1, можно сделать вывод, что диапазоны изменения зон комфортности по показателю ОВП более широки по сравнению с показателем pH, что делает возможным раньше реагировать на начинающиеся изменения состояния водной экосистемы.

Источники

1. Токаренко О.Г. Общая гидрогеология: химический состав и свойства природных вод. – Томск: ТПУ, 2014. – 57 с.

2. Калайда М.Л. Биологическое и технологическое обоснование рыбохозяйственного использования колхозных и совхозных водоемов комплексного назначения (на примере Татарской АССР): автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. с-х. наук (06.02.04). – Москва, 1984. – 18 с.: ил.

3. Калайда М.Л., Гордеева М.Э. Окислительно-восстановительный потенциал как перспективный показатель качества среды в индустриальном рыбоводстве // Материалы III национальной научно-практической конференции «Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны». – Саратов: Амирит, 2018 – 291 с.

4. Gordeeva M.E., Kalayda M.L. Using Redox potential in water quality assessment of energy facilities // International Scientific and Practical Conference: Water Power Energy Forum 2018. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 288 (2019) 012039

5. Агробизнес [Электронный ресурс]. https://agbz.ru/articles/vyiraschivanie-osetrovoy-ryibyi_-sravnenie-tehnologii-protochnogo-i-zamknutogo-tsikla-vodopodgotovki/ (дата обращения: 12.11.2022)

УДК 574.589

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СУБСТРАТА ДЛЯ ПРОРАЩИВАНИЯ СЕМЯН В АКВАПОНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

Алия Булатовна Сабирова
Науч. рук.: доцент С.Д. Борисова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
sabirovaaliya5@gmail.com

Аннотация. Аквапоническая установка представляет собой замкнутую систему совместного выращивания рыбы и растений. Проведен анализ различных субстратов, используемых для выращивания растений в аквапонических установках. Изучен ряд универсальных субстратов; описаны их свойства; выяснены преимущества и недостатки. Проведены эксперименты по проращиванию семян растений на различных субстратах.

Ключевые слова: аквапоника, гидропоника, субстраты, вода, рыба, аквапоническая установка.

SELECTION OF THE OPTIMUM SUBSTRATE FOR SEED GERMINATION IN AQUAPONIC INSTALLATION

Aliya B. Sabirova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
sabirovaaliya5@gmail.com

Abstract. Aquaponics plant is a closed system of co-cultivation of fish and plants. The analysis of various substrates used for growing plants in aquaponic installations was carried out. A number of universal substrates have been studied; their properties are described; advantages and disadvantages are clarified. Experiments were carried out on the germination of plant seeds on various substrates.

Keywords: aquaponics, hydroponics, substrates, water, fish, aquaponic installation.

На сегодняшний день аквапоника занимает одно из ведущих мест в области изучения технологий производства и научных трудов. Данная технология является перспективной в формировании сельского хозяйства в настоящее время, так как на этапе производства исключается применение химических удобрений.

Рост спроса на водные биоресурсы, сокращение запасов воды на суше и проблема продовольственной безопасности стимулировали развитие многих инновационных и сложных производств продуктов питания. Аквапоническая система – это продуктивная, инновационная и устойчивая система производства рыбы и ценных видов растений, которая

способна решить такие проблемы как засуха, потеря плодородия почвы и изменение климата. По литературным данным аквапоника как передовая система аквакультуры и сельского хозяйства повысит продовольственную безопасность в развивающихся странах.

Одна из самых серьезных мировых проблем заключается в том, как удовлетворить потребности в питании растущего населения, которое, по прогнозам, к 2050 году достигнет отметки в 10 миллиардов человек, увеличиться на целых 50% [1]. Однако производству продуктов питания будут мешать такие факторы, как изменение климата, загрязнение и деградация пахотных земель. Согласно прогнозам ученых [1; 2], несмотря на разработку высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур и усовершенствованных методов производства продуктов питания, текущие тенденции производства продуктов потребления не будут соответствовать прогнозируемому глобальному спросу на продукты питания к 2050 году. Ситуация еще больше усугубится из-за сокращения сельскохозяйственных угодий. В период с 1970 по 2013 год глобальные сельскохозяйственные угодья сократились более чем на 50% [3; 4].

Аквапоника — это устойчивая система производства продуктов питания, в которой используются концепции экономики замкнутого цикла и биомиметическая (искусственная) природная система для минимизации затрат и отходов. Аквапоника сочетает в себе две преимущественно продуктивные системы: установку замкнутого водоснабжения для выращивания рыбы (УЗВ) и гидропонное выращивание растений. Циркуляционная аквакультура включает выращивание рыбы и ракообразных в аквариуме, тогда как гидропонное выращивание предполагает культивирование овощей в среде, отличной от почвы. Аквапоника – это перспективная технология, способная модернизировать сельское хозяйство и повысить уровень продовольственной безопасности [5].

Субстраты в аквапонике представляют собой беспочвенные натуральные или синтетические материалы, которые служат опорой для различных культур. Эти компоненты защищают и обеспечивают правильное закрепление корней растений и позволяют семенам безопасно прорастать внутрь материала, а не в землю, как в традиционном садоводстве. Среда для выращивания также помогает растениям впитывать необходимые питательные вещества. Кроме того, субстраты в аквапонике действуют как природный биофильтр, на поверхности которого формируется бактериальная биопленка.

Субстрат для гидропоники должен обладать рядом определенных

качеств: приемлемая механическая плотность, позволяющая удерживать растение в вертикальном положении на протяжении всей жизни;

Химическая инертность, позволяющая субстрату не вступать в реакцию с микро- и макроэлементами, которые являются «пищей» для растения; высокий показатель водо- и воздухопроницаемости, который наделяет его хорошими аэрационными свойствами; достаточный уровень влагоемкости, позволяющий удерживать в себе необходимое растению количество влаги [6; 7].

Наиболее оптимальные субстраты для аквапоники: кокосовое волокно, перлит, керамзит и мелкий гравий. Каждый из этих субстратов может использоваться отдельно или в комбинации с другим для достижения лучшего результата.

Источники

1. A new and improved aquaponics system model for food production patterns for urban architecture [Электронный ресурс] - URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622005054 (дата обращения 10.11.2022).

2. Aquaponics for Improved Food Security in Africa: A Review [Электронный ресурс] – URL : https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.705549/full (дата обращения 10.11.2022).

3. Департамент агропромышленного комплекса Белгородской области ОГАУ «Инновационно-консультационный центр АПК» «Аквапоника – технология сельского хозяйства будущего» // Аквапоника как новая концепция развития сельского хозяйства - Белгород: 2015. – С. 4-12.

4. Hydroponics and Aquaponics: The Beginner’s Guide to Choose Your Best Sustainable Gardening System and Grow Organic Vegetables at Home Without Soil Paperback – April 22, 2020. – С. 24-31.

5. Калайда М.Л., Хамитова М.Ф., Калайда А.А., Борисова С.Д., Бабикова В.В. Элементы циркулярных технологий в аквакультуре // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2021. - №№2. - С. 76-89.

6. Калайда М.Л., Борисова С.Д. Использование аквапоники в эксплуатации малой рыбоводной установки с замкнутым циклом водообеспечения // В сборнике: Современное состояние и развитие аквакультуры: экологическое и ихтиопатологическое состояние водоемов

и объектов разведения, технологии выращивания. Материалы международной конференции. - 2020. - С. 100-103.

7. Сабирова А.Б., Борисова С.Д. Результаты выращивания листового салата в установке замкнутого цикла водоснабжения по воспроизводству рыбы // В сборнике: Водные биоресурсы и аквакультура Юга России. материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. - Кубанский государственный университет: 2020. - С. 68-70.

УДК 574.589

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ В АКВАПОНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

Вероника Петровна Степанова
Науч.рук. доцент С.Д. Борисова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Республика Татарстан
veronichka_stepanova_01@mail.ru

Аннотация. В статье изложены способы аквапонического выращивания растений без почвы с использованием отходов гидрбионтов. Приведены условия выращивания растений и характеристики, которыми они должны обладать. Изучены и описаны перспективные виды растений для выращивания в аквапонической установке.

Ключевые слова: аквапоническая установка, растительная культура, установка замкнутого водоснабжения (УЗВ), совместное выращивание.

PROMISING PLANT SPECIES FOR GROWING IN AN AQUAPONIC PLANT

Veronika P. Stepanova
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
veronichka_stepanova_01@mail.ru

Abstract. The article describes the sources of plant production without the use of hydrobiont resources. The conditions for growing plants and the quality are given, they must be available. Promising plant species for growing in an aquaponic installation are also considered.

Keywords: aquaponics, green leafy vegetables, plant culture, integrated cultivation, recirculating water supply system.

Аквапоника - это новая перспективная аграрная технология, сочетающая в себе как культивирование растений, так и производство

рыбы. Суть данного метода заключается в использовании продуктов жизнедеятельности гидробионтов в качестве питательной среды для растительных организмов. В ходе данного процесса растения потребляют продукты выделений гидробионтов, очищая и обогащая кислородом воду. Вследствие взаимодействию растений, бактерий и гидробионтов образовывается замкнутая искусственная экосистема, дающая эффективный итог в производстве как рыбной, так и растительной продукции.

Для эффективности аквапонной установки существенно точно подобрать сочетание «объект аквакультуры + выращиваемая растительная культура». Потребности культивируемых растений должны быть удовлетворены насколько это возможно вне участия человека и без внесения веществ в систему. А также растения должны хорошо фильтровать воду, чтобы продукты жизнедеятельности гидробионтов не доставляли дискомфорта [1; 2].

Культивируемая в аквапонической установке культура должна соответствовать некоторым качествам. В первую очередь, она должна быть значима или для питания человека, или для питания самих гидробионтов. еще культура должна ощущать себя комфортно в тех условиях, в которых содержатся гидробионты.

В аквапонической системе целесообразно применять зеленолистные овощи (бобы, горох, кольраби, редька, помидоры, дыня, перец, земляника, тыква, лук, перец), так как на ранних стадиях развития этим растениям необходим азот, который выделяется в результате процессов жизнедеятельности водных животных. Количество водных животных должно быть прямо пропорционально количеству культурных растений [3].

По данным исследования, проведенного D.C. Love с соавторами [4] (оценены данные 257 респондентов из США, Канады, стран Латинской Америки, Азии, Австралии и Новой Зеландии, Европы и Африки), наиболее распространёнными гидробионтами для выращивания в условиях аквапоники являются тиляпия (69% респондентов), декоративные рыбы (43%), сомы (25%), другие гидробионты (18% респондентов, среди объектов - карп, паку, баррамунди, пангассиус, креветки, раки), окуни (16%), синежаберный солнечник (15%), форели (10%).

Среди растительных культур наиболее распространены базилик (81% респондентов), салаты (76% респондентов), помидоры (68%), салат латук (68%), капуста огородная (56%), свекла (55%), перцы (48%), огурцы (45%) [2; 5] .

При организации производства в условиях аквапоники лучше отдавать преимущество растениям с коротким периодом созревания. В любой аквапонической системе могут расти разнообразные сорта листового салата, кудрявая капуста, базилик, мята, лук скорода. Томат, огурцы, горох, перец, бобы, брокколи, тыква, кочанная капуста, цветная капуста требовательнее и нуждаются в высокой органической нагрузке.

Источники

1. Калайда М.Л., Хамитова М.Ф., Калайда А.А., Борисова С.Д., Бабикова В.В. Элементы циркулярных технологий в аквакультуре // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2021. - №№2. - С. 76-89.

2. Калайда М.Л., Борисова С.Д. Использование аквапоники в эксплуатации малой рыбоводной установки с замкнутым циклом водообеспечения // В сборнике: Современное состояние и развитие аквакультуры: экологическое и ихтиопатологическое состояние водоемов и объектов разведения, технологии выращивания. Материалы международной конференции. - 2020. - С. 100-103.

3. Сабирова А.Б., Борисова С.Д. Результаты выращивания листового салата в установке замкнутого цикла водоснабжения по воспроизводству рыбы // В сборнике: Водные биоресурсы и аквакультура Юга России. материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. - Кубанский государственный университет: 2020. - С. 68-70.

4. Инновационная биотехнология получения экологически чистой продукции аквабиокультуры в модульной установки замкнутого водоснабжения[Электронный ресурс] URL:https://arktikfish.com/index.php/statiakvakulture/651-innovatsionnaya-biotekhnologiya-p (дата обращения 10.11.2022).

5. Love D.C., Fry J.P.,Ximin L., Hill E.S., Genello L., Semmens K., Tompson R.E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey // Aquaculture. - 2015. - №435. - P. 67-74.

УДК 574.586

АКВАПОНИКА КАК СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ СОВМЕЩЕНИЯ НАУКИ И ИСКУССТВА

Анастасия Евгеньевна Чернова
Науч. рук. доц. каф. ВБА, Говоркова Л.К.
anastasicherry@gmail.com ФГБОУ ВО
«КГЭУ», г. Казань, Россия

Аннотация. Издавна культура и наука шли рука об руку. Архитекторы древности вдохновлялись природой при создании своих фундаментальных выдающихся изобретений и объектов культурного наследия. Искусство в наше время должно удовлетворять не только духовные потребности человека, но и быть практичным. Именно поэтому актуальность использования установок, в которых будут применяться объекты аквакультуры и растительного мира очень высока.

Ключевые слова: аквапоника, искусство, продовольствие, современность, аквабиотехнологии, совместное выращивание.

AQUAPONICS AS A MODERN WAY OF COMBINING SCIENCE AND ART

Anastasia E. Chernova
anastasicherry@gmail.com
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Abstract. Culture and science have long gone hand in hand. Architects of antiquity were inspired by nature when creating their fundamental outstanding inventions and objects of cultural heritage. Art in our time should satisfy not only the spiritual needs of a person, but also be practical. That is why the relevance of the use of installations in which the objects of aquaculture and flora will be used is very high.

Keywords: aquaponics, art, food, modernity, aquabiotechnology, joint cultivation.

В современном мире цифровизации, человек, осознанно или нет, стремится к прекрасному. Что будет, если совместить природу и искусство? Всем известно, что население планеты Земля стремительно растет и уже приближается к 8 миллиадам человек. Мы считаем, что современные деятели искусства должны обратить свое внимание на проблему нехватки продовольствия и начать интегрировать научные идеи в свои произведения.

Аквапоника является эстетически красивым, но при этом и многофункциональным средством для решения этой проблемы. С помощью такой установки мы способны создавать арт-объекты, удовлетворяющие потребностям человека современности. Главным достоинством аквапоники является качество выращенных продуктов[3]. Дополнительная очистка воды растениями от азотистых соединений позволяет ускорить процесс культивирования рыб.[1] Аквапонику можно широко использовать в архитектуре. Например при конструировании агропромышленных комплексов[2], экологических отелей или объектов культуры. Например, в то время как все обычные библиотеки, как правило, заполнены обычными книгами, новая ханойская библиотека VAC (сокращение от вьетнамских слов «Сад, пруд и клетка»), разработанная Farming Architects, которая находится под открытым небом, кишит рыбой и зеленью.[5]

Аквапоника имеет широкое распространение в мире, но распределение ее использования неравномерно. Она укрепилась в странах Азии, Европы и Северной Америки[4].В России метод совместного выращивания рыб и растений пока не так популярен, но уже используется некоторыми компаниями. Именно поэтому важно внедрять данные установки в нашу повседневную жизнь. Уже в недалёком будущем мы увидим градостроение с использованием высокоинтенсивных гидрологических установок, в которых будут выращиваться объекты аквакультуры.

Искусство всегда являлось зеркалом, отражающим актуальные проблемы человечества. Вот и сейчас мы все чаще можем наблюдать, как мировые деятели искусства делают свои громкие заявления, обращая внимание на проблемы перенаселения, продовольственного дефицита и демографического кризиса. Внедрение исследований в области аквакультуры в современное искусство поможет не только обратить внимание общественности на данные проблемы, но и сделать егопрактичным.

Источники

1. Омазунова Т.Н.,Кузов А.А.,Маркина И.А. Аквапоника как устойчивая система выращивания продуктов питания. Санкт-Петербург-2021

2. Крылова М.К. Архитектурные решения агропромышленных кластеров и пути их развития в россии, Москва-2021

3. Базырина Е. Н., Бушуева Т.М., Ильинская Н. Л., Чесноков В. А., Выращивание растений без почв – Санкт – Петербург, Издательство Ленинградского Университета, 1960. – 162 с.

4. Забелина А.В. Создание и использование лабораторной

аквапонной установки замкнутого водоснабжения для выращивания африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* (Burchell , 1822), Санкт-Петербург, 2021-55с.

5. Как могут быть связаны рисовые поля и новая библиотека во Вьетнаме? Или что такое аквапоника. [Электронный ресурс]- URL: https://blog.postel-deluxe.ru/novosti/kak-mogut-byt-svyazany-risovye-polya-vo-vetname-novaya-biblioteka-21052019 (дата обращения 10.11.2022)

УДК 639.3

ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ КАК ФОРМИРУЕМАЯ КОМПОНЕНТА ЭКОСИСТЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

Марина Львовна Калайда, Рамиль Гумерович Шарафутдинов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
kalayda4@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ изменения состояния биоресурсов Куйбышевского водохранилища. Показаны тенденции в изменении рыбопродуктивности реки Волга и Куйбышевского водохранилища. Отмечены факторы, наиболее влияющие в настоящее время на состояние экосистемы водохранилища.

Ключевые слова: водные биоресурсы, экосистема, р. Волга, Куйбышевское водохранилище, эвтрофирование.

AQUATIC BIORESOURCES AS A FORMABLE COMPONENT OF THE RESERVOIR ECOSYSTEM

Marina L. Kalaida, Ramil G. Sharafutdinov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
kalayda4@mail.ru

Abstract. The article analyzes the change in the state of bioresources of the Kuibyshev reservoir. Trends in changes in the fish productivity of the Volga River and the Kuibyshev reservoir are shown. The factors that most currently affect the state of the reservoir ecosystem are noted.

Keywords: aquatic bioresources, ecosystem, Volga river, Kuibyshev reservoir, eutrophication**.**

Гидроэнергетика – важный компонент экономического развития регионов. Одновременно строительство водохранилищ не может не воздействовать на состояние окружающей природной среды поскольку

основой экономического развития региона в значительной степени являются водные ресурсы. Поволжье занимает в этом вопросе особенную роль. Работа по разработке рабочей гипотезы комплексной схемы использования Волги в энергетических и транспортных целях началась в Советском Союзе в 1931 году. Первые результаты были представлены разработчиком Всесоюзным научно-исследовательский институт энергетики и электрификации в 1933 году на ноябрьской сессии Академии наук СССР, посвященной проблеме «Большой Волги» [1]. Ставились задачи по решению ирригационный, транспортных и энергетических проблем, для чего была выявлена необходимость изменения водной экосистемы Поволжья. Вместе с тем, были озвучены компенсационные мероприятия, призванные снизить негативные последствия.

На сегодняшний день можно четко проследить значимые экологические изменения и поставить дальнейшие задачи по сохранению водных и водно-биологических ресурсов.

После создания Куйбышевского водохранилища, Волга претерпела значительных изменений целого комплекса своих характеристик, в том числе скоростной режим потока, заиливание и так далее. Состояние же водных биологических ресурсов характеризуется в том числе и структурой популяции водных объектов. До создания водохранилищ выловы рыбы в реке Волга достигали от 1350 до 1910 тонн. Максимальные уловы в водоемах Татарстана до образования Куйбышевского водохранилища приходятся на начало 30-х годов XX столетия – 2020 (1932 г.) – 2300 тонн (1933 г.). В настоящий период уловы составляют около 3438,1 т (2017 г.) – 4196,8 т (2014 г.) [1, 2]. Рост добычи рыбы проходит по биологическим законам развития водной экосистемы: изменения морфометрических характеристик водоема, повышению трофии, увеличению зон с высокой прогреваемостью. Доля мелкого частика в общей популяции водных биологических ресурсов, в частности их увеличения и замещения более ценных видов это закономерность под влиянием вышеуказанных факторов.

Это результаты природных откликов на воздействие человека на экосистему реки Волга. Есть и неожиданные значительные положительные результаты, связанные с антропогенным воздействием на водные биоресурсы - разработаны биотехнологии прижизненного получения половых продуктов у осетровых рыб, включая стерлядь.

Необходимо отметить климатический фактор. Если в начале XX

столетия территория Средней Волги относилась ко 2-3 рыбоводным зонам, то в последний период – к 3 – 4, а Заинское водохранилище и к 5 рыбоводной зоне. Изменение температурного режима в водоемах региона закономерно отражается на всех биологических компонентах экосистем [3-5]. Значительное усилении инсоляции, рост температуры воды приводит к увеличению трофии. Закономерно увеличение «цветения вод» [6]. Другой объективной причиной эвтрофирования вод является рост плотности населения, приводящий к увеличению нагрузки на водные ресурсы. Таким образом, есть объективные предпосылки к изменению трофических характеристик водоемов и качеству вод.

Задачи по сохранению и воспроизводству популяции водных биоресурсов, качества воды в условиях развития гидроэнергетики необходимо решать в том числе с помощью аквакультуры, в целом же экологические проблемы тесно смыкаются с задачами организационных социальных структур.

Источники

1. Калайда М.Л. История и перспективы развития рыбного хозяйства Татарстана.- Казань: Изд-во «Матбугат йорты», 2001.- 96 с.

2. Калайда М.Л. Современное состояние и задачи развития аквакультуры в Республике Татарстан/ Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы национальной научно-практической конференции, Саратов, 4-5 октября 2016 г..- Саратов: изд. «Научная книга»,2016.-С.38-45.

3. Калайда М.Л., Гордеева М.Э. Особенности физико-химического состояния вод водоемов объектов энергетики.- Международный водно-энергетический форум -2018: сборник материалов докладов/ в 2 т. Т.1.- Казань: Казан.гос.энерг.унт, 2018.- 373 с.- С.284-290. [2]

4. Калайда М.Л. Экологическая оценка Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия.-Казань: Казан.гос.энерг.ун-т, 2003.-135 с.

5. М.Л. Калайда, С.Д. Борисова, М.Ф. Хамитова, А.А. Калайда Воспроизводство стерляди в Поволжском регионе как сложная структурная задача развития аквакультуры //Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021, № 01 (180)/2021.- С.8-18.

6. Хамитова М.Ф., Калайда М.Л. Исследование изменений гидробиологических характеристик в условиях локальных загрязнений в регионе Средней Волги. LAP LAMBERT Academic Publishing (OmniScriptum GmbH & Co. KG), Saarbrücken, Germany/Германия.2018, 310с.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ: ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

СЕКЦИЯ 1. Атомные и тепловые электрические станции

Бабиков О.Е., Чичирова Н.Д. Противоточная регенерация ионообменных фильтров. 3

Вьюгова К.Д., Майоров Е.С. Эффективность применения термоэлектрического генератора на АЭС с реактором типа БН. 6

Гайфиева Л.Ф. О особенностях предотвращения взрывоопасности объектов ядерная топливного цикла. 9

Гилазов Д.М. Проблемы водородной энергетики. 12

Даминов Р.Р., Горбунов С.В. Построение 3D-геометрии циклона ЦН-15 для численного исследования эффективности сепарации. 15

Залаев А.Э. Способы переработки отработанного ядерного топлива в России. 18

Камалиева Р.Ф. Улавливание и переработка углекислого газа в топливом элементе на основе расплавленного карбоната. 20

Лавриков В.А. Сравнение водо-водяных реакторов типа PWR и BWR. 23

Майоров Е.С. Расчет реального значения коэффициента изоляции в МГД-генераторе через систему термопар. 26

Миниханова А.Р., Вилданов Р.Р. Перспективное использование МОКС-топлива на АЭС. 29

Титенков В.В. Преимущество реакторов ВВЭР над РБМК. . . . 32

Тухбатуллин А.М. Разработка алгоритмов и составление программы расчета тепловой схемы турбоустановки ПТ-60/75-130/13. 34

Филимонов А.А., Камалиева Р.Ф. Сравнительный анализ технических функций ПГУ-450 и РБМК-1000. 36

СЕКЦИЯ 2. Промышленная теплоэнергетика. Эксплуатация и надежность энергоустановок и систем теплоснабжения

Аверьянова А.А. Исследование методов снижения энергопотребления. 39

Анпилогов Л.Д. Принцип действия гелиосистемы для системы отопления. 41

Волкова Е.Д. Обзор перспективных теплоизоляционных материалов. 44

Галимова А.Р. Использование современных технологий при мониторинге технического состояния систем теплоснабжения. 47

Гараева В.Р. Применение солнечных коллекторов в системах отопления и горячего водоснабжения жилого дома. 49

Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Изменение частот трубопровода в зависимости от создаваемого в нем давления. 52

Гатауллина И.М. Расчет собственных колебаний оболочки трубопровода. 55

Гафиатуллина К.Р., Крайков М.Д. Моделирование трубопровода с тонкопленочной теплоизоляцией с микросферами при стационарном режиме. 58

Гаязова З.И., Усанова Е.А. Обзор методов поиска утечек в трубопроводах. 61

Гилязов А.И. Современные способы снижения энергетических затрат на отопление, кондиционирование и вентиляцию. 64

Даутов Р.Р. Способы повышения эффективности работы парокомпрессионного теплового насоса. 67

Егорова Е.А. Особенности виброакустической диагностики трубопроводов. 70

Кабатьева А.Ю. Применение попутного газа в качестве энергоносителя. 73

Казаков С.А. Системы подогрева битумных емкостей асфальтобетонного завода. 76

Карачурин Б.Р., Сидоров М.В., Саитов С.Р. Анализ данных для прогнозирования пиковых часов с использованием макросов VBA. 79

Клюкин И.И. Акустический контроль трубопроводов. 82

Коныжов К.В., Политова Т.О. Главные проблемы, с которыми сталкивается энергетика и возможные способы их решения. 85

Макарова А.Р. Применение теплоизоляционных материалов для проектирования и строительства тепловых сетей в условиях крайнего севера. 88

Мурзаев А.С. Численное моделирование процессов, протекающих в системах с применением материалов с фазовым переходом. 91

Мустафина Г.Р. Способ обработки органических отходов в биогазовой установке. 94
Рудич А.П. Усовершенствование лопаточного аппарата турбины 97
Тимершин А.Р., Шарафиев Д.Е. Аэрогели на основе диоксида кремния. 100
Ульябаева Г.Ш. Математическое моделирование колебательного процесса бездефектного и дефектного трубопроводов. 102
Усанова Е.А., Гаязова З.И. Акустический метод течеискания. . . . 106
Федосеева Е.В. Получение воды в условиях засушливого климата 109
Федотова А.О. Теплоаккумулирующие материалы в аккумуляторах теплоты с фазовым переходом. 112
Хасанов Н.А. Методы контроля утечек через затвор трубопроводной арматуры. 115
Хисамутдинов А.Н. Повышение энергоэффективности с помощью энергосберегающих мероприятий на предприятиях нефтехимической отрасли. 118
Якупова И.Д. Оценка состояния энергетических трубопроводов анализом вибрационных характеристик. 121
Яруллина А.Р. Техническая диагностика трубопроводов вибрационным методом. 123

СЕКЦИЯ 3. Энергообеспечение, энергоресурсосбережение и строительство

Айдаров М.А. Гибридный энергокомплекс для комбинированного производства электрической, тепловой энергии и водорода. 127

Ахмадиев Д.А. Перспективы использования биогаза в фермерских хозяйствах. 130

Исакова Г.В. Компоновка несущей системы корпуса радиотехнических и радиоэлектронных измерений в условиях высокой сейсмики. 133

Каримов Д.Р. Влияние показателей качества электроэнергии на потребителей. 135

Мошкин А.В. Альтернативные хранилища электроэнергии как перспектива в ближайшем будущем. 138

Муртазин Р.Ш. Методики оптимизации процессов проектирования в строительстве. 141

Мухамадеев К.Т. Совершенствование конструктивных решений и методов расчета башенных сооружений. 144

Сабирова Ю.Ф. Характеристики микропористых теплообменников. 146

Столярова Е.Ю. Экспериментальное исследования насадок на макете мини-градирни. 149

Тахавиев Т.М. Особенности размещения и эксплуатации систем вентиляции в производственных зданиях. 152

Токарева Л.А., Хусаинов Р.Д. Конструктивные особенности проектирования фундаментов для башенных сооружений в энергетике 155

СЕКЦИЯ 4. Энергетическое машиностроение

Абрамов Р.А. Применение водорода в газовых турбинах. 159
Бабичевский Л.В. Изучение шумовых характеристик работы газовой турбины. 162
Бадрутдинов Д.Р., Редель А.Е., Заровняев М.И. Водород-альтернативное топливо для газотурбинных установок. 164
Валиуллин Б.Р. Регулирование дисперсного состава угольной пыли для подачи в поточный газогенератор. 167
Галяутдинов Р.М. Получение водорода из углей перспективных месторождений России. 170
Донецкий Д.С., Бабичевский Л.В. Изучение эффективности работы газовой турбины в зависимости от материала лопаток. 173
Ефимов Д.В. Перспективы развития водородной энергетики. . . . 175
Ишалин А.В., Марьин Г.Е. Транспортирование водородных смесей с помощью газотурбинных технологий. 178
Казбакова И.Р. Возможности применения альтернативных топлив в газотурбинных установках. 181
Ютанова. А.А., Клейдман М.Д. Анализ НДС на основе МКЭ цельнокованого ротора турбины при действии эксплуатационных нагрузок с учетом дефектов в осевом канале. 184
Клейн Е.В. Анализ стадий газификации твердого топлива. 188
Мингазов Н.Р., Новоселова М.С. Вредное воздействие ветроэнергетических станций на окружающую среду. 191
Михайлов А.С., Галимов Р.М. Развитие возобновляемых источников энергии в республике Башкортостан. 193
Набиуллина М.Ф. Гибридные мини-ТЭС на биомассе и солнечной энергии как автономные источники тепла и электричества. . 196
Новоселова М.С. Перспективные виды топлива для газотурбинных установок. 200
Сафиуллина Э.И. Теплообменные аппараты высокого давления 203
Смышляев М.О., Абрамов В.А. Часто встречающиеся дефекты газовоздушного тракта газотурбинных двигателей. 206
Сулейманов Э.В. Подготовка топлива на основе биомассы для сжигания в котлах. 209
Хасанов А.А. Алгоритм разработки электронной модели стационарной ГТУ на основе прототипа. 212

СЕКЦИЯ 5. Автоматизация технологических процессов и производств

Абдеев Т.И., Сахибгареева А.Р Использование нейросетей для автоматического контроля электрических сетей. 216
Абдрахманов Д.Р., Садыков Р.Д. Актуальные альтернативы RASPBERRY PI. 218
Абзалов Д.Б. Проектирование системы дымоудаления в производственном здании. 221
Андреева А.Р. Автоматизация по принципам стратегии 2030. . 224
Багинский Д.В. Управление двигателем постоянного тока. . . 226
Баймурзин А.Х. Преимущество беспроводных технологий в АСУ промышленных предприятий. 230
Башаров Р.Р. Оптимизация режимов работы строительной техники. 233
Богданов А.В. Анализ применения станков с ЧПУ в образовательном процессе с выбором оптимального варианта для обучения стажеров МИЦ. 235
Газизуллин И.М. Место автоматизированных мини-ТПА в сфере мелкосерийного производства. 238
Гаянов А.А. Использование нейронного регулятора для регулирования оборотов двигателя насоса. 240
Горбов В.Ю. Проектирование систем управления вентиляцией на производстве. 244
Дятлова Д.В. История и перспективы развития газоанализаторов. 247
Зиятдинов А.А., Захарова Е.В. Преимущества использования коллаборативных роботов. 250
Иванов В.В., Габдрахманов Р.Ф. Разработка систем жизнеобеспечения в колониях поселениях на спутнике Юпитера Европе. 253
Идрисова Г.Ф. Цифровизация нефтегазового комплекса в Арктике. 255
Ильина А.А. Нечеткий метод регулирования частоты вращения свободной турбины газотурбинного двигателя. 258
Казиханов А.Р. Автоматическая система регулирования перемещения автомобиля с помощью нейронного регулятора. 262
Каримов И.Д. Автоматизация процесса управления персоналом. 264
Каримов Р.И., Козлов А.В. Разработка системы быстрой печати на 3D принтере. 267
Квасова И.С. Возможности повышения уровня автоматизации энергетических объектов. 270
Козлов А.В., Каримов Р.И. Разработка мини АТС на базе системы одноплатного компьютера. 273

Куликов Р.В. Проектирование системы автоматического регулирования температуры для майнингового оборудования. 276
Лаптев И.А., Искандаров Р.Ф. Беспилотное такси. 279
Латыпов Т.И. Оптимизация оценки характеристик ПЛК для систем автоматизации. 282
Мавлеев Р.Р. Использование методов искусственного интеллекта в промышленности. 285
Минниахметов А.М. Автоматизация подачи заготовок в токарных станках с ЧПУ. 288
Муниров Э.Д. Использование нейронных сетей в современных системах управления роботами. 291
Муратова А.М. Программирование станции управления насосами для поддержания уровня в резервуаре на базе ПР100. 293
Мыльников В.И. Методы организации хранения данных в системе диспетчеризации. 296
Нафиков И.Р. История развития автоматизации производства 300
Подыганова К.Е. Газоанализаторы, их происхождение и применение в жизни человека. 303
Помысова А.Ю. Перспективы технологии реверс инжиниринга в России. 305
Пышняк С.Е. Автоматизированная система коммерческого учета газа. 308
Русин Д.М. Минимизация чрезвычайных происшествий на сливо-наливных железнодорожных эстакадах. 311
Савельева Д.С. Роль измерительных приборов в автоматизации теплоэнергетики. 313
Саидгараева Р.Р. Способы управления и блокировки контекстной рекламой. 316
Панфилова Д.В., Ильина А.А. Автоматизацияпромышленных предприятий в России в условиях импортозамещения: преимущества и недостатки, методы решения. 319
Сафуанов А.Э. Пути решения проблем беспроводной зарядки электрокаров. 322
Сидоров М.В., Карачурин Б.Р. Автоматизация сбора массива данных на примере пиковых часов АО «АТС» 325
Стукало Р.Е. Способы аккумулирования энергии. 327
Султанова Д.А. Автономная система электроснабжения. 331
Тазеев Н.Ф. Система автоматического управления покупки в сфере торговли. 333
Танью Д.В. Автоматизация технологических процессов и производств. 336
Уткина М.А. Разработка автоматической установки пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на примере компрессорной станции. 340

Фаизов Н.Н. Перспективы использования российских контроллеров для автоматизации технологических процессов. 343
Фаттахова А.А. Автоматизация работы системы управления освещения витрины. 346
Фахрутдинова А.Ш. Современные инновационные решения, используемые при автоматизации технологических процессов на тепловых электростанциях. 349
Хабиров Т.А. Сравнительный анализ технологий автопилотирования с выбором оптимального варианта для наземной мобильной роботизированной платформы. 352
Холмогоров И.В. Сравнительный анализ применения модуля LoRa на распределенной производственной территории для сбора информации. 355
Чачакаева Г.В. Сравнительный анализ автоматизированных систем бизнес-планирования. 357
Чучалов А.А. Анализ оборудования системы автоматизации отопления, вентиляции и кондиционирования производственных зданий. 362
Шайхезадин Д.И., Карамов Р.И. Сравнительный анализ способов реализации онлайн-трансляции для систем видеоинспекции. 365
Шарафиева А.И. Индустрия 4.0: анализ существующих систем автоматизации в современном производстве. 368
Шарифуллин Э.Р. Исследование опасных зон с использованием системы управления на насекомых. 372
Шаронов Н.С., Хамидуллин З.Ф. Выбор оптимального материала корпуса прототипа МРП для автоматизированной видеоинспекции. 374
Эйтерник А.Ю. Перспективы внедрения системы диспетчеризации в горно-транспортный комплекс. 377

СЕКЦИЯ 6. Теплофизика

Абдуллина А.А. Критерии качества элементов расчетной сетки 380
Батманов Н.В., Разакова К.И. Численное моделирование теплообмена от горячего газа к воде через оребренную стенку. 382
Беленкова Д.А., Глухова П.Е. Энтропия в примерах. 385
Салахова Э.И. Сравнение эрозионного износа НПУ и циклона ЦН-15. 388
Зинуров В.Э., Тахавиев Д.М. Определение осевых и окружных скоростей по высоте мультивихревого классификатора. 391
Соколов М.С., Борисов Н.А. Определение потери давления в новом сепарационном устройстве. 394
Гилязетдинова Р.И. Рассмотрение различных моделей турбулентности. 397
Мочалов Н.С. Критерий для оценки плотности сетки вблизи стенок. 399
Моисеева К.С. Определение эрозионного износа нового пылеулавливающего устройства. 402
Ибряйчев Д.Р., Идиятуллин Б.Р. Определение гидравлического сопротивления в новом сепарационном устройстве. 404
Квасова А.П. Анализ качества 3D сканирования деталей различных форм. 407
Мугинов А.М. Численное моделирование мультивихревого классификатора. 410
Насырова И.И. Влияние концентрации частиц в газовом потоке на эффективности мультивихревого сепаратора. 413
Уткин М.О. Автономный источник питания на базе газового генератора с двигателем Стирлинга для удаленных объектов нефтегазовой отрасли. 415
Хакимова А.Р. Исследование технологии 3D сканирования. 418
Харитонов В.И. Сравнение SLA и FDM технологий 3D-печатей 421
Азнабаева А.А., Хусаинова К.Л. Энтальпия в примерах. 423
Абдуллина А.А., Чуксеева А.А. Сравнение электрического и водяного теплового пола. 426
Биккулов Р.Я. Оценка эффективности сепарационного устройства с каналами квадратного сечения. 428
Якимова В.В., Хуснутдинова К.Р., Определение потери давления в мультивихревом сепараторе. 431

СЕКЦИЯ 7. Экологические проблемы водных биоресурсов

Акыева Р.В., Гордеева М.Э. Физико-хичические особенности выращивания осетровых видов рыб в циркуляционных установках. . . . 435
Ахманов А.Р. Личинки хирономид в составе макрозообентоса русловых прудов. 438
Калайда М.Л., Бабикова В.В. Особенности видового состава перифитона рыбоводной установки с радужной форелью. 440
Баранов В.Г. Роль микроорганизмов в оценке качества воды при выращивании объектов аквакультуры. 443
Васильева Е.А., Хамитова М.Ф. Коловратки в зоопланктоне руслового пруда. 446
Веселова Е.Г. Особенности идентификации пресноводных моллюсков класса Gastropoda. 449
Гильманова Г.Э. Интегрированная аквабиосистема на базе установки замкнутого водооборота: «зеленый лук – объекты аквакультуры» 452
Калайда М.Л., Душин А.В. Критерии выбора объектов выращивания в фермерских рыбоводных хозяйствах на базе УЗВ. 455
Ибрагимова Г.Д. Развитие аквакультуры на базе установок замкнутого водоснабжения (УЗВ) как элемент продвижения человека в космос. 458
Исмагилов Ф.А. Изменение массы тела красноклешневых раков при изменении температуры. 462
Калайда А.А. Перспективы развития товарного производства объектов тепловодной аквакультуры в Российской Федерации. 466
Калайда М.Л., Караганова О.Ю. Состав ихтиофауны Куйбышевского водохранилища на участке в районе Рыбной Слободы. 469
Калайда М.Л., Пенкин Д.В. Водоемы комплексного назначения как фонд фермерских рыбоводных хозяйств в Республике Татарстан. . . 473
Калайда М.Л., Пиганов Е.С. Использование электронных микрочипов для контроля роста клариевых сомов. 476
Платонова А.В. Нильская тиляпия как перспективных объект индустриальной аквакультуры в Республике Татарстан. 480
Рысбаев К.С. Оценка перспектив использования некоторых физико-химических показателей воды при выращивании карповых рыб. 483
Сабирова А.Б. Выбор оптимального субстрата для проращивания семян в аквапонической установке. 486
Степанова В.П. Перспективные виды растений для выращивания в аквапонической установке. 489
Чернова А.Е. Аквапоника как современный способ совмещения науки и искусства. 492

Калайда М.Л., Шарафутдинов Р.Г. Водные биоресурсы как формируемая компонента экосистемы водохранилищ. 494