



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



Организация
Объединенных Наций по
вопросам образования,
науки и культуры



Международный
центр компетенций
в горнотехническом образовании
под эгидой ЮНЕСКО

ХІХ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ТОМ 5

14–16
АПРЕЛЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 2021



НЕДРА
КОНСОРЦИУМ УНИВЕРСИТЕТОВ

СИБУР



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

ХІХ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

12-16 апреля 2021 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Том 5

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 00 (622+55+665.6/7+620.9+621+669(082))

ББК 2 (65.304.11+33.36+31+34.3/4я43)

В 851

В сборнике представлены труды молодых исследователей, участников XIX Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов (Санкт-Петербургский горный университет, 12-16 апреля 2021 г.). Материалы сборника представляют интерес для широкого круга исследователей, ученых, педагогов, специалистов, руководителей промышленных предприятий и предпринимателей, работающих в области поиска, разведки, добычи и переработки полезных ископаемых.

The Volume contains works of young researchers-participants of XIX Russian Conference of students and graduate students, which was held at the St. Petersburg State Mining University from the 12th to 16th April 2021. The Volume can be of great interest for a wide range of researchers, scientists, university lecturers, specialists and managers of industrial enterprises and organisations as well as for businesspeople involved in exploration, prospecting, development and processing of minerals.

Редакционная коллегия: доцент *В.Т. Борзенков* (председатель), доцент *Д.С. Тананыхин*, профессор *М.В. Двойников*, профессор *А.М. Щипачев*, профессор *Н.К. Кондрашева*, профессор *Т.Н. Александрова*, профессор *О.И. Казанин*, профессор *П.А. Деменков*, доцент *М.Г. Мустафин*, профессор *А.С. Егоров*, профессор *О.М. Прищепина*, профессор *А.Е. Череповицын*, доцент *П.А. Петров*, профессор *В.В. Максаров*, профессор *В.А. Шпенст*, профессор *М.А. Пашкевич*, доцент *Н.А. Вахнин*, доцент *И.В. Поцешковская*, ст. преп. *А.С. Данилов*,

ISBN 978-5-94211-934-8 (Том 5)

ISBN 978-5-94211-929-4

© Санкт-Петербургский горный университет, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция 12. Информационно-телекоммуникационные технологии и цифровая трансформация

Базиль В.Е.

Разработка модели колонны стабилизации процесса стабилизации газового конденсата
Development of a stabilization column of the gas condensate stabilization process..... 12

Батуев Н.А., Конышев А.В., Кузнецов Т.С., Подберезко Д.С.

Исследования погрешности определения потерь электроэнергии линии электропередачи
способом характерных режимов при краткосрочном прогнозе нагрузки узла
Studies of the error in determining the electric power losses of the power transmission line by
the method of characteristic modes in the short-term forecast of the nodel load..... 13

Веселов М.В.

Цифровое управление освещением, как метод повышения энергоэффективности
Digital lighting control as a method of increasing energy efficiency..... 15

Вдовин А.С.

Разработка методов и алгоритмов прогнозирования состояния оборудования для повы-
шения эффективности системы управления бурением скважин методом колтюбинга
Developing methods and algorithms for equipment failure prediction in order to enhance the
efficiency of the well control system by means of coiled tubing..... 18

Габдиев Ф.Ф.

Машинное обучение в кибербезопасности
Machine learning in cybersecurity..... 19

Гаврилов И.В., Мустаев Т.И.

Проект базы данных машиностроительного предприятия запуска производства деталей
сборочных единиц
Database design of machine-building enterprise of launches of parts production for assembly
units..... 21

Газизова Г.И.

Сбор информации о студентах с помощью программы
Collecting information about students using the program..... 23

Елизарьев А.В.

Обеспечение стабилизации качества руд при планировании горных работ
Ensuring stabilization of ore quality when planning mining operations..... 25

Жирнова В.Н.

Анализ результатов моделирования траекторий бурения методами машинного обучения
Analysis of the drilling trajectories modeling results using machine learning methods..... 27

Зайнуллина Д.Р.

Проектирование системы идентификации человека методом Виолы-Джонса
Designing a human identification system by the Viola-Jones method..... 28

Канавец Е.К.

Система управления процессом сгущения красного шлама глиноземного производства
на примере ОАО «Уральский Алюминиевый Завод»
Control system for the thickening process of red mud from alumina production on the example
of OJSC «Ural Aluminum Plant»..... 30

Карелин И.А.

Создание модели колонны атмосферной перегонки отбензиненной нефти на примере
установки ЭЛОУ АВТ-12 РН «Туапсинский НПЗ»
Creating a model of atmospheric distillation column of topped oil on the example of the
column ELOU AVT-12 RN "Tuapse Refinery"..... 31

Исахин Г.В., Карунас А.Ю.

Определение актуальных угроз безопасности АСУ ТП
Determination of the current threats to the safety of the APCS..... 32

Ковальчук А.А.	
Практическое использование ПО «Модель ДСГ» для планирования горных работ по исходным данным рудника «Скалистый»	
Practical use of the «DSG Model» software for planning mining works on the initial data of the «Skalisty» mine.....	34
Кондрашин К.Г.	
Применение псевдо-топоизоплет в исследовании солевого состояния почвенного покрова сельскохозяйственных территорий, как средства визуализации большого массива данных	
Application of pseudo-topoisoplet in studying the salt state of soil cover of agricultural territories as a means of visualizing a large data.....	36
Кудряшов Д.В.	
Цели WEB – портала для сбора, хранения и обработки показателей работы кафедры ВУ-За	
Objectives of the WEB portal for collecting, storing and analysis of the operating indicators of the university department.....	38
Кузнецова К.Д., Пиминов Д.А., Рыхлов Р.В.	
Технологические решения по оптимизации процесса обучения в области бурения нефтяных скважин	
Technological solutions for optimizing the training process in the field of drilling oil wells.....	41
Литвиненко П.В.	
Тенденции правового регулирования цифровизации в нефтяной сфере	
Trends in the legal regulation of digitalization in the oil sector.....	42
Маринич А.А.	
Разработка систем контроля информационной безопасности предприятия в условиях цифровой экономики	
Development of enterprise information security management systems in the digital economy...	46
Матрохина К.В.	
Модели и методы поддержки принятия решений в задачах управления маркетинговой стратегией телекоммуникационного предприятия	
Models and methods of decision making support in the tasks of management of the marketing strategy of a telecommunication enterprise.....	48
Мельниченко И.А.	
Методы и технологии хранения и использования геоинформации баз данных и знаний для определения границ литологических разностей при помощи нейронных сетей	
Methods and technologies for storing and using geoinformation of databases and knowledge for determining the boundaries of lithological differences using neural networks.....	49
Митяев В.В.	
SIP - телефония филиала ООО «Газпром ПХГ» "Башкирское УАВР и КРС". Опыт внедрения виртуальной IP-АТС на базе свободного программного обеспечения	
SIP - telephony of gazprom UGS LLC branch Bashkirskoe. Experience of introduction a virtual IP-PBX based on free software.....	51
Михайлов А.В.	
Анализ кибер атак на АСУ ТП нефтедобывающего предприятия	
Analysis of cyber attacks on the APCS of the oil production enterprise.....	52
Моисеева М.Ю.	
Обзор технических средств защиты обеспечения информационной безопасности нефтедобывающего предприятия	
Overview of technical means of protection for information security of an oil production enterprise.....	54
Моргунов В.В.	
Создание модели сгустителя красного шлама	
Creating a model radial red mud thickener.....	56

Мустаев Т.И., Гаврилов И.В.

Автоматизация технологического процесса очистки насосно компрессорных труб при ремонте скважинного оборудования с использованием мобильного робототехнического комплекса

Automation of the technological process of cleaning tubing during the repair of downhole equipment using a mobile robotic complex..... 57

Набижанов Ж.И., Шкаруба Н.А.

Моделирование силы удара струи гидромонитора о забой с помощью технологий искусственного интеллекта

Modeling of impact rate of hydraulic monitor jet into the open-pit bench with the use of artificial intelligence technologies..... 59

Назначилов А.В.

Построение нечетких математических моделей аппаратных средств информационных сетей

Construction of fuzzy mathematical models of hardware information networks..... 63

Никитин А.А., Носов Д.А.

Мобильное приложение дополненной реальности «Силовые Агрегаты»

Augmented reality mobile app «Power Units»..... 65

Овчаренко П.А., Чериченко В.В.

Система обучения на основе технологии дополненной реальности «Virtual Lab»

Technology-based training system augmented reality «Virtual Lab»..... 67

Пайор В.А.

Применение синтетических данных для машинного обучения в промышленности

Synthetic data application for industrial machine learning..... 68

Полехина В.С.

Современные проблемы электролиза алюминия. Реализация идентификации напряженности магнитного поля как необходимое решение для качественного синтеза металла

Modern problems of aluminum electrolysis. Implementation of identification of magnetic field strength as a necessary solution for qualitative synthesis of metal..... 69

Попова К.В.

Программное обеспечение информационной системы поддержки принятия решений при формировании экспертных групп и проведении сложных экспертиз

Information system software support for decision-making in the formation of expert groups and conducting complex examinations..... 71

Сабанов П.А.

Разработка и отладка автоматизированной системы дозирования сырья в цехе помола в ООО «ХайдельбергЦемент Рус»

Development and debugging of an automated system for dosing raw materials in the grinding workshop in HeidelbergCement Rus LLC..... 74

Сабинин Д.С.

Цифровой двойник мельницы полусамозмельчения

Digital twin of sag mill..... 76

Сабреков А.Ю.

Интеллектуальная система управления процессом получения черновой меди

Intelligence system for control of black copper production..... 78

Савельев Р.В.

Модернизация системы загрузки шихтовых материалов в металлургический агрегат

Modernization of the charge loading system into metallurgical unit..... 79

Садыков Р.М., Шестаков А.К., Петров П.А.

Применение нейронной сети в качестве предиктивной модели в управлении современными алюминиевыми электролизерами

Implementation of neural network for model predictive control of modern aluminum electrolysis cells..... 81

Соболева Е.В. Применение портативного миниспектрометра в качестве датчика контроля качества нефти и нефтепродуктов Application of portable mini-spectrometer as oil and petroleum products quality control sensor	82
Соболь Е.Ф. Разработка автоматизированной информационно-управляющей системы мониторинга вибрационного поля судового двигателя Development of an automated information and control system for monitoring the vibration field of a marine engine.....	84
Соловьев Е.Л. Использование нейросетевых методов в имитационном моделировании сложных динамических объектов Use of neural network methods in simulation of complex dynamic objects.....	86
Стоянова А.Д. Применение цифровых технологий для повышения энергоэффективности производства Application of digital technologies for increasing enterprise energy efficiency.....	89
Трашкова А.В. Разработка компьютерного тренажера на основе цифровой модели карьера и карьерной техники Development of a computer simulator based on a digital model of a career and career technology.....	90
Фрейдин К.В. Оценка достоверности результатов автоматической корреляции скважин Results reliability assessment of automatic well-log correlation.....	93
Хайруллин Т.А. Автоматическое прослеживание первых вступлений отраженных волн Automatic peaks tracing of reflected waves.....	95
Чанкаева О.И. Разработка интеллектуальной системы мониторинга состояния магистральных трубопроводов Development of an intelligent system for monitoring the state of main pipelines.....	96
Шибяев И.А. Определение модулей упругости при ограниченном количестве геологического материала в рамках создания модели цифрового ядра Determination of elastic modules with a limited amount of geological material in the framework of creation of a model of a digital core.....	99
Елисеева А.А., Щикунов Н.Н. Определение места повреждения ЛЭП на основе беспроводной сети LoRaWAN Determining the location of damage to the power line on the basis of the LoRaWAN wireless network.....	101

Секция 13. Инновации и перспективы развития горного машиностроения

Алехнович В.В., Гоголинский К.В. Контроль качества износостойких покрытий элементов трубопроводной арматуры Quality control of wear-resistant coatings of elements of pipeline valves.....	103
Алиева Лейла Хонингование гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания с помощью алмазных брусков Honing of cylinder liners of internal combustion engines with diamond bars.....	105
Байкеева О.О., Медведев А.Е., Медведев Е.Б. Влияние содержания железа на свойства сплавов Al-Fe, обработанных методом РКУП Influence of iron content on properties of Al-Fe alloys processed by the ECAP method.....	107

Баринкова А.А, Чумакова К.А.	
Разработка композиционного материала на основе декарбонизированного красного шлама Development of a composite material based on decarbonized red mud.....	110
Барков Н.С.	
Влияние прилипания торфа к вальцам рабочего аппарата фрезер-формователя на формирование частиц Influence of peat stickiness to the rollers of the working apparatus of the mill-forming machine on the formation of particles.....	112
Вакуленко А.И.	
Разработка гидравлического двухцилиндрового многоступенчатого насосного привода Development of a hydraulic two-cylinder multi-stage pump drive.....	114
Галимов В.Р.	
Технология роботизированной MIG сварки корпуса опоры турбины газотурбинной установки Gas turbine plant turbine support housing robotic MIG welding technology.....	116
Ганеев А.А.	
Обследование крупногабаритных шин с применением широкополосных ультразвуковых импульсов с целью их восстановления и повторного использования Inspection of large-sized tires using broadband ultrasonic pulses for their recovery and recycling.....	118
Гостинщиков Д.А.	
Обеспечение работоспособного состояния системы питания Scania XPI Ensuring the workable condition of Scania XPI supply system.....	120
Громыка Д.С.	
Моделирование циклического термического воздействия на ковш экскаватора при работе в условиях высокотемпературного горного массива A modelling of cyclic thermal loads on excavator bucket working in high-temperature rock massif.....	122
Ефимов Д.А.	
Перспективы использования валков с профилем в форме треугольника Рело в валковой дробилке и измельчающих валках высокого давления Prospects for the use of rolls with a Reuleaux triangle profile in a roll crusher and high-pressure grinding rolls.....	123
Исмаилов Р.Э.	
Применение щелочного моющего средства и омагниченной воды для смывания пыли с карьерных самосвалов Using alkaline detergent and magnetic water to flush dust from mining dump trucks.....	125
Казаков Ю.А.	
Условия обеспечения многократной проходимости горнотранспортного агрегата Trafficability conditions of mining transport unit.....	127
Кузнецова В.О.	
Анализ воздействия водородной среды на напряженно-деформированное состояние сферической оболочки из титанового сплава Analysis of the effect of a hydrogen medium on the stress-strain state of a spherical shell made of titanium alloy.....	128
Максимов Д.Д.	
Обеспечение качества поверхностей сложного профиля изделий из алюминиевого сплава АМЦ Quality assurance of surfaces of complex profile of products from aluminum alloy.....	133
Минин А.О.	
Особенности и методы обработки титановых сплавов Features and methods of machining titanium alloys.....	135

Митрофанова К.С.	
Обеспечение качества ответственных деталей машин в процессе упрочняющей обработки сложнопрофильным инструментом	
Ensuring the quality of critical machine parts in the process of strengthening the processing of complex tools.....	136
Мякотных А.А.	
Совершенствование технологического процесса технического обслуживания экскаватора ЕКТ на основе оценки загрязненности рабочей жидкости его гидравлической трансмиссии	
Improvement of the technological process of technical maintenance of th ЕКТ excavator based on the assessment of the contamination of the working fluid of its hydraulic transmission.....	138
Начарова М.А.	
Технологическое обеспечение качества поверхности и точности формы обтекателя из стеклопластика для самолета ТВС-2МС	
Technological assurance of the surface quality and shape accuracy of a fibreglass fairing for TVS-2MS aircraft.....	140
Николаев А.А., Тагиров А.Ф.	
Комплексная поверхностная обработка титановых сплавов	
Complex surface treatment of titanium alloys.....	141
Новикова С.К.	
Определение режущих свойств инструмента со специальным покрытием методом компьютерного моделирования	
Determination of the cutting properties of a tool with a special coating by the method of computer simulation.....	146
Нозирзода Ш.С.	
Анализ особенностей горнопроходческих агрегатов	
Analysis of the features of mining aggregates.....	148
Ратушный Н.Г.	
Выбор предложения для модернизации карьерного экскаватора с различной грузоподъемностью	
Selection of a proposal for modernisation of a mine excavator with different bearing ratio.....	150
Рудских И.В.	
Использование программы ansys для анализа конструкций проектируемых секций механизированных крепей	
Using ansys for structural analysis projected sections of powered roof supports.....	151
Салгагаров Э.М.	
Перспективы использования лазерной маркировки в горном машиностроении	
The perspectives of using laser marking in mining engineering.....	152
Севагин С.В.	
Исследование эффективных методов отделочной обработки с целью повышения износостойкости штоков гидроцилиндров горных машин	
Research of effective methods of finishing treatment with the purpose of increasing wear resistance of rods of hydraulic cylinders of mining machines.....	154
Соколов Р.А.	
Контроль механических свойств стали по параметрам предельной кривой перемагничивания	
Control of the mechanical properties of steel according to the parameters of the limiting magnetization curve	155
Сорокопуд Н.И.	
Отличия общепринятого и альтернативного методов расчёта промежуточных диаметральных размеров и припусков осесимметричных деталей	
Differenses between generally accepted method for calculating intermediate diameter dimensions and allowances of axisymmetric items and its alternative version	157

Тарасова А.А., Алехнович В.В., Гоголинский К.В.	
Анализ и применение методов измерения механических свойств полиэтиленовых труб Mechanical properties of polyethylene pipes.....	159
Титов В.В.	
Нанокристаллические материалы, полученные методами интенсивной пластической деформацией Nanocrystalline materials obtained by the intensive plastic deformation methods.....	161
Утенкова Т.Г.	
Использование эффекта электроосмоса для снижения налипания сапропеля к металлическим поверхностям рабочих органов машины по обезвоживанию сапропеля The application of the effect of electroosmosis to reduce the adhesion of sapropel to the metal surfaces of the pièce travaillante of the machine for sapropel dewatering.....	164
Шамайтис А.С.	
Требования к метрологическому обеспечению систем экологического мониторинга атмосферного воздуха Metrological assurance requirements for ecological monitoring systems of atmospheric air.....	166
Шеметов Е.Г.	
Разработка и исследование инновационного оборудования для механоактивации железисто-окисных пигментов Development and research of innovative equipment for mechanoactivation of iron pigments...	169
Щеглова Р.А.	
Анализ проблемы повышения качества резьбовых поверхностей буровых штанг Analysis of the increasing quality of drilling rods threaded surfaces problem.....	170
Щипцова Е.К.	
Определение технического состояния материалов труб полиэтиленовых газопроводов путем исследования их физико-химических свойств Determination of technical state of pipe materials of polyethylene gas pipelines by studying their physical and chemical properties.....	172

Секция 14. Энергоэффективность производства в минерально-сырьевом комплексе

Бабырь К.В.	
Разработка алгоритмов действия защиты от кратковременных однофазных замыканий на землю для электрических сетей среднего класса напряжения The development of algorithms for the protection of short-term against single-phase earth faults in electrical networks of medium classvoltage.....	175
Бобоев Х.Д.	
Определение параметров изоляции в карьерных сетях напряжением 6 кВ Determination of insulation parameters in quarry networks with a voltage of 6 kV.....	177
Вайнер Д.Б.	
Снижение вязкости транспортируемой нефти с применением управляющего мониторинга ультразвуковым воздействием Reducing the viscosity of the transported oil with use of control monitoring by ultrasonic impact.....	179
Ворогушина Н.И.	
Оценка эффективности и обоснование применения пароорганической технологии для энергообеспечения и развития минерально-сырьевого комплекса Арктики Assessment of efficiency and justification of the application of steam-organic technology for energy supply and development of the mineral resources complex of the Arctic.....	181

Губарев Н.А.	
Роботизированный комплекс мониторинга состояния электрооборудования электрических подстанций 110-220 кВ	
Robotic complex for monitoring the state of electrical equipment of electrical substations 110-220 kV.....	185
Гуревич И.А.	
Оценка энергетической эффективности эксплуатации асинхронных электродвигателей имеющих конструктивные дефекты или повреждения на основе анализа гармонического состава потребляемых токов	
Evaluation of the energy efficiency of operation of asynchronous electric motors with structural defects or defects based on the analysis of the harmonic composition of the consumed currents	187
Добуш Ю.В.	
Метод определения вкладов потребителей электроэнергии в искажения напряжения и тока в точке общего присоединения	
Method for determining the contributions of electric power consumers to the voltage and current distortion at the point of common coupling.....	189
Замятин А.И.	
Исследование малых ветроэлектрических установок с горизонтальной осью вращения мощностью от 1 до 100 кВт	
Research of small wind turbin with a horizontal axis of rotation with a power from 1 to 100 kW	190
Клешина П.М.	
Определение остаточного ресурса трубопроводов методом контроля ударных давлений	
Determination of the residual working hours of pipelines by the method of impact pressure control.....	191
Козлов Р.Д., Долбня О.В.	
Электроснабжение карьерных экскаваторов на постоянном токе	
Electricity supply of career excavators on direct current.....	192
Стерхов И.А., Краев Н.А.	
Особенности разработки функциональных узлов погружных блоков скважинных телеметрических систем	
Features of the development of the functional units for submersible blocks of downhole telemetry systems.....	194
Курумханова Э.Р.	
Развитие тепличного растениеводства при атомных электростанциях как инструмент устойчивого развития территорий Крайнего Севера	
Development of greenhouse cultivation at nuclear power plants as a tool for sustainable development of territories in the Hard North.....	196
Лаврик А.Ю., Павлов М.М.	
Разработка программного комплекса для оптимизации состава гибридных электростанций в автономных энергосистемах	
Software development for size optimization of hybrid power plants in stand-alone power systems.....	199
Басенко В.Р., Манахов В.А.	
Диагностирование штанговых скважинных насосных установок по параметрам ваттметра	
Diagnosis oil well pumping unit by parameters wattmetergram.....	201
Мордвинцева Ю.А.	
Автоматизация процесса сортировки электронных компонентов на основе классификатора каскада Хаара	
Automation of the sorting process of electronic components based on the Haar cascade classifier.....	203

Нефедов М.С., Ширишков В.Ю.

Исследование эффективности функционирования оптоволоконных дуговых защит в электротехнических комплексах 6-10 кВ

The scientific research of functioning value of fiber-optic protection from arc fault in power complexes with a middle class of voltage 6-10 kV..... 205

Нуриева А.М.

Применение ультразвукового контроля при диагностике технического состояния электрооборудования

The use of ultrasonic testing in the diagnosis of the technical condition of electrical equipment 207

Семенова К.Д., Буйлаков Д.Е., Посаднов А.Е.

Разработка системы управления насосного агрегата и способа ее работы

The development of a pump unit control system and method of its operation..... 212

Силаев В.И.

Возобновляемые источники энергии и их применение в горной местности

Renewable energy sources and their use in mountainous areas..... 214

Смирнов Д.В., Афинеевский А.В.

Каталитические системы для модульной технологии утилизации и переработки попутных нефтяных газов в условиях месторождений

Catalytic systems for modular technology for utilization and processing of associated petroleum gases in field conditions..... 218

Старшая В.В.

Предотвращение парафиновых отложений в нефтяных скважинах с использованием возобновляемых источников энергии

Preventing paraffin deposits in oil wells using renewable energy sources..... 220

Султонов О.О.

Мини-ГЭС для труднодоступных районов Таджикистана

Mini-hydro power plants for hard-to-access areas of Tajikistan..... 222

Федоткина А.Н.

Уменьшение потерь теплоты нефтепровода с использованием низкопотенциального геотермального тепла

Reducing oil pipeline heat losses using low-potential geothermal heat..... 224

Шубина Л.А.

Использование элементов Пельтье в целях повышения энергоэффективности ДВС на углеводородном топливе

The use of Peltier elements in order to improve the energy efficiency of internal combustion engines on hydrocarbon fuel..... 225

**Секция 12. ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ**

БАЗИЛЬ В.Е.
Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КОЛОННЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
СТАБИЛИЗАЦИИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА**

BAZIL V.E.
St. Petersburg Mining University

**DEVELOPMENT OF A STABILIZATION COLUMN OF THE GAS CONDENSATE
STABILIZATION PROCESS**

Стабилизация газового конденсата позволяет в большей степени отделить газы от жидких углеводородов посредством ректификации. Стабильный газовый конденсат ценится на рынке, поскольку имеет в своем составе только легкие углеводородные фракции и газы, из-за чего получил широкое распространение в качестве сырья для нефтехимических производств. Помимо этого, может быть использован как примесь к дизельным топливам или добавка к сырой нефти для улучшения ее качественных параметров. В данной работе представлено создание модели колонны стабилизации газового конденсата и выявление параметров, значительно влияющих на качество целевого продукта.

Моделирование стабилизационной колонны процесса стабилизации газового конденсата производилось в программном продукте Aspen HYSYS V10. При моделировании колонны в статическом режиме была достигнута основная цель процесса – уменьшение доли содержания легких углеводородов в целевом продукте, за счет чего достигается снижение давления паров до требуемого уровня. Полученная модель использовалась для проведения ряда исследований по влиянию параметров ведения процесса.

При проведении анализа полученных данных было выявлено, что ключевая характеристика целевого продукта, давление паров по Рейду, прямо пропорциональна температуре и расходу нестабильного конденсата и обратно пропорциональна давлению, при котором он подается в колонну. Были прослежены зависимости влияния основных параметров ведения процесса для поддержания стабильного значения давления паров по Рейду при возможных возмущениях со стороны питающего потока. Основываясь на этих данных, приняты следующие параметры ведения процесса: температура куба колонны - 184°C; давление верха колонны = 12,2 бар; давление низа колонны = 12,4 бар; температура питающего потока = 95°C; давление питающего потока = 12,8 бар; расход сырья = 116000 кг/ч.

Проведя анализ объекта моделирования, данных, которые были получены при проведении экспериментов на созданной модели, произведен подбор параметров работы технологического оборудования и исследована зависимость качественных показателей стабильного газового конденсата от режима эксплуатации. Описанная модель может быть использована в дальнейшем для улучшения качественных характеристик целевого продукта, путем изменения параметров технологического процесса.

Научный руководитель: доцент Н В. Васильева

БАТУЕВ Н.А., КОНЫШЕВ А.В., КУЗНЕЦОВ Т.С., ПОДБЕРЕЗКО Д.С.
Южно-Уральский государственный университет

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ СПОСОБОМ ХАРАКТЕРНЫХ РЕЖИМОВ ПРИ
КРАТКОСРОЧНОМ ПРОГНОЗЕ НАГРУЗКИ УЗЛА**

BATUEV N.F., KONYSHEV A.V., KUZNESCOV T.S., PODBEREZKO D.S.
South Ural State University

**STADIES OF THE ERROR IN DETERMINING THE
ELECTRIC POWER LOSSES OF THE POWER TRANSMISSION LINE BY THE
METHOD OF CHARACTERISTIC MODES IN THE SHORT-TERM FORECAST OF THE
NODEL LOAD**

Правильное определение текущих и прогнозных режимных параметров в электрических сетях, к числу которых относятся, например, задачи нахождения потерь мощности, электроэнергии и другие обуславливают её эффективность функционирования. Но эффективность её работы зависит от многих факторов, таких как, эксплуатационно-технологических, использования энергетических ресурсов, от подверженности различным атмосферным воздействиям и др. Перечисленные некоторые из факторов носят объёмный характер, например, метеорологические: температура окружающей среды, осадки, скорость воздушных потоков, солнечный тренд и др.

Учтеть такие данные в математических моделях нулевого[1], первого[2] и более высоких порядков[3], то есть, в традиционных математических моделях баланса узловых токов[4], мощностей[5] в различных системах координат сложно и очень трудоёмко.

В оптимизационных алгоритмах приходится многократно обращаться к фрагментам определения потерь мощности, электроэнергии, выражения которых сложны, что обусловлено громоздкостью действий существующих математических моделей и расчетных способов[6].

Однако, следует заметить, что в разработках[7] апробирован подход, который обеспечивает определение энергораспределения (традиционно мощностей) в схеме электрической сети, если режимные параметры в виде узловых нагрузок моделируются функциями графиков за момент времени T . Известно, что узловые нагрузки распределительных электрических сетей разного назначения (бытовые, образовательные, медицинские и др.) являются наименее достоверными, чем для питающих сетей. Но на основе опыта и интуиции обслуживающего персонала часто нагрузки задаются, опираясь на знания региональных условий и результаты эпизодических замеров.

Ниже предлагается подход для перечисленных задач, который будет базироваться на использовании элементов искусственного интеллекта, в частности, моделей искусственных нейронных сетей. Изучаемая данная предметная область науки наиболее динамично развивается в последние годы в теории интеллектуальных исследований и вычислений, которая всё более широко рассматривается как основа современных устройств автоматизации управления сложными технологическими объектами, к которым можно отнести электроэнергетику.

Результаты краткосрочного прогнозирования узловой нагрузки получены на основе обучения нейронной сети по алгоритму обратного распространения ошибки (Backpropagation algorithm). Для данной модели MAPE (средняя абсолютная ошибка в процентах) получилась 4,59 %, что удовлетворяет ГОСТу качества 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

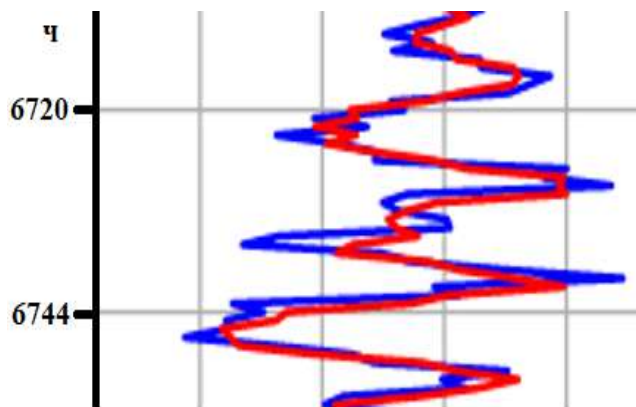


Рисунок 1 – Суточный прогноз электропотребления в узле

Список литературы:

1. Веников, В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей / В.А. Веников, Л.А. Жуков, Г.Е. Поспелов. – М.: Высш. шк., 1975.– 344 с.
2. Жуков, Л.А. Установившиеся режимы сложных электрических сетей и систем / Л.А. Жуков, И.В. Стратан – М.: Энергия, 1976. – 416 с.
3. Электрические системы. Электрические сети. / В.А. Веников, А.А. Глазунов, Л.А. Жуков и др.; под ред. В.А. Веникова и В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 1998. – 512 с.
4. Мельников, Н.А. Матричный метод анализа электрических цепей / Н.А. Мельников.– М.: Энергия, 1972.– 126 с.
5. Автоматизация управления энергообъединениями / Гончуков В.В., Горнштейн В.М., Крумм Л.А., Портной М.Г., Руденко Ю.Н., Семенов В.А., Совалов С.А., Хмельник С.И., Цветков Е.В., Черня Г.А., Шер И.А.; под ред. С.А. Совалова.– М.: Энергия, 1979 .– 432 с.
6. Основы современной энергетики: учебник для вузов: в2 т./ под общей ред. Чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова.-4-е изд., перераб. и доп.– Издательский дом МЭИ, 2008. Т. 2. Современная электроэнергетика / под. ред. профессоров А.П. Бурмана и В.А. Строева. – 632 с.
7. Павлюков, В.С. Моделирование потоков электроэнергии с учетом индивидуализации распределения по ветвям питающей сети на основе технологии искусственных нейронных сетей / В.С. Павлюков, С.В. Павлюков // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий: сборник научных трудов Всероссийской научно- технической конференции: в 2-х томах. Т.1; редкол.: Матвеев Ю.Г. и др. –Уфа: Изд-во УГНТУ, 2007.–286 с.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.С. Павлюков

**ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОСВЕЩЕНИЕМ, КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

**DIGITAL LIGHTING CONTROL AS A METHOD OF INCREASING ENERGY
EFFICIENCY**

Увеличение электропотребления предприятия – это комплексный процесс, зависящий от множества факторов. Увеличение производственных мощностей, внедрение дополнительного оборудования, износ старого, нерациональная или неправильная структура электрических сетей – это примеры причин, из-за которых у предприятий возникают проблемы энергоэффективности и энергосбережения.

Одним из энергоемких объектов на производстве может оказаться система освещения. Потребляемая ею доля электроэнергии может достигать 30% от общего электропотребления. Эффективное и правильное управление данной системой позволит не только сэкономить денежные ресурсы, но и положительно влиять на работоспособность и самочувствие работников предприятия.

Благодаря развитию современных технологий, данная проблема вполне решаема. При помощи цифровизации, которая является одним из самых важных направлений политики нашей страны, можно уменьшить долю потребляемой электроэнергии предприятия. Ее внедрение во многие сферы промышленности – это переход на новый уровень с последующей интеллектуализацией производства. При помощи современных технологий открывается много новых идей для реализации энергосберегающих мероприятий.

Целью данной работы создание системы цифрового управления внутренним и наружным освещением, обеспечивающей энергоэффективное управление световым оборудованием предприятий.

Данная система должна решать следующие задачи:

- обеспечить экономичное электропотребление системы освещения в зависимости от освещенности, времени суток, отсутствия или присутствия людей;
- режим минимального потребления электроэнергии не должен нарушать нормы освещенности, принятые в СП 52.13330.2016 [1];
- автоматическое включение и выключение света не должно вызывать негативных эмоций, например чувства испуга из-за резкого включения света;
- используемые технологии должны быть достаточно экономичны.

На данный момент можно выделить три способа управления освещением:

1. Системы управления освещением с использованием временных графиков. При данной системе управления включение и выключение светильников происходит при помощи заложенного в программное обеспечение графика времени, по которому система решает когда полностью или частично включать и выключать свет.

2. Системы управления освещением выполняющие свои функции, основываясь на уровне освещенности. При таком способе регулирование электропотребления светильников на прямую зависит от естественного уровня света.

3. Ручное управление. Это классический способ включения освещения непосредственно в ручную или дистанционно.

Наиболее эффективным способом является комбинирование всех трех способов.

Для начала стоит разобраться с системой наружного освещения. В рамках малого и среднего предприятия или даже для некоторых крупных предприятий использование сложных систем освещения с передачей информации на сервер, а так же последующая её обра-

ботка, не является экономически выгодным решением. Несомненно данные системы имеют свои плюсы, например повышают наблюдаемость осветительных сетей при помощи постоянного дистанционного мониторинга, но эти функции больше подходят для обеспечения безопасности на объектах городской инфраструктуры, таких как парки, автомобильные дороги и тротуары. Исходя из этого следует тот вывод, что следует применять более простые технологии.

Для решения задачи по экономичному потреблению следует использовать следующие вещи: контроллеры управления мощностью, датчики освещенности, датчики присутствия, таймер. Регулирование мощности стоит делать групповым, с установкой специализированных контроллеров в щиток освещения или распределительный щиток. Функционал таких контроллеров может быть весьма разнообразным, однако для данного решения достаточно, чтобы контроллер имел возможность подключать к себе датчик освещенности и иметь внутренний таймер. Подключение датчика освещенности позволяет регулировать мощность светильников в вечернее время и при хорошем естественном освещении переводить оборудование в режим минимального потребления, а внутренний таймер позволяет отключать часть групп светильников в ночное время, не зависимо от показаний датчика освещенности, поскольку в ночное время полная работа всех источников света не нужна.

Самым предпочтительным решением данной задачи будет использование технологий на основе DALI. DALI – это цифровой протокол для сетей освещения, к его цифровой шине возможно подключение до 64 устройств, при этом число шин при желании можно увеличить. Однозначными плюсами этого протокола, в отличии от конкурентных технологий является следующее:

- протокол является открытым;
- протокол специально разработан для управления сетями освещения;
- шина передачи данных децентрализованная, что позволяет подключать несколько контроллеров и реализовывать множество режимов управления;
- простая интеграция в существующие системы освещения;
- относительная дешевизна.

При внедрении системы освещения на основе DALI нет необходимости производить полную реконструкцию системы освещения, т.к благодаря своей архитектуре, управление светильниками можно производить в широковещательном режиме в вечерние часы, для регулирования электропотребления всех светильников, и в групповом режиме, для отключения групп светильников в ночное время. В данном протоколе возможно разделить все светильники на 16 групп [2] и запрограммировать свои сценарии для каждой из них.

Схема подключения устройств к цифровой шине DALI изображена на рис. 1.

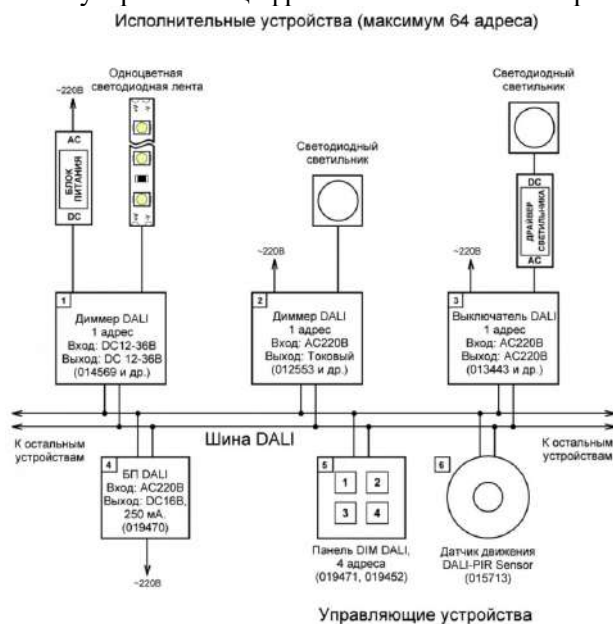


Рисунок 1

При помощи программирования управляющего контроллера, возможно не только грамотное включение и выключение, но и диммирование светильников, и их плавный пуск. Принципиальная схема подключения контроллера показана на рис. 2.

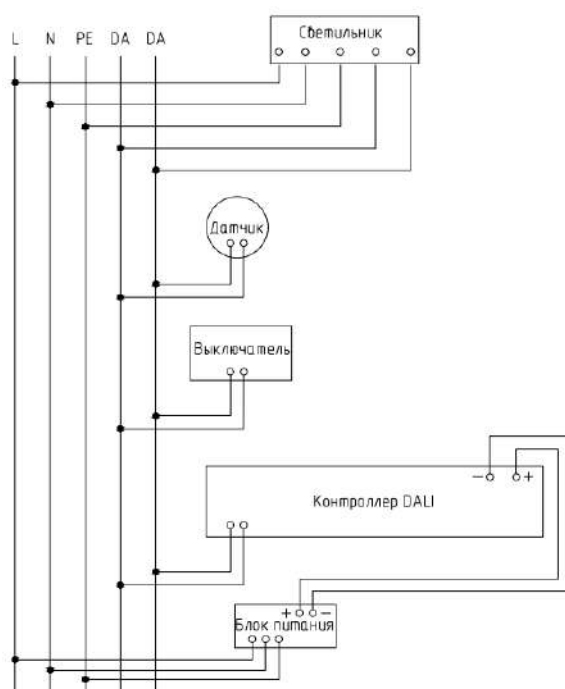


Рисунок 2

Оборудование на основе протокола DALI можно с легкостью найти и для сетей внутреннего освещения. Для обеспечения энергоэффективности в данном случае, к цифровой шине стоит подключать не только датчики освещенности, но и датчики присутствия. Режим работы, при подаче сигнала с датчика присутствия можно выбрать, либо это отключение либо режим минимального электропотребления, например 10% мощности от номинальной. Однако тут необходимо правильно подойти к вопросу установки данных датчиков, работа одного датчика на группу из 2 или 3 светильников нерациональна. Наиболее подходящими местами являются коридоры с большим числом светильников, цеха и административно-бытовые помещения с окнами, т.е помещения, где датчик освещенности будет наиболее эффективен.

Настройка внутреннего таймера должна зависеть от режима рабочего дня. Когда рабочий день окончен, в здании должно оставаться в работе лишь дежурное освещение [3].

Настройка режимов работы должна соответствовать правилам СП 52.13330.20, следовательно в каждом помещении освещенность должна соответствовать разряду зрительных работ [1], об этом важно помнить при внедрении таких систем управления. Не выполнение данных правил обязательно приведет к нарушению работы предприятия.

Итак, предложенная цифровая система освещения сможет эффективно управлять искусственным освещением промышленных зданий. Она автоматически будет настраивать режимы работы и необходимый уровень освещения, что позволит экономить значительную часть электроэнергии. Выбранная основная технология управления освещением – протокол DALI, обеспечит простоту установки и эксплуатации оборудования, как во внутреннем так и в наружном освещении.

Список литературы:

1. Естественное и искусственное освещение: (СП 52.13330.20) : официальное издание : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 07.11.2016 : введен в действие 08.05.2017. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 117с.

2. INTELVISION : [сайт]. – Москва. – URL: <https://www.intelvision.ru/blog/dali> (дата обращения 12.02.2021). – Текст : электронный.

3. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа : (СП 256.13258200.2016) : официальное издание : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 26.08.2016 : введен в действие 02.03.2017. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 84с.

Научный руководитель: к.т.н., доцент С.Б. Федотовский

ВДОВИН А.С.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ БУРЕНИЕМ СКВАЖИН МЕТОДОМ КОЛТЮБИНГА**

ALEKSANDR S. VDOVIN

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**DEVELOPING METHODS AND ALGORITHMS FOR EQUIPMENT FAILURE
PREDICTION IN ORDER TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF THE WELL CONTROL
SYSTEM BY MEANS OF COILED TUBING**

В работе рассматриваются перспективы развития в РФ технологий колтюбинга для обслуживания нефтяных и газовых скважин. Общая тенденция к увеличению факторов применения технологий колтюбинга в сфере добычи полезных ископаемых создает условия для развития методов и решений для повышения эффективности систем управления колтюбинговыми установками. Неотъемлемыми факторами эффективности использования колтюбинговых установок являются: сохранение жизни и здоровья обслуживающего персонала, сохранение экологического здоровья окружающей среды, достижение максимально высоких экономических результатов эксплуатации нефтяных и газовых скважин.

Далее рассматривается необходимость создания программно-аппаратного комплекса по оценке текущего и прогнозированию будущего состояния оборудования колтюбинговых установок.

В ходе эксплуатации колтюбинговой установки, становится актуальной задача оценки состояния оборудования, в частности- ГНКТ (Гибкой насосно-компрессорной трубы), с помощью которой осуществляются все рабочие процессы, связанные с обслуживанием скважины. Оценить состояние оборудования не представляется возможным только с помощью соответствующих датчиков, возникает потребность в разработке прогнозной модели которая на основе, в том числе, и методов эмпирического исследования позволит дать оценку текущего состояния оборудования и спрогнозировать изменения состояния оборудования во время и после планируемых нагрузок.

Эксплуатация колтюбинговой установки может проходить в сложных климатических условиях. Кроме того, на состояние оборудования установки влияют: прочностные характеристики материалов оборудования, применение агрессивных сред, циклические нагрузки, условия работы оборудования в скважине, технологические манипуляции, связанные с обслуживанием оборудования и т.п. Для построения прогнозной модели состояния оборудования необходимо учитывать влияние несколько десятков факторов и скрытых взаимосвязей между ними.

Далее дается оценка существующим решениям. Рассматриваются современные методы и научные подходы к решению задач мониторинга и прогнозирования состояния оборудования. Предлагаются методы и алгоритмы построения прогнозной модели состояния оборудования, позволяющие увеличить достоверность модели.

Список литературы:

1. Официальный сайт компании Baker Hughes URL: <https://www.bakerhughes.com> (Дата обращения: 01.04.2019).
2. Официальный сайт компании Medco URL: <http://medcotas.com/> (Дата обращения: 05.04.2019).
3. J. Pressure Vessel Technol. Jun 2020, 142(3): 031301 (9 pages) Paper No: PVT-18-1229 <https://doi.org/10.1115/1.4045511>
4. Zhao-ming Zhou Advances in Mechanical Engineering 2019, Vol. 11(9) 1–9 2019 DOI: 10.1177/1687814019880131
5. Hagianu, A., Nae, I., Ionescu, G.C., & Ripeanu, R. G. (2020). Research on mechanical and geometrical characteristics of materials used for flexible tubing production. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, (724), 012004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/724/1/012004> [CrossRef] [Google Scholar]
6. Krueger, S., & Schoenborn, K. (2020). New high temperature coiled tubing drilling bottom hole assembly enables slimhole re-entry drilling in challenging high temperature wells. Society of Petroleum Engineers – SPE/ICoTA Well Intervention Conference and Exhibition 2020. <https://doi.org/10.2118/199842-MS> [Google Scholar]
7. Sherman, S., Majko, S. M., & Otto, J. (2020). High strength coiled tubing – how is fatigue life affected by slip damage? Society of Petroleum Engineers – SPE/ICoTA Well Intervention Conference and Exhibition 2020. <https://doi.org/10.2118/199859-MS> [Google Scholar]

Научный руководитель: канд. физ-мат. наук, профессор В.В. Печенкин

ГАБДИЕВ Ф.Ф.

Уфимский государственный авиационный технический университет

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

GABDIEV F.

Ufa State Aviation Technical University

MACHINE LEARNING IN CYBERSECURITY

В работе на основе результатов анализа современного состояния проблемы выявления киберугроз в минерально-сырьевом комплексе продемонстрирована возможность использования нейронных сетей для задач распознавания и кластеризации. Широкий спектр архитектур нейронных сетей, методов их обучения и готовых библиотек позволяют выявить наиболее приспособленные для конкретной задачи и типа данных, а также дообучить сеть на конкретных примерах.

В работе показана актуальность рассмотрения вопросов кибербезопасности в период пандемии коронавирусной инфекции COVID-19, приведшей к негативным последствиям в этой области из-за перевода значительной части деятельности в цифровую сферу.

Широкое распространение информационных технологий, накопление большого объема данных (Big Data), усовершенствованием методов обучения глубоких нейронных сетей (НС), большое разнообразие готового ПО для решения практических задач с использованием глубоких НС, рост производительности компьютеров (в том числе GPU) сильно способствуют повсеместному использованию глубоких нейронных сетей для решения большого количества задач, в том числе и в кибербезопасности. Глубокие нейронные сети в настоящее время становятся одним из самых популярных подходов к созданию систем искусственного интеллекта, таких как распознавание речи, обработка естественного языка, компьютерное зрение, кибербезопасность и т.п.

Продемонстрирована взаимосвязь вопросов кибербезопасности и киберпространства. На основе обобщения определений киберпространства, данных в разных докумен-

тах, приводятся его составляющие и свойства. Одной из составляющих компонентов киберпространства является информация, представленная в цифровом виде. Данные, представленные в цифровом виде, могут быть как структурированными, так и неструктурированными или слабоструктурированными. Это требует определенного подхода к обработке и анализу данных.

Методика решения задачи выявления киберугрозы включает несколько этапов: подготовка данных, поиск признаков и идентификация.

Определены области применения машинного обучения в кибербезопасности, в частности, для защиты сетей, для оценки поведения пользователей и пр. Приведены подходы текущего состояния развития в данной области и тенденции развития: управляемый данными подход, полу-контролируемое обучение, усиление обучения и активное обучение. Рассмотрены характерные для машинного обучения задачи (регрессии, классификации, кластеризации, ассоциации и др.), а также методы решения.

Дается две постановки задачи распознавания объекта на основе применения правил классификации и классификации объекта как способность различать объекты каким-либо способом по определенным признакам (рис. 1).

Автором рассмотрена задача распознавания объекта для решения которой используется машинное обучение. Задача сводится к обучению системы на множестве примеров - обучающей выборке объектов распознавания. Алгоритм распознавания представляет собой систему $R: R = \langle A, S, P \rangle$, где множество классов, S - множество признаков для классификации, P - правила принятия решения при отнесении образа к классу.

Таблица 1 – Постановки задач распознавания и классификации объектов

Распознавание	Классификация
<ul style="list-style-type: none"> Отнесение предъявляемых объектов к определенным классам с помощью применения известных правил классификации. Обучение системы на множестве примеров - обучающей выборке объектов распознавания. Процедура "обучение с учителем". 	<ul style="list-style-type: none"> Разбиение множества объектов на непересекающиеся классы по их формализованным описаниям. От системы требуется способность различать объекты каким-либо способом по определенным признакам. Процедура "обучение без учителя".
<p>Дано: Множество объектов $W = \{w_1, w_2, \dots, w_N\}$. Объекты задаются значениями признаков x_i, $i=1, \dots, N$.</p> <p>На всем множестве W существует разбиение на подмножества (классы объектов). Разбиение на классы может быть задано полностью или определяться некоторой априорной информацией о классах.</p> <p>Найти: для каждого данного объекта w по его описанию и априорной информации вычислить значения предикатов, каждый из которых принимает истинное значение в том и только в том случае, когда объект w принадлежит к классу i.</p>	<p>Дано: Множество объектов $W = \{w_1, w_2, \dots, w_N\}$. Объекты задаются значениями признаков x_i, $i=1, \dots, N$.</p> <p>Задан критерий $K(I(w))$, позволяющий отличать объекты друг от друга в соответствии с определенным условием. Например, критерий может выдавать целое число, определяющее положение в некоторой ранговой системе.</p> <p>Построить: разбиение множества на классы в соответствии с заданным критерием.</p> <p>Число классов определяется по результатам выполнения классификации.</p>

Приведен обзор архитектур искусственных нейронных сетей, определено место НС в задаче выявления киберугроз в минерально-сырьевом комплексе, обосновано применение сверточных нейронных сетей. Приведены архитектуры нейронных сетей, история их развития и методы их обучения (метод на основе правил Хэбба, группового учета аргументов, алгоритм обратного распространения ошибки, стохастического градиентного спуска и пр.) и библиотеки машинного обучения. За последнее время создано множество библиотек для обучения НС, среди них можно отметить: Apache MXNet, Caffe, CNTK, Fastai, Elephas, Keras, Theano, Lasagne и др. На основе сравнительного анализа библиотек выбор остановлен на библиотеке Keras с бэкендом Tensorflow.

Результаты анализа современного состояния проблемы выявления киберугроз в минерально-сырьевом комплексе с использованием нейронных сетей показывают, что на этапе принятия решений характерны задачи непосредственно распознавания и кластеризации. Ши-

рокий спектр архитектур нейронных сетей, методов их обучения и готовых библиотек позволяют выявить наиболее приспособленные для конкретной задачи и типа данных.

Полученные в процессе экспериментальных исследований результаты позволяют сделать вывод, что предложенный подход по применению сверточных нейронных сетей в задаче выявления киберугроз в минерально-сырьевом комплексе позволяет добиться точности порядка 95%, что обосновано является положительным результатом.

Научный руководитель: д.т.н., профессор О.Н. Сметанина

ГАВРИЛОВ И.В., МУСТАЕВ Т.И.

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРОЕКТ БАЗЫ ДАННЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ЗАПУСКА ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

GAVRILOV I.V., MUSTAEV T.I.

Ufa State Aviation Technical University

DATABASE DESIGN OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISE OF LAUNCHES OF PARTS PRODUCTION FOR ASSEMBLY UNITS

В данной работе ставится задача разработки инструментария проектирования структуры базы данных проекта. Объектом исследования является выпуск проектов машиностроительного предприятия. Предметом исследования является процесс запуска производства деталей сборочных единиц.

Актуальность работы связана с ускорением процесса проектирования и повышения качества процесса проектирования информационной системы для выпуска деталей сборочных единиц в срок и с высоким качеством.

В рамках исследования изучен процесс производства деталей сборочных единиц в инструментальном отделе машиностроительного предприятия. Разработаны и проанализированы модели процесса: функциональные, концептуальная информационные, динамические модели процесса.

В данной работе используется методология функционального анализа и проектирования. Функционально-модульный (структурный) подход основан на принципе функциональной декомпозиции [1]. Проектирование начинается с идеи концептуального проектирования базы знаний проекта. Концептуальное проектирование определяет принцип работы процессов и закладывает логическую связь между ними. Для создания концептуальной модели необходимо определить сущности, которые содержат свои атрибуты и идентификаторы, однозначно определяющие данную сущность. Сущности соединены связями, которые в совокупности отражают процесс, который протекает между сущностями.

Процесс – связанные между собой подпроцессы, операции и функции, которые приводят к какому-либо результату, представляющий ценность [1].

На основании концептуальной модели проектируем информационную модель. Информационная модель – модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде совокупности элементов данных и отношений между ними [2]. Информационная модель повторяет реальный процесс и содержит необходимую информацию для решения поставленных ей задач. В информационной модели содержатся необходимые характеристики процесса – параметры модели.

Главное требование для информационной модели – третья нормальная форма. Для этого она должна быть во второй нормальной форме и ее неключевые атрибуты зависят только от первичного ключа, то есть при этом они не должны зависеть и от других неключевых атрибутов. [4]

Для моделирования использовался инструментарий от Sparx Systems - Enterprise Architect. Enterprise Architect используется для моделирование полного жизненного цикла информационной системы. Enterprise Architect используется для обеспечения интегрированности в общую систему базы данных предприятия.

Фрагмент спроектированной базы данных представлен на рисунке 1.

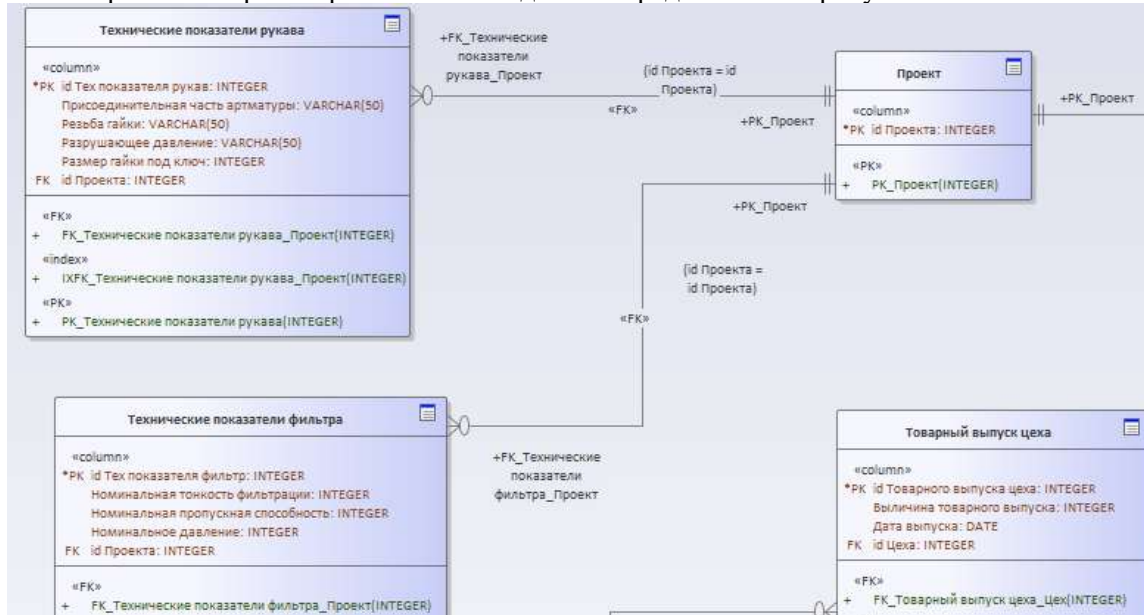


Рисунок 1 – Фрагмент модели базы данных

Опишем основные характеристики спроектированной информационной модели. Проект имеет свои технические показатели. Технические показатели приведены для проектов фильтра и рукава. Для фильтра установлены следующие показатели: номинальная толщина фильтрации, номинальная пропускная способность, номинальное давление. Технические показатели рукава: присоединительная часть арматуры, резьба гайки, его разрушающее давление и размер гайки под ключ.

Деталь сборочная единица проекта имеет свой маршрут и сущность «Выпуск ДСЕ» (рисунок 2). В маршруте указывается бригада, которая занималась данными ДСЕ, участок и операции. В операциях установлена норма времени и операции, их наименование и трудоемкость. «Выпуск ДСЕ» устанавливает количество изготовления ДСЕ, план изготовления и его фактические изготовления.

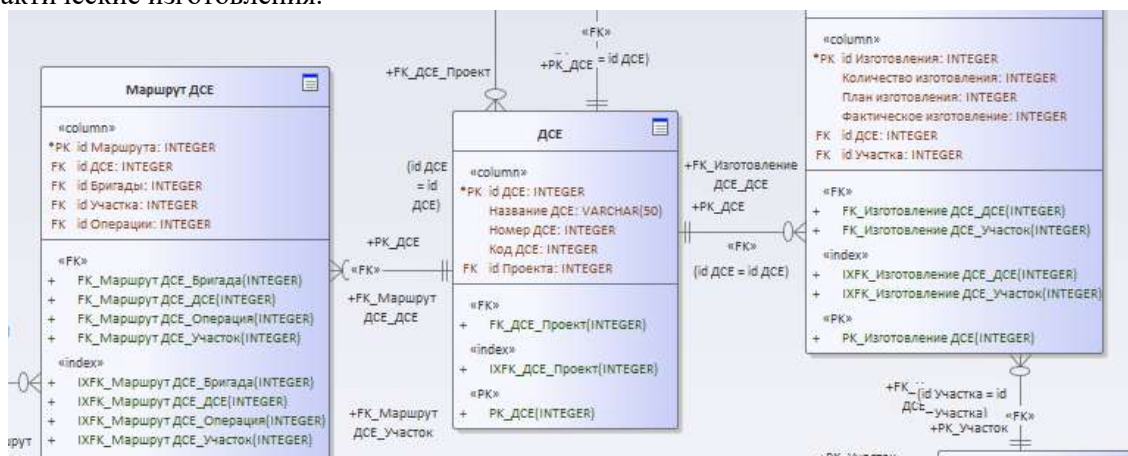


Рисунок 2 – Фрагмент модели базы данных

Проект имеет этапы: этап запуск производства, этап серийное проектирование и этап серийного производства. В первом этапе «Запуск в производство» участвует рассматриваемый цех, изготавливающий инструменты и оснастку.

Список литературы:

1. Лекция «Моделирование и CASE-технологии» [Электрон, ресурс]: Гиндуллина Т.К., к.т.н., доц. каф. АСУ Камалова Л.З., к.т.н., доц. каф. АСУ Шилина М. А., Режим доступа: <http://moodle.ugatu.su/>
2. ГОСТ Р 57412 – 2017 Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения. – М.: Стандартиформ, 2017. – 22 с.
3. Камалова Л.З. Методология информационного моделирования IDEF1X [Электрон. ресурс]: лекции по дисциплине «Системное моделирование и CASE технологии» / Л.З. Камалова. – Уфа: УГАТУ, 2016. – Режим доступа: http://moodle.ugatu.su/pluginfile.php/2478/mod_resource/content/0/Metodologija_informacionnogo_modelirovanija_IDEF1X.swf
4. Затонский А.В. Информационные технологии: разработка информационных моделей и систем: учебное пособие для вузов / Затонский А.В. – Пермь : ПГТУ, 2011

Научный руководитель: д.э.н., профессор И.З. Мустаев

ГАЗИЗОВА Г.И.

Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке

СБОР ИНФОРМАЦИИ О СТУДЕНТАХ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ

GAZIZOVA G.I.

Branch of FGBOU VO USPTU in Sterlitamak

COLLECTING INFORMATION ABOUT STUDENTS USING THE PROGRAM

Введение информационных технологий в образование является важным этапом в настоящее время. Ведь на данный момент времени все знают, какое сильное влияние имеют компьютерные технологии. Без компьютерных технологий невозможно представить жизнь человека. Эти технологии станут не просто бременем для обучения, а важным элементом в учебном процессе. В последнее время в сфере образования все больший интерес поднимается к проблеме применения компьютерных технологий.

Современные информационные технологии определяются как непрерывные процессы обработки, хранения, передачи и отображения информации, направленные на эффективное использование информационных ресурсов, средств вычислительной техники и передачи данных при управлении системами различного класса и назначения. ИТ оказывают влияние на все аспекты деятельности человека, существенно увеличивая степень автоматизации всех информационных процессов, что является предпосылкой для ускорения темпов научно-технического прогресса. Современные ИТ рассматриваются как активный инструмент и в образовательной сфере, и в сфере научных исследований, открывающий новые возможности и перспективы.

Информационные технологии не просто обеспечивают информационное взаимодействие между людьми, благодаря им происходит сбор, обработка и анализ собранной информации. Характерными чертами информационных технологий являются их доступность, передача информации и хранение всевозможной информации на машинных носителях.

В образовательной сфере информационные технологии применяют при разработке различных программ, методических материалов, которые необходимы при обучении студентов. Так же примером применения ИТ можно привести разработку web-сайтов учебного назначения.

Одной из проблем эффективной организации работы в высшем учебном заведении является задача автоматизации процесса сбора анкетных данных студентов. Каким ни был бы объект автоматизации, всегда стоит одна цель – повышение качества образования.

Повысить качество образования можно при помощи мониторинга успеваемости студентов. Один из примеров повышения успеваемости студентов являются веб-приложения, которые должны работать во взаимосвязи с клиент-серверными системами управления базами.

Ведь инфокоммуникационная система мониторинга успеваемости в любом учебном заведении позволит увеличить мотивацию студента повысить свою обучаемость и компетенции путем анализа результатов оценивания учебной работы каждого студента.

Увеличить качество образование – одна из важнейших целей, которые ставят перед собой образовательные учреждения. Этого достичь можно при помощи программы по сбору и выводу данных о студентах.

Программа автоматизированного сбора и вывода анкетных данных студентов поможет показать, например, навыки и знания обучающихся. Данные студентов хранятся в БД и в любой момент есть возможность обратиться к ней и узнать необходимую информацию. Первым делом была создана web-форма для ввода данных студента согласно разработанному шаблону. Веб-форма является специально ограниченной областью на странице сайта. Эта область нужна для ввода различной информации. Шаблон веб-формы состоит из анкеты, потому что самым распространенным методом сбора информации – это анкетирование. Анкета имеет связь с БД MySQL. MySQL – очень популярная и удобная система управления базами данных с открытым кодом. Эта система применяется в веб-приложениях благодаря своим сильным сторонам. Плюсы MySQL проявляются в ее скорости, гибкости и надежности. MySQL поддерживает множество запросов, имеет интерфейс с PHP, бесплатна в большинстве случаев. MySQL использует SQL (язык структурированных запросов) для доступа к данным в базе данных и их обработки. Так же есть возможность распечатки данных о студентах, что является очень удобной функцией. Разработанная программа позволит повысить скорость обработки информации. Данный проект позволит повысить качество учебного процесса, сократит время обработки информации. Благодаря сбору информации о студентах с помощью программы, есть возможность просматривать результаты обучения студентов. Данная работа может использоваться как самопрезентация студента и к ней будет доступ как преподавателям, так и работодателям. Это очень удобно тем, что студент сам заполняет информацию о себе, вуз получает и собирает эти данные, а кадровые агентства имеют доступ к этой информации о данном студенте.

Список литературы:

1. Системное моделирование организационного управления машиностроительным предприятием при производстве под заказ Чариков П.Н. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Уфимский государственный авиационный технический университет. Уфа, 2004
2. Анализ системной модели организационного управления машиностроительным предприятием Чариков П.Н., Сабанов П.А. Естественные и технические науки. 2018. № 11 (125). С. 396-399.
3. Определение этапов методики формирования организационной структуры управления заказом Чариков П.Н., Афанасенко А.Г., Боева Н.И. Естественные и технические науки. 2018. № 11 (125). С. 391-392.
4. Управление бизнес-процессами в капитальном строительстве на основе онтологии Чариков П.Н., Григорьев Е.С., Кутлиахметова А.И. В сборнике: Автоматизация, энерго- и ресурсосбережение в промышленном производстве. сборник материалов II Международной научно-технической конференции. 2017. С. 197-199.
5. Моделирование бухгалтерского и управленческого учета материальных потоков на предприятиях нефтехимии Кулаков П.А., Чариков П.Н. Научное обозрение. 2015. № 12. С. 409-413.
6. Модель системы оптимизации процесса управления материальными потоками Кулаков П.А., Чариков П.Н. Экономика и менеджмент систем управления. 2015. № 4-4 (18). С. 469-475.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. П.Н. Чариков

ЕЛИЗАРЬЕВ А.В.

ФГБОУ ВО Норильский государственный индустриальный институт

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛИЗАЦИИ КАЧЕСТВА РУД ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

ELIZAREV A.V.

Norilsk State Industrial Institute

ENSURING STABILIZATION OF ORE QUALITY WHEN PLANNING MINING OPERATIONS

В работе предлагается обоснование условий для эффективного повышения стабильности состава рудной массы при планировании горных работ за счёт модернизации производственной системы рудника. Процесс стабилизации качества руд при планировании горных работ рассматривается как производственная система, которая способна снижать в ходе ведения горных работ уровень изменчивости содержания полезных компонентов в добытой руде.

Целью работы является прогнозирование стабильного качества руд при подземной добыче в процессе планирования горных работ.

Качество добытого полезного ископаемого составляет один из значимых показателей горнодобывающего производства, в решающей мере предопределяющих рентабельность рудника и успех его экономической деятельности. Для месторождений полиметаллических руд характерна относительно высокая изменчивость показателей качества, что в значительной мере обуславливает дестабилизацию вещественного состава рудной массы. При переходе с разработки богатых руд залежей Талнахского рудного узла на вкрапленные и медистые руды, колебания качества руды создают значительные трудности в переработке руды, ухудшая технологические показатели обогащения и, снижая экономическую эффективность всего горно-металлургического комплекса, что и *определяет актуальность работы*.

В работе условия и пути обеспечения стабильности качества медно – никелевых руд, изучались на примере Талнахского месторождения. Исследования выполнялись в конкретных условиях рудника «Комсомольский» по залежи медистых руд МК – 1.

Крупнейшие залежи представляют собой плитообразные тела с небольшой изменчивостью мощностей на большей части площади. Крупные залежи представляют собой плитообразные тела с более изменчивой мощностью. Залежи средних размеров и мелкие тела сплошных сульфидных руд в виде линз и маломощных жил располагаются среди «медистых» руд или непосредственно внутри интрузивных тел. «Медистые» руды являются наиболее сложными геологическими образованиями и имеют большое площадное распространение, залегают в верхних эндо — и экзоконтактах интрузивного массива или экзоконтактах залежей богатых руд.

Процессу формирования требуемого уровня качества добытых руд на рудниках Заполярного филиала Публичного акционерного общества «Горно – металлургическая компания «Норильский никель» уделяется первостепенное значение. Планирование горных работ является необходимой и исходной частью действий по формированию требуемого качества руды на горном предприятии. При планировании выделяются геологические эксплуатационные блоки рудных тел, подлежащих выемке, и устанавливается календарный график последовательности их отработки.

На рудниках Компании в рамках проекта модернизации производства созданы Центры планирования, задача которых с помощью информационных систем планировать, контролировать и оперативно корректировать горные работы. Центры организован для эффективного планирования горных работ и контроля их исполнения, начиная с долгосрочных трех летних планов, заканчивая почасовым распределением работ на каждом отдельном подземном участке с целью стабилизации качественных и количественных показателей в рудопотоке. Для выполнения задач обеспечивающих повышение эффективности добычи полез-

ных ископаемых и стабилизации качественных показателей в рудной массе, направляемой на обогащение, внедрен ряд горно – геологических информационных систем (ГИИС) и инструментов планирования, таких как Micromine и GEOVIA MineSched, «Система ДСГ» инструмент краткосрочного планирования на период декада – смена. С целью контроля и безопасного исполнения планов центра в части ведения производственных процессов на рудниках организованы «Автоматизированная система управления горными работами» и «Инфраструктура диспетчеризации горных работ» (АСУГР и ИДГР).

Целесообразно для каждой стадии планирования ставить свои задачи и использовать характерные методы решения. При этом, чем больший срок планирования горных работ и относительно большие объёмы добычи, тем возможны большие масштабы отклонения планируемых показателей качества рудной массы от фактических. Дело в том, что процесс изменчивости качественных показателей, не однороден и в нем отмечаются колебания в каждом временном периоде (годы, месяцы, декады, сутки т.д.). С уменьшением календарных сроков (а, следовательно, и с уменьшением объёмов руды) уменьшается амплитуда и увеличивается частота колебания показателя качества руды в потоке. Из учёта этого обстоятельства вытекает важный вывод о том, что процесс управления качеством минерального сырья в рудничной системе должен быть многостадийный. Его следует начинать с долгосрочного и текущего планирования горных работ и постепенно регулировать на последующих стадиях планирования и управления, поэтапно снижая уровень изменчивости показателей качества руды.

С целью прогнозирования стабильного качества медно – никелевых руд при подземной добыче, в процессе планирования горных работ была выполнена количественная оценка природной изменчивости качества рудной залежи. В качестве исходных материалов были взяты данные эксплуатационной разведки и данные из программного обеспечения Micromine (каркасы, отчеты и 3-д модели планируемых выработок). Каркас - представляет собой трехмерную модель горной выработки и используется для расчета объёмов и содержаний цветных металлов»

Согласно исследованиям среднеквадратичное отклонение содержания металлов в теле залежи МК – 1 составляет 0,06...1,3%, а коэффициент вариации – 13,57...80,05%. В свою очередь среднее квадратичное отклонение по никелю 0,13% по меди 0,93, а средний коэффициент вариации по никелю и меди соответственно 44,9% и 43,3%. Снижение среднеквадратичного отклонения содержания никеля в рудной массе с 0,1 до 0,01%, повышает извлечения металла с 68 до 77%, т.е. на относительные 5%, и увеличивает выход никелевого концентрата – с 6 до 9%. Эти выводы, полученные на основании обработки большого объема данных.

Использование результатов прогноза качества руды и изменчивости её вещественного состава при планировании и развития горных работ по руднику обеспечивают снижение размаха колебания содержания металлов в общешахтном рудопотоке, что в свою очередь приводит к повышению прибыли предприятия от производства никеля, получаемого из 1 т руды более чем на 15%.

Таким образом, внедренные информационные системы и инструменты планирования горных работ в производственную систему рудника, позволяют существенно снизить изменчивость качества продукции подземного рудника, обеспечив стабилизацию качества руд при добыче и тем самым создать условия для повышения полноты извлечения запасов недр.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.А. Туртыгина

ЖИРНОВА В.Н.

Уфимский государственный авиационный технический университет

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ БУРЕНИЯ
МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

ZHIRNOVA V.N.

Ufa State Aviation Technical University

**ANALYSIS OF THE DRILLING TRAJECTORIES MODELING RESULTS USING
MACHINE LEARNING METHODS**

Методами машинного обучения и методами вычислительной математики была построена траектория бурения, максимально совпадающая по функционалу с данными, построенными вручную экспертом в анализе данных.

Для проверки результатов использовалось уравнение функционала, включающее в себя простейшие свойства линейной алгебры и аналитической геометрии. Для проверки функционала, использовалась первая треть траектории.

На основе эталонных точек строилось так называемое расстояние.

В ходе реализации задачи выяснилось, что методами машинного обучения можно получить хороший результат, но исключительно на обучаемой области.

Исходные данные:

- массив данных, состоящий из координат точек поверхности в декартовой системе координат;
- начальные точки траектории.

Задача: Методами машинного обучения и методами вычислительной математики построить траекторию, максимально совпадающую по функционалу с данными, построенными вручную экспертом в анализе данных.

Для проверки результатов использовалось уравнение функционала, включающее в себя простейшие свойства линейной алгебры и аналитической геометрии. На основе эталонных точек строилось так называемое расстояние.

Для проверки функционала, использовалась первая треть траектории, так как именно этот промежуток задает начало траектории.

Отношение функционалов рассчитаем по такой формуле:

$$1 - \left(\frac{f_n}{f_{min}} \right)$$

где индекс n – порядковый номер, а min – минимальное значение функционала.

После чего был проведен расчет отношений финальных функционалов.

Далее рассчитано отношение промежуточных функционалов.

Как выяснилось из итоговых и промежуточных результатов, методами машинного обучения можно получить хороший результат, но исключительно на обучаемой области.

Не стоит использовать машинное обучение там, где без него можно обойтись.

Поставленная задача прекрасный тому пример – поскольку алгоритмы машинного обучения достаточно громоздки, непредсказуемы и требуют подключения сторонних библиотек, то для рядовых программистов такие технологии чаще всего представляют собой «чёрный ящик» и не имеют возможности должным образом быть реализованными по назначению.

Плюс ко всему, обучение нейронных сетей достаточно трудо- и ресурсоёмкий процесс.

Вопрос, который чаще всего остаётся незатронутым – это переобучение нейросетей (имеется ввиду ситуация, когда нейросеть обучена слишком хорошо в частном случае, а не обучение под другие цели и задачи).

Специалисты нередко сталкиваются с проблемой переобучения, поскольку исходя из рассчитанных функционалов видно, что обучение нейронной сети проводилось для частного случая, но не подходит для более обобщенного, причины могут быть разными.

Алгоритмы машинного обучения для анализа больших данных могут открывать уязвимости в информационных системах, в которые они интегрированы: что имеется в виду?

Рассмотрим пример Security Operation Centre (Центр управления безопасностью), что представляет собой централизованное подразделение, занимающееся кибербезопасностью и отслеживающее инциденты безопасности в инфраструктуре компании.

Если исследовать такие структуры, то можно заметить, что в их программные комплексы хорошо вписываются алгоритмы машинного обучения, не стоит игнорировать существование темной стороны мощного потенциала нейросетей, которую могут обернуть злоумышленники против спроектированной системы изначально в общем-то в благих целях (путем НДВ (недекларированных возможностей), уязвимостей, утечек, программных закладок и так далее).

В кибербезопасности часто используются технологии так называемого двойного назначения, и технологии машинного обучения, и искусственного интеллекта в целом, здесь не исключение. У любой современной прогрессивной технологии есть так называемая обратная сторона, и это повод задуматься.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.М. Вульфин

ЗАЙНУЛЛИНА Д.Р.
Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ВИОЛЫ-ДЖОНСА

ZAYNULLINA D.R.
Branch of FGBOU VO USPTU in Sterlitamak

DESIGNING A HUMAN IDENTIFICATION SYSTEM BY THE VIOLA-JONES METHOD

В последнее время широкое распространение получает технология информационно-поисковых систем распознавания лица с целью идентификации личности. Технологии распознавания лица могут быть использованы в автоматизированных системах безопасности, например, на государственных пунктах пропуска, в крупных аэропортах, различных общественных местах и пр. с целью идентификации разыскиваемых персон с одновременной передачей соответствующей оперативной информации службам, занимающимся установлением личности [5].

Современные технологии позволяют выбрать оптимальный способ идентификации в системах контроля доступа в соответствии с задачами на объекте [4]. Рассмотрим способ распознавания лиц.

Система распознавания лиц - программа распознавания образов, задача которой состоит в автоматическом выделении лица на изображении и идентификации персоны путем сопоставления и анализа биометрических данных человеческого лица [3].

На рисунке 1 представлена схема процесса распознавания лица при обработке изображения.



Рисунок 1 – Схема процесса распознавания лица при обработке изображения

В настоящее время все существующие алгоритмы распознавания выполняют детектирование с ошибками [1]. Одним из основополагающих методов в решении задачи распознавания лиц в режиме реального времени является метод Виолы-Джонса [2]. Был введен в рассмотрение 2001 году Полом Виолой и Майклом Джонсом и до сих пор является эффективным методом для поиска объектов на изображениях и видеопоследовательностях в режиме реального времени.

Метод Виолы и Джонса представляет из себя схему построения детекторов объектов с достаточно жесткой геометрией статистическим образом (рисунок 2).

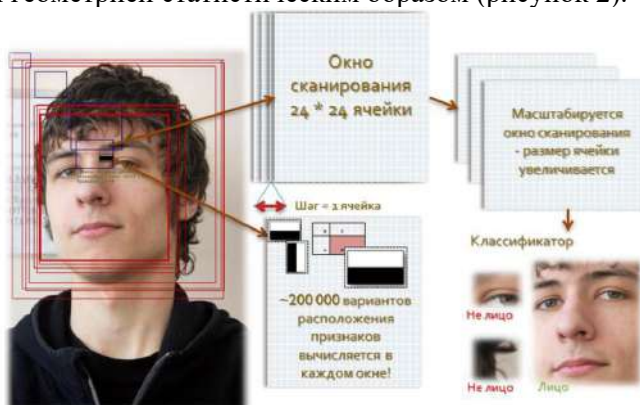


Рисунок 2 – Схема построения процесса распознавания лица

Список литературы:

1. Муравьева, Е. А. Система управления давлением в конденсаторе-испарителе по безынерционной модели объекта управления / Е.С. Григорьев // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018615711, 15.05.2018. Заявка № 2018611439 от 26.03.201.
2. Муравьева, Е. А. Разработка алгоритма автоматизированной системы управления подачей компонентов в сырьевую мельницу в цехе клинкер-2 / А.О. Резвых // В сборнике: современные технологии: достижения и инновации-2020. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 432-434.
3. Development of intellectual complex for adaptive control of microclimate parameters of flour storage processes / E.A. Muravyova // В сборнике: JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 22006.
4. Control system of the silo aeration process at the cement production / E.A. Muravyova // В сборнике: JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 42023.
5. Development of a neural network to control the process of cleaning the pyrolysis fraction from acetylene compounds / E.A. Muravyova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 32003.

Научный руководитель: к.н., доцент М.И. Шарипо

КАНАВЕЦ Е.К.

Санкт-Петербургский горный университет

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СГУЩЕНИЯ КРАСНОГО ШЛАМА
ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ
ОАО «УРАЛЬСКИЙ АЛЮМИНИЕВЫЙ ЗАВОД»**

KANAVETS E.K.

St. Petersburg Mining University

**CONTROL SYSTEM FOR THE THICKENING PROCESS OF RED MUD FROM
ALUMINA PRODUCTION ON THE EXAMPLE OF OJSC «URAL ALUMINUM PLANT»**

Сгущение красного шлама является одним из самых важных процессов в цикле производства глинозема по способу Байера. Комплексная переработка красного шлама позволяет извлечь как можно больше полезных компонентов до процесса его утилизации. Процесс сгущения характеризуется большим количеством входных и выходных параметров, которые влияют на работу всей системы, но изучение и регулирование которых затруднено. Поэтому на большинстве производств управление процессом осуществляется либо вручную, изменяя расход сгущенного продукта в зависимости от анализа проб, либо по элементарным одноконтурным алгоритмам. Очевидно, что такой подход нерационален и не обеспечивает желаемого результата. В настоящей работе представлено создание модели процесса сгущения на основе данных с ОАО «Уральский алюминиевый завод», применение к ней различных контуров управления и выявление наиболее выгодного способа регулирования.

Каждая из частей работы актуальна и несет практический характер. На этапе подготовки и анализа архивных данных использовался программный пакет GE Proficy Troubleshoot, с помощью которого выявлены примерное время инерции и запаздывания по каждому из каналов, убраны простои и участки в срезе данных, которые не должны участвовать при синтезе модели, определена корреляция между параметрами. Обработанные данные были загружены в программный пакет MATLAB System Identification Toolbox, который позволяет создать статистическую модель процесса. Статистические модели имеют множество преимуществ перед стандартными способами написания моделей объектов, например, обладают большей точностью и являются более детальными, для них нет необходимости в значительных допущениях, а также они дают возможность провести анализ большего количества факторов. Такие модели имеют возможность обучения и дообучения. Полученная модель была реализована в MATLAB Simulink. На базе модели создан программный тренажер процесса. Такие тренажеры незаменимы при обучении студентов и инженерно-технических работников. Они позволяют оценить внедрение новой техники и технологий, проанализировать совершившиеся или потенциальные аварийные ситуаций.

К разработанной модели применены три контура управления: одноконтурная система управления с отрицательной обратной связью плотностью сгущенного продукта по расходу флокулянта; одноконтурная система управления с отрицательной обратной связью плотностью сгущенного продукта по расходу шлама из-под конуса сгустителя; комбинированная система управления плотностью сгущенного продукта по расходу шлама из-под конуса и расходом флокулянта по расходу питающей пульпы. Для каждой стратегии произведена проверка регулятора по задающему и по возмущающему воздействию и проведена оценка качества управления.

На основе реакции модели на каждый из контуров управления, сделан вывод, что наиболее выгодной является комбинированная схема регулирования, включающая в себя два контура: контур управления плотностью шлама по расходу откачки шлама из-под конуса и коррекция подачи флокулянта в зависимости от расхода подачи пульпы. Данная СУ показывает самые высокие параметры по быстродействию системы и стабильности выходного параметра. Именно эту схему можно рекомендовать к реализации на реальном ОУ.

Научный руководитель: доцент Э.Р. Федорова

КАРЕЛИН И.А.

Санкт-Петербургский горный университет

**СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ КОЛОННЫ АТМОСФЕРНОЙ ПЕРЕГОНКИ
ОТБЕНЗИНЕННОЙ НЕФТИ НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ ЭЛОУ АВТ-12 РН
“ТУАПСИНСКИЙ НПЗ”**

KARELIN I.A.

St. Petersburg Mining University

**CREATING A MODEL OF ATMOSPHERIC DISTILLATION COLUMN OF TOPPED
OIL ON THE EXAMPLE OF THE COLUMN ELOU AVT-12 RN "TUAPSE REFINERY"**

Атмосферная колонна - незаменимая установка на любом нефтеперерабатывающем заводе. К настоящему времени нет единственно верной модели, способа автоматизации колонны.

Для моделирования колонны атмосферной перегонки нефти было использовано программное обеспечение Aspen HYSYS V11. Модель колонны в статическом режиме в высокой степени соответствует реальному объекту - достигнуто заданное качество разделения отбензиненной нефти на бензиновую, керосиновую, дизельную, мазутную фракции. Полученная модель использовалась для проведения опытов.

Были проведены исследования, показывающие качество перегонки (в виде показателей массовых долей в продуктовых потоках характерных нефтяных фракций) от различных переменных параметров - расхода мазута, отбираемого из колонны; изменения температурного профиля; давления конденсатора колонны; расхода пара среднего давления. Исследование модели показало, что увеличение температуры на верхней тарелке ведет к снижению качества бензиновой фракции, но при этом увеличивает качество керосиновой и дизельной фракций. Увеличение расхода мазута отбираемого из колонны позволяет повысить качество керосиновой и дизельной фракций за счет незначительного изменения мазутной фракции.

В модели найдены границы устойчивости (они шире, чем диапазон функционирования реальной колонны). Модель позволяет провести анализ качества перегонки исходного сырья при изменении параметров установки. Данная модель связывается со SCADA-системой iFIX от General Electric по технологии OPC. Начата работа по переносу модели напрямую под SCADA-систему с целью создания программного тренажера по процессу атмосферной перегонки отбензиненной нефти. Такие тренажеры смогут применяться на производствах с целью повышения квалификации персонала, позволят проводить учения по отработке действий при возникновении нештатных ситуаций. Тренажеры могут быть использованы в условиях дистанционного и очного образования в высших заведениях для повышения уровня образования студентов.

Полученные в работе данные могут быть использованы предприятиями нефтеперерабатывающего комплекса в целях повышения экономической эффективности, конкурентоспособности путем увеличения степени автоматизации производства.

Научный руководитель: доцент Э.Р. Федорова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ АСУ ТП

ISAKHIN G.V., KARUNAS A.Y.
Ufa State Aviation Technical University

DETERMINATION OF THE CURRENT THREATS TO THE SAFETY OF THE APCS

В работе рассматривается статистика обнаружения уязвимостей АСУ ТП, на основе которой подтверждается необходимость и важность определения угроз и уязвимостей для предотвращения вторжений злоумышленниками в объекты АСУ ТП.

Согласно отчету InfoWatch в 2020 году почти на 25% обнаружено больше уязвимостей АСУ ТП по сравнению с 2019 годом. При этом большинство из этих уязвимостей можно эксплуатировать удалённо. Также пропорционально выросло и количество кибератак на объекты критической информационной инфраструктуры. Хакеры стали понимать, что промышленные предприятия не могут допустить остановку производственных линий, поэтому с большей долей вероятности заплатят выкуп. Данная статистика говорит об актуальности вопроса оперативного мониторинга и устранения уязвимостей.

Источниками информации об уязвимостях являются базы данных уязвимостей. Можно выделить наиболее значимые базы данных уязвимостей: Банк данных угроз ФСТЭК, National Vulnerability Database и Common Vulnerabilities and Exposures. Информация в них имеет определенную структуру и её обработка возможна в автоматизированном режиме. В том числе возможна обработка с использованием формализованного языка описания уязвимостей OVAL. Для оперативного мониторинга необходима подсистема сбора информации с баз данных уязвимостей.

Второй составляющей является подсистема сбора сведений о программных и аппаратных компонентах в составе сети объекта. Возможно использование средств, предназначенных исключительно для инвентаризации оборудования, например Network Inventory Monitor. В таком случае возможна разработка собственной более гибкой системы сканирования уязвимостей. Ещё одним вариантом является использование существующих сканеров уязвимостей АСУ ТП. Примерами таковых являются «SCADA-аудитор» и «MaxPatrol 8».

После определения уязвимостей инфраструктуры следующим шагом стоит классифицировать обнаруженные уязвимости по степени угрозы. В приведенных базах данных используются показатели метрики CVSS. Итоговый показатель по десятибальной шкале показывает, насколько критична найденная уязвимость. Чем выше значение, тем опаснее уязвимость. Данный показатель даёт возможность реагировать сначала на наиболее критичные уязвимости для оперативного их устранения.

С другой стороны, информацию об уязвимостях можно использовать в более общей оценке угроз безопасности для определения и устранения наиболее опасных угроз. В феврале 2021 года ФСТЭК издала «Методику определения угроз безопасности информации в информационных системах», которая может использоваться во всех типах информационных систем, в том числе в АСУ ТП.

Определение актуальных угроз безопасности информации (УБИ_г) в информационной системе, в соответствии с методикой ФСТЭК, производится следующим образом:

1. Определяется угроза безопасности, для чего используются
 - 1) Данные об уязвимостях в системе
 - 2) Данные о компьютерных атаках
 - 3) Данные о вредоносном ПО
2. Формируется перечень сценариев для УБИ_г, для этого берутся
 - 1) Сведения об архитектуре систем сетей

2) Категории, виды и возможности нарушителей (нарушитель с базовым потенциалом, нарушитель с базовым повышенным потенциалом, нарушитель с высоким потенциалом)

3) Условия реализации (наличие уязвимостей и недеklarированных возможностей, наличие доступа к компонентам)

3. Выделяются основные тактики реализации угроз безопасности информации

1) Сбор информации о системах и сетях

2) Получение первоначального доступа к компонентам систем и сетей

3) Внедрение и исполнение вредоносного программного обеспечения в системах и сетях

4) Закрепление (сохранение доступа) в системе или сети

5) Управление вредоносным программным обеспечением и (или) компонентами, к которым ранее был получен доступ

6) Повышение привилегий по доступу к компонентам систем и сетей

7) Соккрытие действий и применяемых при этом средств от обнаружения

8) Получение доступа (распространение доступа) к другим компонентам систем и сетей или смежным системам и сетям

9) Сбор и вывод из системы или сети информации, необходимой для дальнейших действий при реализации угроз безопасности информации или реализации новых угроз

10) Несанкционированный доступ и (или) воздействие на информационные ресурсы или компоненты систем и сетей, приводящие к негативным последствиям

4. Оценивается уровень опасности УБИ_j, для чего определяется

1) тип доступа к системе, который может быть физическим (наименее опасный), канальным и удаленным (наиболее опасный)

2) уровень сложности сценария, который можно подразделить на умеренный, повышенный, средний и высокий

3) уровень значимости информации: низкий, средний и высокий

5. Рассчитывается уровень опасности угроз исходя из определенных на предыдущем шаге значений, что впоследствии используется для их классификации.

Информационные угрозы для промышленных систем становятся все больше похожими по своему ландшафту на угрозы для корпоративных сетей. Из-за необходимости повышения эффективности производства появляются физические соединения сетей и сопряжения смежных информационных систем. Все чаще применяются схожие наборы технологий, схожие архитектурные решения и сценарии использования. Вследствие этого могут появиться новые угрозы, специально разработанные для промышленных предприятий, а также могут развиваться существующие угрозы безопасности, помимо прочего злоумышленники могут их адаптировать для атак на промышленные предприятия и объекты физического мира. Таким образом, «Методика определения угроз безопасности информации в информационных системах» ФСТЭК важна и нужна, поскольку она позволяет выявить наиболее опасные угрозы безопасности информации в АСУ ТП, требующие незамедлительного реагирования, что способствует предотвращению возможных критических последствий.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.М. Вульфин

КОВАЛЬЧУК А.А.

ФГБОУ ВО Норильский государственный индустриальный институт

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО «МОДЕЛЬ ДСГ» ДЛЯ
ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ПО ИСХОДНЫМ ДАННЫМ РУДНИКА
«СКАЛИСТЫЙ»**

KOVALCHUK A.A.

Norilsk State Industrial Institute

**PRACTICAL USE OF THE "DSG MODEL" SOFTWARE FOR PLANNING
MINING WORKS ON THE INITIAL DATA OF THE "SKALISTY" MINE**

В работе предлагается обоснование практического использования программного обеспечения ПО «модель ДСГ» декадно – сменного графика с целью управления качеством руд при добыче в процессе планирования горных работ для условий рудника «Скалистый».

Актуальность работы определяется, тем что в условиях ухудшения запасов минеральных ресурсов в недрах, естественно, происходит снижение качества добытого рудного сырья, что влечёт за собой соответствующее увеличение объёмов его добычи, сопровождаемое возрастанием сопутствующих экологических и материально-финансовых последствий. Существенное противодействие этим негативным факторам возможно путём стабилизации качества добытых руд за счёт совершенствования технологии горно-добычных работ при планировании на руднике. Рудник «Скалистый» отрабатывает запасы сульфидных медно-никелевых руд Талнахского месторождения. Северные залежи Талнахского месторождения представляют основную перспективу для восполнения выбывающих производственных мощностей по добыче богатых руд. В этой связи планирование горных работ является необходимой и исходной частью действий по формированию требуемого качества руды на горном предприятии. При планировании выделяются геологические и эксплуатационные блоки рудных тел, подлежащих выемке, и устанавливается календарный график последовательности их отработки. Постоянно обновляющиеся геологические и маркшейдерские данные выдвигают особые требования к инструменту оценки и подсчета этих данных. Для планирования на смену-сутки был создан инструмент «Система ДСГ».

Целью работы является демонстрация практического использования инструмента планирования «Система ДСГ» декадно – сменного графика в условиях рудника «Скалистый» для обеспечения запланированных показателей качества руды при добыче.

Различают стадии планирования горных работ, характеризуемые сроками, в пределах которых устанавливаются объёмы добычи и средние показатели качества рудной массы, а также направления фронта и темп горных работ. По этим признакам различаются: долгосрочное (перспективное) планирование, выполняемое на несколько лет с целью определения перспективы горного производства; текущее планирование, включающее в себя составление годовой программы горных работ с разбивкой по кварталам и месяцам; оперативное планирование горными работами, включающее декадно-недельное и посуточное планирование; посменное и внутрисменное оперативное управление, регулирующее текущие отклонения в показателях добычи.

Одна из целей долгосрочного планирования горных работ — снятие в первом приближении низкочастотной части рассматриваемого колебательного явления. На последующих стадиях, наряду с обеспечением стабильности высокоамплитудного спектра колебаний, необходимо стремиться к снижению и более высокочастотных характеристик. Наиболее эффективно достичь эту цель можно при горных работах, за счёт рационального порядка выемки запасов, что предопределяется календарным и текущим планированием горных работ.

На стадиях оперативного планирования и управления горными работами в режиме усреднения качества рудной массы, осуществляемых на заключительной стадии, стремятся воздействовать на технологию и организацию горного производства с тем, чтобы ещё более снизить размах колебаний запланированных показателей качества руды.

Для процесса планирования на руднике применяются горно-геологическая информационная система (ГГИС) и инструменты планирования, такие как: Micromine и GEOVIA MineSched, «Система ДСГ». В качестве исходных, для процесса планирования применяются следующие данные: целевые показатели по добычным и проходческим работам на квартал, месяц и декаду по руднику; локальные проекты горных работ, разрабатываемые техническим отделом; планы горных работ, разработанные центром планирования рудника; данные по актуализированным расстояниям плеч откатки из Macromine; графики ремонтов стационарного оборудования, данные оперативного учета (в течении и по окончании) смены по горным работам из «Планшетного решения» от линейных руководителей участков; данные по приоритетности работы по горной выработке и т.д.

В инструменте MineSched происходит расчет спроектированных в Micromine выработок, устанавливается очередность работ, параметры производительности и прочее. MineSched обсчитывает каждый каркас позволяя узнать объём выработки, тоннаж, содержания полезных компонентов с учетом потерь и разубоживания. Mineched охватывает такие сроки планирования как три года, год, квартал, месяц и декада. Система ДСГ позволяет моделировать работу рудника на декаду исходя из доступности людей, техники и производственных показателей. Система имеет множество отчетов, позволяющих узнать ежесменные потребности предприятия в технике. Получить цикл работ на декаду по каждой из выработок. Расчет производится исходя из целей всего рудника, а не каждого отдельного участка, что позволяет повысить эффективность горного производства.

В заключение хотелось бы отметить, что для каждой стадии планирования ставятся свои задачи и используются характерные методы решения. При этом чем больший срок планирования горных работ и относительно большие объёмы добычи, тем возможны большие масштабы отклонения планируемых показателей качества рудной массы от фактических. Дело в том, что процесс природной и технологической изменчивости, не однороден. При этом отмечаются колебания в каждом временном периоде. С уменьшением календарных сроков уменьшается амплитуда и увеличивается частота колебания показателя качества руды в потоке. Из учёта этого обстоятельства вытекает важный вывод о том, что процесс управления качеством минерального сырья в рудничной системе должен быть многостадийный. Его следует начинать с долгосрочного и текущего планирования горных работ и постепенно регулировать на последующих стадиях планирования и управления, поэтапно снижая уровень изменчивости показателей качества руды за счет оперативного планирования горными работами в системе «ДСГ».

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.А. Туртыгина

КОНДРАШИН К.Г.
Астраханский Государственный архитектурно-строительный университет
(ГАОУ АО ВО «АГАСУ»)

**ПРИМЕНЕНИЕ ПСЕВДО-ТОПОИЗОПЛЕТ В ИССЛЕДОВАНИИ СОЛЕВОГО
СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ, КАК СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ БОЛЬШОГО МАССИВА
ДАННЫХ**

KONDRASHIN K.G.
Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering
(GAOU AS VO "AGASU")

**APPLICATION OF PSEUDO-TOPOISOPLNET IN STUDYING THE SALT STATE
OF SOIL COVER OF AGRICULTURAL TERRITORIES AS A MEANS OF VISUALIZING
A LARGE DATA**

В работе исследована возможность применения псевдо-топоизоплет для изучения загрязнения токсическими солями почвенного покрова сельскохозяйственных территорий.

Для прослеживания динамики соленакопления были выбраны два действующих хозяйства и два неактивных (более десяти лет) хозяйства, Камызякского района, Астраханской области.

Для достижения целей данной работы необходимо было исследовать почвы разных классификационных принадлежностей и отличающихся по степени засоления. Почвенный покров каждого объекта имеет сугубо индивидуальный водный режим, определяющий передвижение солей и распределение их по профилю. Потому, для достижения цели настоящего исследования, проводилось изучение распределения солей в зависимости от положения в мезорельефе.

Весной 2020-го года, было проведено исследование экологического состояния территории нескольких хозяйств Камызякского района, Астраханской области. В ходе данных работ, а также обзора опыта подобных работ, был собран объёмный материал, сгруппированный по типу и времени исследования.

На данном этапе НИР проявилась проблема представления полученных данных и комплексного их анализа.

В дальнейшем полученный массив данных был преобразован для визуальной оценки загрязнения исследуемой территории токсичными солями.

В простых проектах, географическая информация может храниться в виде обычных файлов. Но с увеличением масштаба информации и количества пользователей для хранения, структурирования и управления данными становится более эффективным использование систем управления базами данных (СУБД), специальных вычислительных инструментов для работы с наборами данных - интегрированные (базы данных).

Однако, чтобы данная информация стала доступной, простой для понимания неспециалисту, необходимо преобразовать её в иную форму, в том числе, например, для выделения и управления пространственными данными, необходимыми для конкретной задачи.

При построении псевдо-топоизоплет с физическими или химическими свойствами грунтов на основе базы данных с использованием той или иной процедуры интерполяции (кригинг, сплайн, IDW и др.), выделяют изолинии, которые представляют собой горизонтальные участки построенной поверхности на уровнях, равных уровням указанные значения.

Техническое построение псевдоизолиний возможно в подавляющем большинстве программ ГИС, включая ArcGis, QGis, AutoCAD и другие.

В том числе, для использования в качестве подложки к формируемой топо-изоплете (картосхеме) был использован метод преобразования растрового изображения (устаревшей картосхемы) в векторное.

Метод преобразования растрового изображения в векторное называется векторизацией или трассировкой. Выполнить ее можно в таких программных комплексах как Adobe Illustrator, Vector Magic, а также в CorelDraw — профессиональном векторном графическом редакторе.

Как и в других подобных программах, в CorelDraw трассировка может выполняться как автоматически, так и вручную. С другой стороны, ручной режим предлагает два метода отслеживания - осевую линию и контур. Векторизация осевой линии подходит для преобразования черно-белых иллюстраций, включая технические, различные карты, штриховые рисунки, подписи и т. д., отслеживание контуров используется при преобразовании логотипов, изображений низкого и высокого качества, а также черно-белых изображений в векторные штриховые рисунки.

Применяя упрощённый метод построения псевдо-топоизоплет мы визуализируем информацию о состоянии почвенного покрова: плодородие, засоление, загрязнение и так далее. (Рис. 1)

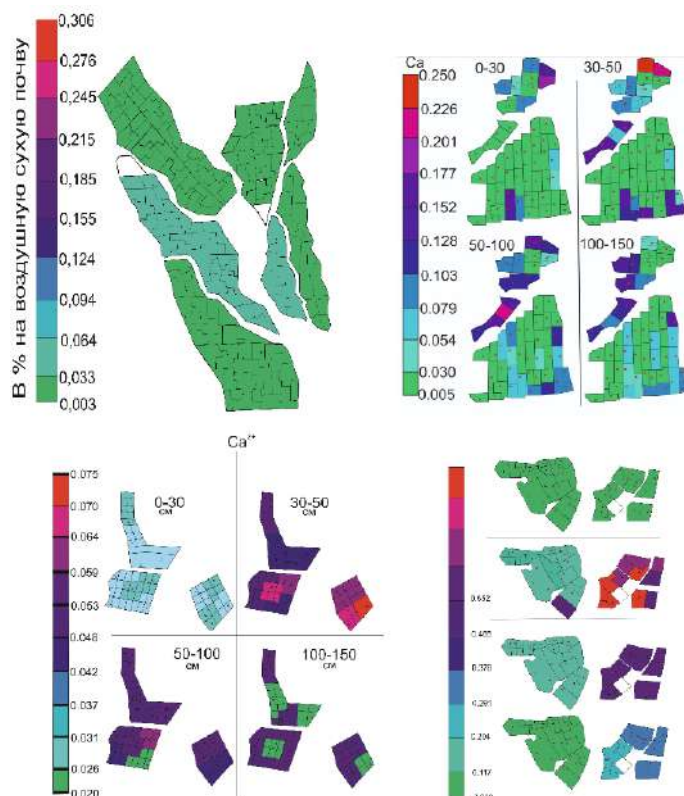


Рисунок 1 – Распределение ионов кальция в почвенном покрове исследуемых хозяйств

Данная картосхема (псевдо-топоизоплета) была составлена на примере исследования минерализации почвенного покрова, в рамках формирования упрощённой модели визуализации массива данных.

Анализами подтверждается, что распространение (перемещение, аккумуляция и трансформация) ионов солей в почвенной толще исследуемых территорий, подчиняется определённым геохимическим законам.

Вариабельность содержания легкорастворимых солей в почвенном покрове исследованных территорий зависит от ряда факторов: различие в растительных сообществах, особенности мезо- и микрорельефа, гидрологический и тепловой режимы и морфологическое строение почвы.

Выводы. На примере исследования минерализации почвенного покрова территории, была составлена картосхема (псевдо-топоизоплета) в рамках формирования упрощённой модели визуализации массива данных.

Заключено что, визуализация результатов анализа отобранных выборок с помощью современных или исторических исследований является наиболее информативным и простым для понимания методом.

Выявлено что применение методов ручной векторизации, либо автоматической трасировки, возможно как для дешифрирования устаревших картосхем, так и для формирования визуализированной базы данных из большого массива экологических данных исследуемой территории.

Задача, поставленная в начале работы полностью завершена.

1. В данной работе были в полной мере измерены концентрации ионов солей в почвенных профилях. Все полученные данные были интерполированы на широкие территории исследуемых сельскохозяйственных угодий.

2. По полученным результатам были составлены картографические схемы, в пределах исследуемых сельскохозяйственных угодий, по катионно-анионному составу и различным глубинам.

3. Солевой режим почвенного покрова был оценён по критериям темпов сельскохозяйственной обработки, а также найдена зависимость распространения ионов солей от геоморфологического строения территории.

4. Проведено исследование степени подчинения ионов солей, законам физико-химического перераспределения их в локальной топографической системе. А так же в комплексе топографических систем - в пределах одного административного района Астраханской области.

Научный руководитель: д.б.н., профессор В.Н. Пилипенко

КУДРЯШОВ Д.В.

Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке

ЦЕЛИ WEB – ПОРТАЛА ДЛЯ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КАФЕДРЫ ВУЗА

KUDRYASHOV D.V.

Branch of FGBOU VO USPTU in Almaty. Sterlitamak

OBJECTIVES OF THE WEB PORTAL FOR COLLECTING, STORING AND ANALYSIS OF THE OPERATING INDICATORS OF THE UNIVERSITY DEPARTMENT

Современный подъём экономики России требует развития образования. В частности, это относится к высшим учебным заведениям, занимающимся подготовкой высококвалифицированных кадров. Такая подготовка невозможна без совершенствования образовательного процесса в ВУЗе, одним из способов которого является использование показателей рейтинговых систем, позволяющих управлять качеством учебного процесса.

Формирование рейтинговых систем – процесс творческий, а потому является сложно формализуемым. При этом проведение рейтинговых исследований сопровождается изучением большого количества различных документов. Поэтому важным и актуальным является разработка рейтинговой системы, позволяющей автоматизировать реализацию в информационно-управляющей системе вуза.

Построение систем показателей рейтинга, отличающихся полной и системной характеристикой текущего качества учебного процесса, для использования в системе качества, также является актуальной задачей.

Проблема мониторинга состояния дел по кафедре и ВУЗу в целом в аспекте принятия управленческих решений является актуальной. Причём, развитие высшей школы предполагает дальнейшую информатизацию и внедрение новых информационных технологий во все сферы образовательной деятельности [3].

Ежегодный рейтинг деятельности подразделений университета, как таковой, необходим и должен выполнять следующие функции:

- информационно-специализированную функцию (сбор и структурирование необходимой информации для комплектования официального отчета о научной деятельности университета по требованиям Федерального агентства по образованию и отчетов для иных органов федерального регионального и местного контроля);

- функцию стимулирования моральной и материальной научной деятельности (первые три места итогового рейтинга и специальные номинации должны быть обеспечены формами моральной (звание лауреатов, грамоты) и материальной стимуляции;

- аналитическую и административно-управленческую функцию (сравнительный анализ результатов научной деятельности руководством университета, факультетов, кафедр и других подразделений, включенных в рейтинг, выявление «слабых и сильных» позиций научной деятельности, негативных и позитивных тенденций, формулировка и планирование мероприятий исправления ситуации, выработка механизма реализации перспективных планов, административное регулирование процессов конкурсной смены персонала и управленческих структур подразделения (факультетов, кафедр, научных центров, лабораторий и т.п.) на основе комплексного анализа результатов научной деятельности за соответствующий период, регулирование процесса распределения учебной нагрузки в зависимости от эффективности научной деятельности (факультетское между кафедрами и «внутрикафедральное» – между сотрудниками соответствующего подразделения) [2].

Анализируя имеющийся опыт других вузов и учитывая рейтинг кафедр, осуществляемый УГНТУ, можно сформулировать следующие основные требования к разработке предлагаемой системы рейтинга, а именно:

- формализуемость методики, позволяющая создавать компьютерную базу данных и использовать локальную сеть университета для сбора и публикации данных рейтинга;

- объективное число показателей, характеризующих деятельность каждого участника рейтинга (преподавателя; кафедры; факультета);

- возможность дополнения и изменения системы показателей рейтинга;

- стимулирование каждого участника в оценке его рейтинга (премии, надбавки, присвоение званий - "Лучший коллектив", "Преподаватель года" и т.п.);

- создание специальной группы (с выделением соответствующего финансирования), ответственных лиц в подразделениях и экспертных комиссий для подсчета рейтинга и контроля сведений;

- учет опыта других вузов, а также рейтинга о научной работе, возможность апробации методики (например, в течение 1 года);

- ежегодное рассмотрение на Ученом совете, утверждение приказом ректора показателей рейтинга и их весомости, ознакомление коллектива;

- привлечение для сбора данных, кроме кафедр и факультетов, отдела кадров, бухгалтерии университета и, возможно, других [6].

Рейтинг кафедр должен базироваться на рейтинге соответствующих преподавателей, а факультетов – на рейтинге кафедр, входящих в факультет.

Для подсчета рейтинга администраторов, относящихся к категории ППС (заведующие кафедрами, деканы), иногда работающих на кафедре на условиях почасовой оплаты труда или совместительства и уделяющих руководству много времени, можно внедрить методики. Применяемые в данный момент на кафедре [4].

Рейтинг целесообразно подсчитывать за учебный год.

На сегодняшний день на кафедрах различных ВУЗов реализованы базы данных, в виде Web сайтов [1]. Информационная среда кафедры представляет собой огромное хранилище данных. Современные системы управления базами данных позволяют эффективно хранить, обрабатывать данные, но, к сожалению, выполнение этих задач, недостаточно для управления персоналом.

Тенденции в развитии высшего образования России указывают на то, что требуется не просто хранить данные, но и контролировать процесс развития кафедры, как в учебных,

научных и других направлениях деятельности. Для этого предлагается реализовать систему подсчета, ведения и визуализации рейтинга кафедры и внедрить ее в уже имеющийся Web – портал кафедры.

Данная система не только позволит упростить сбор, подсчет и хранение необходимой информации по рейтингу кафедры, но и представит необходимые показатели в наглядном и понятном виде.

На основе различных критериев будет составляться эталонная модель показателей, в дальнейшем полученные данные будут сравниваться с данной эталонной моделью и в случае необходимости или несоответствий, будет возможно вовремя провести необходимые работы по корректировке показателей [5].

Кроме того, при необходимости можно получить информацию о том, какие данные и формулы были использованы для расчета определенного показателя рейтинга кафедры, либо всего рейтинга в целом.

Нужно, в соответствии с практикой других высших учебных заведений, а также, беря во внимание рейтинг всех кафедр, который проводится УГНТУ, требуется разработать и реализовать необходимые требования к созданию системы рейтинга.

Список литературы:

1. Системное моделирование организационного управления машиностроительным предприятием при производстве под заказ Чариков П.Н. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Уфимский государственный авиационный технический университет. Уфа, 2004

2. Анализ системной модели организационного управления машиностроительным предприятием Чариков П.Н., Сабанов П.А. Естественные и технические науки. 2018. № 11 (125). С. 396-399.

3. Определение этапов методики формирования организационной структуры управления заказом Чариков П.Н., Афанасенко А.Г., Боева Н.И. Естественные и технические науки. 2018. № 11 (125). С. 391-392.

4. Управление бизнес-процессами в капитальном строительстве на основе онтологии Чариков П.Н., Григорьев Е.С., Кутлиахметова А.И. В сборнике: Автоматизация, энерго- и ресурсосбережение в промышленном производстве. сборник материалов II Международной научно-технической конференции. 2017. С. 197-199.

5. Моделирование бухгалтерского и управленческого учета материальных потоков на предприятиях нефтехимии Кулаков П.А., Чариков П.Н. Научное обозрение. 2015. № 12. С. 409-413.

6. Модель системы оптимизации процесса управления материальными потоками Кулаков П.А., Чариков П.Н. Экономика и менеджмент систем управления. 2015. № 4-4 (18). С. 469-475.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доц. П.Н. Чариков

КУЗНЕЦОВА К.Д., ПИМИНОВ Д.А., РЫХЛОВ Р.В.
Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ В
ОБЛАСТИ БУРЕНИЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН**

KUZNETSOVA K.D., PIMINOV D.A., RYKHLOV R.V.
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR OPTIMIZING THE TRAINING PROCESS IN
THE FIELD OF DRILLING OIL WELLS**

Ресурсодобывающая промышленность является одной из приоритетных для российской экономики. Многие функционирующие промышленные предприятия положительно влияют на развитие социальной сферы. Данная отрасль является одной из самых динамично развивающихся и высокотехнологичных отраслей, и зависит от увеличивающейся потребности в безопасности, доступности полезных ископаемых и энергии. По прогнозам специалистов, текущее состояние ресурсодобывающей отрасли России открывает возможности дальнейшего её развития. По оплате труда специалистов данная отрасль занимает одну из лидирующих позиций.

Добыча газа и нефти – сложнейший процесс, требующий уникального оборудования, передовых технологий и знаний. Нефтегазовые предприятия относятся к категории наиболее опасных производственных объектов, требующих специалистов высокой квалификации. Чрезвычайные ситуации на таких объектах случаются крайне редко, но способны развиваться по сложному катастрофическому сценарию с разными типами аварийных событий, среди которых чаще всего наблюдаются пожары, взрывы, выбросы опасных веществ. Последствия подобного рода чрезвычайных ситуаций способны нанести ущерб не только конкретному предприятию, но и превратить регион (область) в зону экологического бедствия. Анализ материалов расследования чрезвычайных ситуаций на различных добывающих объектах, проведенный Ростехнадзором, показал, что в 50% случаев они были вызваны низкой профессиональной квалификацией сотрудников.

Таким образом, подготовка и переподготовка специалистов нефтегазовой отрасли является важнейшей проблемой, требующей незамедлительного решения, которое заключается в поиске новых, более эффективных, неформальных работающих подходах и методах в данной области.

Вузы ежегодно выпускают тысячи специалистов-инженеров ресурсодобывающей области, однако уровень подготовки значимой части студентов в основном построен на теоретических знаниях, что требует обязательного переобучения непосредственно на самом промышленном предприятии для повышения практических навыков. Главным образом, именно отсутствие практических навыков работы с уникальным, передовым оборудованием не позволяет выпускникам без дополнительного (обязательного) обучения устроиться на нефтегазовое предприятие.

Практически у каждого промышленного нефтедобывающего предприятия имеется собственный обучающий центр, производящий дополнительное обучение конкретным навыкам работы с уникальным оборудованием. Однако, дорогостоящие содержание собственного учебного центра и необходимость обучения специалистов непосредственно на рабочем месте ограничивает возможность комплексного обучения.

Согласно анализу Aberdeen Research, средняя стоимость остановки нефтегазового оборудования на сегодняшний день составляет 30–50 тыс. долларов в час. Убыток в производительности для нефтехимических производств оценивается в 2–5%. В среднем, остановка производства происходит 3,6 раза в год и длится 3–4 часа, т. е. промышленная организация в среднем за год теряет минимум 500 тысяч долларов.

Внедрение современных информационных технологий в процесс обучения специалистов нефтедобывающей отрасли позволит смоделировать сложные технологические научно-технические комплексы и процессы, что в значительной мере уменьшит затраты на приобретение у сотрудников предприятия практического опыта работы с уникальным оборудованием и навыков действий в чрезвычайных ситуациях. На сегодняшний день наблюдается тенденция к применению для обучения сотрудников нефтегазовой отрасли виртуальных симуляторов и тренажеров, что способствует минимизированию экономических и экологических потерь.

В рамках исследования по оптимизации процесса обучения в области бурения нефтяных скважин в качестве технологического решения предлагается разработка симулятора процессов добычи природных ресурсов с использованием технологий виртуальной реальности. Использование технологии виртуальной реальности позволяет применять знания на практике на любом реальном объекте, воссозданном в виртуальном мире, без необходимости непосредственного нахождения на промышленном объекте. Разрабатываемые алгоритмы взаимодействия с виртуальными объектами с учетом физических свойств и характеристик реальных объектов позволят управлять виртуальными объектами с максимальным уровнем соответствия. Высококачественная, реалистичная 3D-графика и имитация процесса бурения нефтяных скважин в режиме реального времени позволит обучающемуся полностью погрузиться в виртуальный мир. Кроме того, разрабатываемый симулятор состоит из модулей:

Модуль техники безопасности, необходимый для проверки знаний техники безопасности перед началом работы на конкретном оборудовании, включающий необходимость выбора конкретных наборов средств индивидуальной защиты.

Модуль обучения, необходимый для обучения работе с уникальным технологическим нефтедобывающим оборудованием.

Модуль тестирования, необходимый для отработки навыков работы с конкретным уникальным оборудованием в области бурения нефтяных скважин, включающий оценку теоретических знаний.

Модуль проверки результатов тестирования, необходимый для проверки тестирования с возможностью фиксации и пояснения ошибок при прохождении теоретического и практического блоков.

Таким образом, внедрение разрабатываемого симулятора процессов добычи природных ресурсов с использованием технологий виртуальной реальности можно отнести к технологическому решению по оптимизации процесса обучения в области бурения нефтяных скважин.

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры ПИТ М.С. Королёв

ЛИТВИНЕНКО П.В.
МГИМО МИД России

ТЕНДЕНЦИИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ В НЕФТЯНОЙ СФЕРЕ

LITVINENKO P.V.
MGIMO University, Russia

TRENDS IN THE LEGAL REGULATION OF DIGITALIZATION IN THE OIL SECTOR

В настоящее время основная тенденция развития нефтяной отрасли заключается в том, что становится всё сложнее и сложнее разрабатывать месторождения углеводородного сырья в виду истощаемости природных ресурсов, снижается экономическая эффективность, возрастают риски освоения труднодоступных месторождений. Для повышения эффективности сегмента разведки и добычи (апстрим) нефти в России необходимо осуществить переход

к «Индустрии 4.0» с использованием цифровых технологий. Далее представлены результаты изучения отечественного и зарубежного опыта цифровизации сегмента апстрим, оценка результатов внедрения цифровых технологий нефтяными компаниями, а также решение проблем в области правового регулирования цифровизации. Остро встает необходимость замещения иностранных технологий, прежде всего, программного обеспечения, в условиях действия секторальных санкций.

Целью данного исследования является комплексная оценка результатов цифровой трансформации сегмента разведки и добычи (Upstream Industry) в особенности изучения мирового опыта цифровизации сегмента апстрим. Используются такие методы, как аналитический, критический, сравнительный, метод идеализации, аналогии и прогнозирования.

Исследование технологий применения базы данных основывается на:

- Big Data (инструменты и методы собирания, обработки, хранения, обмена и использования данных, а также внедрение искусственного интеллекта);
- Дроны-роботы (исследование труднодоступных объектов);
- Промышленный интернет вещей (контроль и автоматизация процессов на удаленном расстоянии с подключением физических объектов (вещей) со встроенными датчиками программного обеспечения);
- Цифровые двойники (модель месторождения, включающая скважины и всю соответствующую инфраструктуру);
- Нанопокртия и умные жидкости (для обеспечения работы в экстремальных условиях с низкими температурами).

Включение технологий позволит:

- а. снизить операционные затраты
- б. сократить период разработки месторождения
- в. снизить издержки
- г. повысить качество прогнозирования добычи нефти
- д. увеличить технически извлекаемые запасы на 35%
- е. сократить время простоя и затрат на бурение

Примером позитивного внедрения технологий служит запуск цифровой модели Южно-Приобского месторождения позволило снизить операционные затраты на 15%.

В зарубежных странах развитие отрасли осуществляется в направлении освоения залежей сланцевых, низкопроницаемых и тяжелых нефтей, а также месторождений глубоководных акваторий внутренних и территориальных морей.

Развитие цифровизации в нефтяной отрасли России обусловлено прежде всего программой «Цифровая экономика», утвержденной Правительством Российской Федерации 28 июля 2017 года. Были указаны направления создания системы мер для стимуляции крупных нефтяных компаний, в том числе компаний с государственным участием, для установления механизмов государственно-частного партнерства по таким направлениям, как квантовые вычисления, искусственный интеллект, робототехника, и их внедрение в нефтяную отрасль. Покрытие всех федеральных автомобильных дорог сетями связи с возможностью беспроводной передачи данных, необходимой для развития современных интеллектуальных логистических и транспортных технологий позволит улучшить систему доставки нефтепродуктов к месту назначения. Создание ЕЭКО осуществляется путем объединения исходных материалов в базу данных и ее преобразование в формат, обеспечивающий возможность работы с ним государственной информационной системы ведения ЕЭКО – ФГИС ЕЭКО и Отечественная цифровая платформа сбора, обработки и распространения пространственных данных картографии и геодезии, обеспечивающую потребности нефтяного бизнеса в области поиска и разведки новых месторождений, а также BigGeoData (использование геоинформации). Срок реализации проекта – 2019-2024 годы, но относительно в области поиска и разведки месторождений пока что прогресса не намечается.

В Решении Комитета по Энергетике ГД РФ шестого созыва № 3.25-5/114 от 11 декабря 2015 г. «Наука и производство: применение инновационных разработок в нефтегазодобыче» был определен вектор развития цифровизации и интеллектуализации нефтяной отрасли, направленный на создание цифровой промышленности для безлюдного освоения мирового

океана, внедрение высокотехнологичных процессов, важных для разработки трудноизвлекаемых ресурсов и работе на шельфе.

Основного Федерального закона, закрепляющего основные положения в данной области цифровизации нет, но правовое регулирование цифровизации в нефтяной сфере возможно путем создания федеральных законов, где будут указаны основные понятия, цели и задачи, методы регулирования, а также ответственность за качество технологий, регламент использования цифровых процессов и передачи данных, а также определение интеллектуальной системы учёта нефти. Можно законодательно ввести понятия, которые разработала консалтинговая компания The Boston Consulting Group (BCG) в конце 2017 г. Она выделила 4 инструмента: «цифровая приватизация», «цифровой скачок», «самоцифровизация» и «цифровое реинвестирование». Инструменты позволят нефтяным компаниям лучше структурировать технологические инициативы. К методам использования искусственного интеллекта в нефтяной сфере может быть отнесено использование нейронных сетей, машинного обучения и блокчейна.

Для принятия оптимального управленческого решения в сторону использования цифровизации необходимо использовать технологии сейсмической разведки, расширенную аналитику источников данных компании с аналитическими функциями для создания целостного представления.

Попыток именно законодательного регулирования, законопроектов пока что нет, но имеются стратегии развития. Например, Национальная Технологическая Инициатива — это программа мер по формированию новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства российских компаний к 2035 году и их выход на новые высокотехнологичные рынки, что актуально для нефтяных компаний. В Послании Федеральному собранию 4 декабря 2014 года Президент России Владимир Путин обозначил Национальную технологическую инициативу (долгосрочное прогнозирование) одним из приоритетов государственной политики.

Процессу цифровизации в нефтяной отрасли необходима не только IT-защита, но также и правовая защита нефтяных информационных ресурсов в условиях трансграничного Интернета в интересах нефтегазовой экономики России и стран ЕАЭС. Правовое закрепление понятия «Цифровая нефтегазовая платформа», представляющая из себя аппаратно-программный комплекс, предназначенный для сбора, обработки и интерпретации больших объемов геопромысловых и финансово-экономических данных (BigGeoData, BigOil&GasData).

Помимо вышперечисленного встает вопрос об инвестициях в усиления цифровизации нефтяной отрасли. Механизм лизинга позволит разрешить данную проблему посредством льготного лизинга по внедрению «сквозных» цифровых технологий с привлечением бюджетного софинансирования; участие в формировании хаба высокотехнологичных проектов; организация обмена информацией. Это возможно путем заключения трехстороннего соглашения между Министерством энергетики РФ, Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ и компанией «Газпромбанк Лизинг».

Еще одной тенденцией правового регулирования является установление стандартов (стандартизация) нефтегазовых протоколов передачи данных для начала в рамках ЕАЭС.

Необходимо провести сотрудничество нефтяных компаний, проработать соглашения с ПАО «Ростелеком» и Microsoft для разработки нормативно правовых документов сбора и обработки первичных данных (от счетчиков, датчиков и сенсоров) и заканчивая предоставлением инструментов визуализации и аналитики. Кроме того, правовое регулирование патентов на изобретение и алгоритмов маршрутизации движения как пилотного, так и беспилотного транспорта на нефтяных месторождениях, а также закрепление технологии блокчейн для упрощения торговли нефтью для начала для стран ЕАЭС.

Также можно создать по аналогии на основе законодательного закрепления интеллектуальной системы учета электрической энергии, указанной в ст. 3 Федерального закона от 26.03.2003 N 35-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Об электроэнергетике», такое же законодательно закрепленное понятие касательно интеллектуальной системы учета нефти.

Для ускорения адаптации компаний к цифровой экономике возможно использование налоговых льгот для списания расходов на аппаратные средства и программное обеспечение, например, на серверы, машинное обеспечение. Это должно быть отражено в Налоговом Кодексе Российской Федерации. Цифровая экономика может оказать сильное влияние на конкуренцию на мировом нефтяном рынке. Внедрение инновационных технологий нефтедобычи и их законодательное закрепление и использование в локальных нормативных актах компаний позволит скомпенсировать падение добычи нефти на действующих разрабатываемых месторождениях. Это очень важно, так как, согласно прогнозу РАН, к 2022 г. добыча «активных» запасов нефти в стране может сократиться на 45,0-50,0 млн. т; проект Генеральной схемы развития нефтяной отрасли России до 2035 года показывает снижение на 125 млн. т.

Также необходимо отметить наиболее существенные препятствия, которые тормозят внедрение цифровых решений российскими компаниями, а именно: недостаточная зрелость процессов цифровизации (64%); отсутствие компетенций (58%), необходимой инфраструктуры (35%) и достаточного бюджета (32%).

Применение инновационных подходов для нефтяной отрасли даст возможность повысить коэффициент извлечения нефти, эффективность работы скважин и наземного оборудования; оптимизирует логистические операции и в общем позволит специалистам работать удаленно.

Переход к цифровым и интеллектуальным процессам возможен только при условии глубокой и качественной интеграции правовых, экономических, технических и информационных компонентов.

Таким образом, итогом данного исследования является то, что необходимо не количественно повышать производительность труда, а качественно изменять имеющиеся бизнес-модели в сторону гибкости и по мере расширения использования цифровых технологий будет происходить и рост показателей экономической эффективности применения цифровых технологий.

Список литературы

1. Программа Правительства РФ от июля 2017 года «Цифровая экономика». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf/> (Дата обращения 20.03.2019).
2. Официальный сайт Комитета по энергетике Государственной Думы Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://komitet2-13.km.duma.gov.ru/> (Дата обращения 20.03.2019).
3. Официальный сайт Национальной Технологической Инициативы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://asi.ru/nti/> (Дата обращения 20.03.2019).
4. Официальный сайт «Газпромбанк Лизинг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gpbl.ru/en/> (Дата посещения 25.03.2021)
5. Куклина Е.А. Инновационная деятельность предприятий нефтегазового сектора России в условиях новых вызовов энергетического рынка // Экономика нового мира. 2018. No 3 (Вып. 11). С. 5–20.
6. Семкова Д.Н. Проблемы инвестирования в инновационную деятельность предприятий нефтегазового комплекса Российской Федерации // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Государство и бизнес. Экосистема цифровой экономики» 24–26 апреля 2019 г. Т. 1. СПб., 2019. С. 221–223
7. Шваб Клаус. Четвертая промышленная революция. ЭКСМО 2016. С.43

Научный руководитель: преподаватель высшей категории ФГБОУ ВПО «Сочинский государственный университет» М.Ю. Литвиненко

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

MARINICH A.A.
Branch of FGBOU VO USPTU in Sterlitamak

**DEVELOPMENT OF ENTERPRISE INFORMATION SECURITY MANAGEMENT
SYSTEMS IN THE DIGITAL ECONOMY**

Основными целями информационной безопасности являются:

- конфиденциальность информации, т.е. необходимость введения ограничений доступа к данной информации для определенного круга лиц;
- невозможность несанкционированного доступа к информации, т.е. ознакомления с конфиденциальной информацией посторонних лиц;
- целостность информации и связанных с ней процессов, которая заключается в ее существовании в неискаженном виде;
- доступность информации, т.е. способность обеспечивать своевременный и беспрепятственный доступ лиц к интересующей их информации;
- минимизация рисков информационной безопасности путем выполнения компенсационных мероприятий;
- учет всех процессов, связанных с рисками.

Благодаря цифровой экономике повышается эффективность всех отраслей за счет использования информационных технологий, качественно и количественно увеличиваются возможности совершения через компьютер практически всех операций, среди которых предоставление (получение) различных услуг и выполнение транзакций.

Современная экономическая ситуация требует создания эффективной цифровой экономики, которая становится одним из важнейших факторов развития национального хозяйства, ее внедрение в традиционные отрасли хозяйствования имеет огромное влияние на устойчивое развитие и конкурентоспособность предприятий.

Разработка национальных программ развития экономики нового поколения, включающая вопросы развития и внедрения инновационных технологий, становится задачей стратегической важности в целях обеспечения национальной безопасности России.

На данном этапе времени одной из наиболее стремительно развивающихся отраслей во всем мире является – цифровая экономика. С переходом в век цифровых технологий ее влияние стало ощутимо и в масштабах конкурентоспособности стран. Цифровая экономика является важным двигателем внедрения инноваций и развития предпринимательского сектора экономики и оказывает огромное влияние на всю экономику в целом.

Неотъемлемой частью современной мировой экономики, на данном этапе времени, является интернет экономика, которая в условиях глобализации и активизации инновационных процессов заслуживает особого внимания

Современная экономическая ситуация требует создания эффективной цифровой экономики, которая становится одним из важнейших факторов развития национального хозяйства, ее внедрение в традиционные отрасли хозяйствования имеет огромное влияние на устойчивое развитие и конкурентоспособность предприятий.

Разработка национальных программ развития экономики нового поколения, включающая вопросы развития и внедрения инновационных технологий, становится задачей стратегической важности в целях обеспечения национальной безопасности России.

На данном этапе времени одной из наиболее стремительно развивающихся отраслей во всем мире является – цифровая экономика. С переходом в век цифровых технологий ее влияние стало ощутимо и в масштабах конкурентоспособности стран. Цифровая экономика

является важным двигателем внедрения инноваций и развития предпринимательского сектора экономики и оказывает огромное влияние на всю экономику в целом.

Неотъемлемой частью современной мировой экономики, на данном этапе времени, является интернет экономика, которая в условиях глобализации и активизации инновационных процессов заслуживает особого внимания

Современная экономическая ситуация требует создания эффективной цифровой экономики, которая становится одним из важнейших факторов развития национального хозяйства, ее внедрение в традиционные отрасли хозяйствования имеет огромное влияние на устойчивое развитие и конкурентоспособность предприятий. Разработка национальных программ развития экономики нового поколения, включающая вопросы развития и внедрения инновационных технологий, становится задачей стратегической важности в целях обеспечения национальной безопасности России. На данном этапе времени одной из наиболее стремительно развивающихся отраслей во всем мире является – цифровая экономика. С переходом в век цифровых технологий ее влияние стало ощутимо и в масштабах конкурентоспособности стран.

Цифровая экономика является важным двигателем внедрения инноваций и развития предпринимательского сектора экономики и оказывает огромное влияние на всю экономику в целом. Неотъемлемой частью современной мировой экономики, на данном этапе времени, является интернет экономика, которая в условиях глобализации и активизации инновационных процессов заслуживает особого внимания.

Целью национального проекта «Цифровая экономика» на период 2019–2024 год, в целях обработки, хранения больших объемов данных и их высокоскоростной передачи, является создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры доступной для всех организаций и домашних хозяйств, национальный проект нацелен на решение следующих задач:

- создание комплексной системы финансирования проектов по разработке цифровых технологий;
- создание системы правового регулирования цифровой экономики;
- создание глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных;
- подготовка высококвалифицированных кадров для цифровой экономики;
- обеспечение информационной безопасности;
- создание и внедрение сквозных цифровых технологий и платформенных решений.

Список литературы:

1. Указ Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
2. Multi-criteria optimization of the process of electrolytic alkali's evaporation in order to develop a resource-saving chemical-technological system. E.A. Shulaeva, V.B. Pavlov. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 734(1). P. 012121(1-5). doi:10.1088/1757-899X/734/1/012121.
3. Павлов В.Б., Шулаева Е.А., Кралькина Е.А. Перспективы применения низкотемпературной плазмы в химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Бутлеровские сообщения. 2018. Т.56. № 11.-с 160-165.
4. Шулаева Е.А., Павлов В.Б. Разработка метода многокритериальной оптимизации технологического процесса выпаривания электролитической щелочи с целью создания ресурсосберегающей химико-технологической системы. Естественные и технические науки, № 11 (137), 2019. С. 418-421.
5. Шулаева Е.А., Павлов В.Б. Разработка усовершенствованной системы управления технологическими процессами на основе нейросетевого моделирования с целью создания ресурсосберегающей химико-технологической системы. Естественные и технические науки, № 12 (138), 2019. С. 328-330.

6. Павлов В.Б., Касьянова Л.З., Шулаева Е.А., Кралькина Е.А. Взаимодействие высокоэнергетических частиц низкотемпературной плазмы с поверхностью катализаторов в процессе их регенерации // Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий. 2019. Т. 1. № 10. С. 267-269.

7. Шулаева Е.А., Шулаев Н.С. Система управления температурными режимами электродинамического реактора. Нефтегазовое дело. 2013. № 11-4. С. 133-136.

8. Modeling of the process of electrolysis production of caustic, chlorine and hydrogen. E.A. Shulaeva, N.S. Shulayev, Ju.F. Kovalenko. International Conference on Information Technologies in Business and Industry 2016 IOP Publishing IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 803 (2017) 012148. p.p. 1-6.

9. Шулаева Е.А., Шулаев Н.С., Коваленко Ю.Ф. Компьютерное моделирование технологических процессов. Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 54. № 4. С. 40-55.

10. Шулаева Е.А., Бурдов А.Е., Валитов Д.Р., Кубряк А.И., Юрасов А.О. Создание системы обучения операторов для повышения надежности и безопасности химико-технологических систем. Естественные и технические науки, № 12 (138), 2019. С. 326-328.

11. Шулаева Е.А. Совершенствование технологических производств на основе моделирования процессов химических технологий: монография.–Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2018. –254 с., ISBN 978-5-98755-242-1

Научный руководитель: к.н., доцент Е.А. Шулаева.

МАТРОХИНА К.В.

Санкт-Петербургский горный университет

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ
УПРАВЛЕНИЯ МАРКЕТИНГОВОЙ СТРАТЕГИЕЙ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

MATROKHINA K.V.

St. Petersburg Mining University

**MODELS AND METHODS OF DECISION MAKING SUPPORT IN THE TASKS
OF MANAGEMENT OF THE MARKETING STRATEGY OF A
TELECOMMUNICATION ENTERPRISE**

Работа посвящена повышению качества процессов формирования стратегии телекоммуникационного предприятия за счет разработки новых и модификации существующих процедур поддержки принятия решений на основе методов многокритериального выбора.

Актуальность данной темы обусловлена динамическим характером развития современного рынка телекоммуникаций и необходимостью компаний быстро адаптироваться к новым условиям. В такой ситуации одним из важных условий обеспечения конкурентоспособности предприятий является создание эффективной маркетинговой подсистемы, отвечающей современным реалиям жесткой конкуренции в телекоммуникационной сфере.

Маркетинговый комплекс (маркетинг – микс) содержит три уровня: стратегический, оперативный и тактический. В данной работе фокус внимания сконцентрирован на верхнем (стратегическом) уровне, на котором формируется непосредственно стратегия и имеется достаточно большой уровень неопределенности со стороны внешнего окружения, в силу отсутствия необходимого набора исходных данных.

В работе предлагается применение таких методов многокритериального выбора, как метод анализа иерархий, метод анализа сценариев, методы нечеткой логики (см.рис.1). Данные методы хорошо зарекомендовали себя при решении слабоструктурированных задач.



Рисунок 1 – Схема маркетинг-микса

В качестве решения для формирования эффективной маркетинговой стратегии предлагается: модификация классического SWOT-анализа с помощью метода анализа иерархий и использование модифицированного метода анализа сценариев.

Данное решение позволит уменьшить уровень неопределенности, за счет применения формализованных методов и тем самым снизить риски для компаний, относящихся к среднему и малому бизнесу, а также сократит долю субъективизма при принятии решений.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор В.Я. Трофимец

МЕЛЬНИЧЕНКО И.А.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ГЕОИНФОРМАЦИИ БАЗ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ
ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ РАЗНОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

MELNICHENKO I.A.

National University of Science and Technology "MISIS"

**METHODS AND TECHNOLOGIES FOR STORING AND USING
GEOINFORMATION OF DATABASES AND KNOWLEDGE FOR DETERMINING THE
BOUNDARIES OF LITHOLOGICAL DIFFERENCES USING NEURAL NETWORKS**

При развитии цифровых технологий и методов обработки геологической информации создаются предпосылки для разработки детализированных объемных моделей породных массивов. Данные модели позволяют осуществлять оперативный прогноз изменения состояния массива в процессе освоения месторождения. При помощи технологии распознавания образов, основанной на методе классификации и идентификации инженерно-геологических элементов, станет возможным построение трехмерной инженерно-геологической модели, где основой интерпретации результата является не субъективный характер модели, а математический аппарат. В настоящее время необходимо уделять внимание технологическим и бизнес-процессам в горном производстве, которые представляют собой совокупность взаимосвязанных мероприятий или работ, направленных на обеспечение безопасности и получение максимальной экономической выгоды. Это позволит оперативно дополнять и вносить изменения в цифровую модель, предсказанную при помощи обученных искусственных нейронных сетей, для более точного определения литологических разностей в рассматриваемом массиве горных пород. Несомненно, что в период становления цифровой

экономики решаемая задача является актуальной, так как позволяет автоматизировать ряд операций на основе современных методов распознавания образов.

Разработанная архитектура базы данных позволит развивать геоинформационную инфраструктуру горнодобывающего предприятия, а также система управления базами данных позволит интегрироваться с геоинформационные системы (ГИС) разного назначения (Рисунок 1).

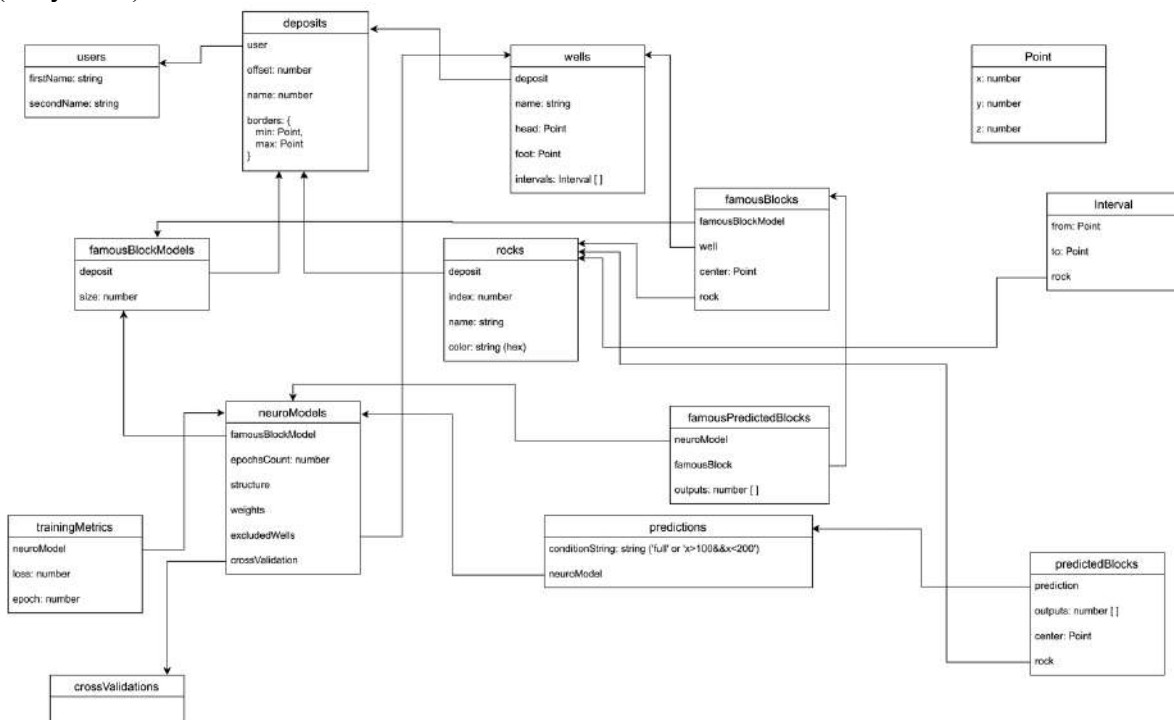


Рисунок 1 – Архитектура базы данных

Данный метод позволяет не только повысить качество, но и значительно ускорить обработку геологической информации, получаемой при опробовании месторождений полезных ископаемых и исследовании массивов горных пород на всех стадиях комплексного освоения различных участков недр.

Разработанный метод построения трехмерных литологических моделей участков недр с использованием функциональных возможностей нейронных сетей позволяет осуществлять процесс моделирования в значительно более короткие сроки с сохранением требуемой точности и достоверности результатов.

Научный руководитель: к.т.н., доцент М.В. Щёкина

МИТЯЕВ В.В.

Филиал ООО «Газпром ПХГ» Башкирское УАВР и КРС

**SIP - ТЕЛЕФОНИЯ ФИЛИАЛА ООО «ГАЗПРОМ ПХГ» "БАШКИРСКОЕ
УАВР И КРС". ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ IP-АТС НА БАЗЕ
СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

MITYAEV V.V.

Gazprom UGS LLC Branch Bashkirskoe

**SIP - TELEPHONY OF GAZPROM UGS LLC BRANCH BASHKIRSKOE.
EXPERIENCE OF INTRODUCTION A VIRTUAL IP-PBX BASED ON FREE SOFTWARE**

Организация связи в головном офисе и удаленном филиале – задача, с которой сталкивается любое современное предприятие. На сегодняшний момент решить её стало возможно с помощью IP-технологий.

IP-телефония уверенно входит в сферу корпоративной связи и вытесняет традиционные телефонные сети за счет скорости и легкости развертывания, относительной простоты конфигурации, безопасности соединения и высокого качества связи. Стоимость также играет немаловажную роль, поэтому в данном докладе будем рассматривать решения, основанные на свободном программном обеспечении. Самым распространённым подобным решением является виртуальная IP-АТС Asterisk и протоколы SIP и IAX2. Они позволяют построить масштабируемую сеть телефонии на предприятии.

Виртуальная IP-АТС Asterisk - платформа компьютерной телефонии уровня предприятия, распространяемая по лицензии GNU GPL и обладающая всеми возможностями классической АТС в комплексе с необходимым оборудованием, поддерживает множество протоколов и предоставляет все необходимые и современные функции управления звонками, среди них: определение идентификатора звонящего, удержание линии, голосовая почта (автоответчик), факс, конференц-связь (возможность проведения селекторных совещаний), интерактивное голосовое меню, подробная запись о вызовах и телефонный справочник. Наличие свободной лицензии и постоянное совершенствование делают эту IP-АТС идеальным инструментом для обработки звонков.

Виртуальная IP-АТС Asterisk не требовательна к аппаратным ресурсам, для её работы потребуется ПК или виртуальная машина на уже работающем серверном оборудовании. Естественно, резкий переход с традиционной телефонии на SIP невозможен и обусловлен последовательной схемой подключения и внедрения: настройка взаимодействия классической АТС и IP-АТС, установка голосовых VoIP-шлюзов и подключение к ним аналоговых ТА абонентов, с последующей их заменой на вновь приобретаемые SIP-телефоны. Развернув в филиалах подобные виртуальные IP-АТС и объединив их с помощью протокола IAX2, мы получаем возможность построить распределенную телефонную сеть с единой нумерацией и числом каналов, кол-во которых зависит от пропускной способности каналов передачи данных. Дополнительным плюсом стоит отметить, возможность создания легкого выхода на «межгород» и сокращения количества городских линий в филиалах за счет использования единого многоканального номера, доступного только при использовании IP-АТС. Станут доступны современные дополнительные функции, такие как голосовая почта, организация видео- и конференцсвязи, голосовое меню (автосекретарь), запись разговоров.

Таким образом, удастся распределить и снизить затраты на междугороднюю связь всех объектов Общества.

В данной работе рассматривается пример внедрения виртуальных IP-АТС в Администрации ООО «Газпром ПХГ» и на филиале ООО «Газпром ПХГ» «Башкирское УАВР и КРС» и объединение их в одну телефонную сеть.

Использование виртуальной IP-АТС и SIP-телефонии делает телефонную связь, её сопровождение и эксплуатацию значительно проще, удобнее и выгоднее. В итоге мы получаем:

- современную полноценную АТС, без использования дорогостоящего оборудования, дополнительных помещений и больших энергозатрат;
- возможность увеличения числа абонентов без каких-либо дополнительных затрат, ограниченную только мощностью сервера;
- подключение новых абонентов, как и переезд их в другой кабинет или здание, занимает считанные минуты;
- высокое качество связи, которое совершенно не зависит от расстояния;
- возможность привязать номер не к конкретному географическому месту, а к сотруднику;
- единый телефонный справочник абонентов Общества с помощью объединения Asterisk Phonebook и Active Directory на контроллере домена.

К минусам можно отнести, пожалуй, только необходимость приобретения дополнительного оборудования и программных лицензий, например, для подключения и обеспечения резервирования потоков. Для обеспечения отказоустойчивости IP-АТС понадобится второй ПК, сервер или виртуальная машина на серверном оборудовании.

Обобщая все вышеперечисленное, можно с уверенностью сказать, что SIP – это будущее телефонии на предприятии ООО «Газпром ПХГ». Виртуальная IP-АТС Asterisk – современное, очень гибкое и универсальное решение, позволяющее построить и модернизировать телефонную сеть на филиалах как с уже существующей «традиционной» телефонией (аналоговой или цифровой АТС), так и на филиалах, в которых ещё не установлена собственная телефонная станция.

МИХАЙЛОВ А.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет

АНАЛИЗ КИБЕР АТАК НА АСУ ТП НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

MIHAYLOV A.V.

Ufa State Aviation Technical University

ANALYSIS OF CYBER ATTACKS ON THE APCs OF THE OIL PRODUCTION ENTERPRISE

В работе рассматривается модель автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), построенная в соответствии с ГОСТ Р 62443, с выделенными фрагментами базовой архитектуры АСУ ТП ТТН, включающей в себя основные элементы АСУ нефтеперекачивающих станций, телекоммуникационное оборудование и линии связи.

Используя данную модель, рассматриваются типовые атаки на АСУ ТП, в том числе их практическая реализация и варианты защиты от них. На основе формальной модели, была построена реальная сеть, частично находящаяся в среде виртуализации EVE-NG, частично представляющая собой реальную сеть. Также были подключены датчики, часть из которых эмулировалась в EVE-NG. Опираясь на статистические данные о наиболее распространённых атаках на АСУ ТП, их типы, виды, и вероятность успешной реализации, были выбраны и рассмотрены несколько атак. Все используемые СЗИ сертифицированы федеральной службой по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК), и включены в реестр ФСТЭК.

Основываясь на наиболее популярных атаках на АСУ ТП, далее акцент делается на способах защиты от них. Рассматриваются как идеи, используемые для защиты, так и конкретные протестированные средства защиты информации, использующиеся для предотвращения остановки (доступности) или нарушения целостности предприятия.

Наиболее опасным, с точки зрения возможных последствий, сценарием развития кибератаки при этом, является ситуация, когда в результате несанкционированного доступа злоумышленник получает возможность управления ключевым оборудованием предприятия:

становится возможным изменить транспортные потоки, спровоцировать аварии, вызвать чрезвычайные ситуации и т.д. Поэтому также анализируется угроза перехвата управления АСУ ТП (УБИ.183 в БДУ ФСТЭК), которая заключается в возможности осуществления злоумышленником несанкционированного доступа к информационной инфраструктуре за счет получения права управления входящей в ее состав АСУ ТП путем эксплуатации уязвимостей ее программного обеспечения или слабостей технологических протоколов передачи данных.

Также в данной работе, обозревается IoF (Internet of things/интернет вещей), поскольку это является одной из наиболее проблемных тем с точки зрения обеспечения информационной безопасности. Особый контроль за всеми датчиками вести достаточно проблематично, но уже сейчас участились случаи, направленные именно на реализацию атак на датчики интернета вещей, и не смотря на то, что в последнее время есть большое количество предложений по обеспечению безопасности IoF, включающие в себя шифрование и криптографию, использование промышленных протоколов, вручную написанных прошивок, это всё ещё является актуальной темой.

В настоящее время также есть актуальный вопрос, касающийся критической информационной инфраструктуры (КИИ), так как был принят закон № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» и к таковым относятся предприятия, функционирующие в сфере топливно-энергетического комплекса, горнодобывающей, металлургической и химической промышленности, возникает задача по обеспечению безопасности значимых объектов КИИ (ЗОКИИ), принадлежащих соответствующим субъектам. Одними из таких ЗОКИИ, в частности, являются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) промышленных предприятий.

Последними попытками реализовать комплексную защиту всех КИИ, были попытки построить так называемую ГосСОПКА, которая основывалась на том, что каждое предприятие, входящее в состав ЗОКИИ, само организовывало отдельный уровень защиты и контроля, который занимался мониторингом всех атак на КИИ. В статье также будет выражено мнение автора по поводу причин провала проекта, призванного поднять уровень защиты КИИ на новый.

Цифровизация производства ведет к сопряжению технологических и корпоративных сегментов инфраструктуры предприятия, что неизбежно влечет за собой уменьшение степени изоляции автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Согласно исследованиям Positive Technologies, в III квартале 2020 года выявлено на 2,7% больше атак на промышленные системы по сравнению со II кварталом и на 54% по сравнению с аналогичным периодом 2019 года. По данным компании Clatory, свыше 70% выявленных в I полугодии 2020 года уязвимостей допускают удаленную эксплуатацию, и основным является сетевой вектор атаки. Доля уязвимостей компонентов АСУ ТП, используемых при реализации локального вектора атак, увеличилась на 8,6% по сравнению с I полугодием 2019 года. Данная статистика и привела к тому, что была выбрана именно эта тема для доклада.

Также будут предложены некоторые средства защиты информации (СЗИ), сертифицированные ФСТЭК, и отвечающие на вопрос о защите именно от наиболее популярных и успешных атак на АСУ ТП.

Актуальность данной работы не вызывает вопрос, в связи с тем, что в последнее время, опираясь на статистику из открытых источников, атаки на АСУ ТП стали чаще, более продуманными, а вектора их атак стали намного более сложными.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.М. Вульфин

МОИСЕЕВА М.Ю.

Уфимский государственный авиационный технический университет

**ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕГО
ПРЕДПРИЯТИЯ**

MOISEEVA M.Y.

Ufa State Aviation Technical University

**OVERVIEW OF TECHNICAL MEANS OF PROTECTION FOR INFORMATION
SECURITY OF AN OIL PRODUCTION ENTERPRISE**

В работе представлен обзор рынка отечественных программных и программно-аппаратных средств защиты информации, применение которых способствует обеспечению требований законодательства в области обеспечения информационной безопасности объектов нефтедобычи.

В связи с принятием Федерального закона № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [1] перед специалистами информационной безопасности (ИБ) субъектов критической инфраструктуры (КИИ), к которым относятся предприятия, функционирующие в сфере топливно-энергетического комплекса, горнодобывающей, металлургической и химической промышленности, возникает задача по обеспечению безопасности значимых объектов КИИ (ЗОКИИ), принадлежащих соответствующим субъектам. Одними из таких ЗОКИИ, в частности, являются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) промышленных предприятий.

Во исполнение требований по обеспечению безопасности ЗОКИИ [2], установленных федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным в области обеспечения безопасности КИИ Российской Федерации (Приказ ФСТЭК № 239 от 25.12.2017), субъектам КИИ необходимо осуществлять многоуровневую защиту ЗОКИИ с привлечением средств защиты информации (СрЗИ), прошедших оценку соответствия в форме обязательной сертификации для реализации комплекса технических мер.

На сегодняшний день рынок отечественных СрЗИ предлагает различные программные и программно-аппаратные решения, ориентированные на обеспечение ИБ АСУ ТП, являющихся ЗОКИИ, и соответствующих требованиям, установленным законодательством.

Продукты компании «Лаборатория Касперского» Kaspersky Industrial CyberSecurity for Nodes и Kaspersky Industrial CyberSecurity for Networks предназначены для обеспечения защищенности автоматизированных рабочих мест (АРМ) операторов и промышленных серверов (в рамках подсистемы антивирусной защиты) и мониторинга безопасности промышленной сети (в рамках подсистемы предотвращения вторжений) соответственно [3].

Среди преимуществ модульного решения Kaspersky Industrial CyberSecurity for Nodes вендором выделяются расширенная защита от вредоносного программного обеспечения (ПО), а также возможности контроля среды (устройств, беспроводных соединений, запуска ПО). Решение имеет действующий сертификат ФСТЭК № 3907 до 03.04.2026 [4] и соответствует Профилю защиты средства антивирусной защиты типа «В» третьего класса защиты, что свидетельствует о возможности его применения для защиты ЗОКИИ до первой категории значимости включительно.

Решение Kaspersky Industrial CyberSecurity for Networks поставляется как в виде программного продукта, так и в виде виртуального устройства (при использовании на промышленном предприятии технологии виртуализации). Данное СрЗИ для мониторинга и контроля промышленной сети способно осуществлять пассивную идентификацию и инвентаризацию устройств в сети, производить контроль целостности сети посредством выявления несанкционированных хостов и потоков трафика, предупреждая администратора безопасности о попытках манипуляции в сегменте промышленной сети. Решение имеет действующий серти-

фиат ФСТЭК № 4027 до 25.10.2023 и соответствует Профилю защиты системы обнаружения вторжения (СОВ) уровня сети четвертого класса защиты.

Программно-аппаратное решение Industrial Security Incident Manager (ISIM) для глубокого анализа трафика технологической сети представлено компанией Positive Technologies (PT) [5]. В составе комплекса функционируют серверы анализа сетевого трафика, узлы бизнес-аналитики управления уровня ситуационного центра. Решение использует собственную регулярно обновляемую базу данных промышленных угроз безопасности информации PT Industrial Security Threat Indicators [6]. Ключевым достоинством данного комплекса обнаружения вторжений вендор определяет легкость масштабирования, возможность выявления кибератак на устройства уровня базовой автоматизации процессов производства (управляющие контроллеры), исключающую нежелательное воздействие на технологический процесс. Решение имеет действующий сертификат ФСТЭК № 4182 до 09.12.2024.

В рамках реализации требований к подсистеме защиты АСУ ТП и ее компонентов, к которым относятся защита периметра АСУ ТП, сегментирование с выделением демилитаризованной зоны и управление сетевыми потоками, предлагается использование универсального шлюза безопасности модели UserGate X1 компании ООО «Юзергейт». Данный межсетевой экран (МЭ) в программно-аппаратном исполнении позволяет администратору безопасности технологической сети осуществлять настройку правил контроля трафика (разрешение, запрет), производить журналирование событий в сети. Также настоящее комплексное решение позволяет обеспечивать функции обнаружения кибератак на компоненты промышленной сети и реагировать на них. Платформа использует собственную операционную систему UGOS, что гарантирует высокую скорость устранения неполадок и возможность оперативной доработки системы [7]. Универсальный шлюз безопасности имеет действующий сертификат ФСТЭК № 3905 до 26.03.2026 и соответствует требованиям документов Профиль МЭ типов А, Б, Д четвертого класса защиты, а также Профиль защиты СОВ уровня сети четвертого класса защиты.

В настоящее время прослеживается тенденция роста отечественного сегмента рынка систем безопасности промышленных предприятий. Выбор исключительно российских специализированных средств защиты обусловлен тем, что только они в полном объеме отвечают обязательным требованиям регулятора в области ИБ АСУ ТП, являющихся ЗОКИИ, и имеют действующие сертификаты соответствия этим требованиям.

Список литературы:

1. Федеральный закон «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» от 26.07.2017 № 187-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220885/, свободный (дата обращения: 26.03.2021).

2. Приказ ФСТЭК России от 25.12.2017 № 239 (ред. от 20.02.2020) «Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/1592-prikaz-fstek-rossii-ot-25-dekabrya-2017-g-n-239>, свободный (дата обращения: 26.03.2021).

3. Комплексный подход к промышленной кибербезопасности Kaspersky Industrial Cybersecurity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ics.kaspersky.ru/>, свободный (дата обращения: 26.03.2021).

4. Реестр сертифицированных средств защиты ФСТЭК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-posertifikatsii/153-sistema-sertifikatsii/591-gosudarstvennyj-reestr-sertifitsirovannykh-sredstv-zashchity-informatsii-n-ross-ru-0001-01bi00>, свободный (дата обращения: 26.03.2021).

5. PT Industrial Security Incident Manager [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/products/isim/#key-features>, свободный (дата обращения: 26.03.2021).

6. Кибербезопасность АСУ ТП. Обзор специализированных наложенных средств защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.anti->

malware.ru/analytics/Market_Analysis/ICS-security-review#part5, свободный (дата обращения: 26.03.2021).

7. Межсетевой экран UserGate X1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.usergate.com/ru/products/usergate-x>, свободный (дата обращения: 26.03.2021).

Научный руководитель: к.т.н., доцент А. М. Вульфин

МОРГУНОВ В.В.

Санкт-Петербургский горный университет

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ СГУСТИТЕЛЯ КРАСНОГО ШЛАМА

MORGUNOV V.V.

St. Petersburg Mining University

CREATING A MODEL RADIAL RED MUD THICKENER

Моделирование технологического процесса – это современный инструмент анализа технологического процесса, уникальный функционал которого позволяет найти ему применению как в производственной практике, так и в рамках образовательного процесса. Так, модель технологического процесса может использоваться для улучшения и модернизации существующего процесса, создания тренажера для повышения квалификации операторов, использоваться в сложных системах регулирования целевых параметров процесса. Или, например, использоваться как учебный тренажер для студентов в рамках лабораторных и практических занятий или же как источник данных при работе над ВКР и научными проектами.

Сгуститель красного шлама – это многосвязный объект с большой инерционностью, однако его особенность заключается в возможности его разделения на уровни по высоте, для каждого из которых справедливы различные физические закономерности. Свойства объекта можно описать двумя процессами: седиментация и консолидация. На основе данного принципа была построена математическая модель, которая после была реализована в программном продукте SCADA-система Simplicity v.11.0. от General Electric.

Разработка модели производилась на основе технологических данных предоставленных предприятием «Уральский алюминиевый завод». Структуру модели можно разделить на два больших фрагмента: расчет концентрации на участке от дна сгустителя до высоты питательного стакана и расчет мутности слива. Данная модель позволяет вычислить такие выходные параметры как: профиль концентрации, мутность слива, высота постели, что позволяет однозначно описать состояние агрегата.

Реализация модели на SCADA-системе открывает широкий спектр возможностей по использованию разработки в рамках образовательного пространства, как для построения лабораторных занятий, так и для разработки крупных междисциплинарных проектов, нацеленных на формирование комплексного представления студента о принципах автоматизации технологического процесса или использования в качестве источника данных для ВКР, что особенно актуально в реалиях пандемии Covid-19.

Научный руководитель: доцент Э.Р. Федорова

МУСТАЕВ Т.И., ГАВРИЛОВ И.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ НАСОСНО
КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ ПРИ РЕМОНТЕ СКВАЖИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

MUSTAEV T.I., GAVRILOV I.V.

Ufa State Aviation Technical University

**AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CLEANING TUBING
DURING THE REPAIR OF DOWNHOLE EQUIPMENT USING A MOBILE ROBOTIC
COMPLEX**

Добыча и реализация углеводородного сырья на сегодняшний день – одна из основных статей доходов нашего государства. На современном этапе производственно-хозяйственная деятельность предприятий добычи нефти осуществляется в сложных экономических условиях. Важное значение имеют разработка и применение в процессах добычи нефти более совершенного и энергосберегающего нефтепромыслового оборудования, а также обеспечение оптимальных условий его эксплуатации. Отсутствие эффективных способов предупреждения и устранения неполадок приводит к удорожанию добычи нефти и нарушению экологического равновесия в окружающей среде. Одним из таких неполадок является загрязнение насосно компрессорных труб изнутри и снаружи солевыми отложениями. На данный момент очистка от солевых отложений проходит в заводских условиях и на ремонт НКТ (насосно компрессорной трубы) уходит много времени. Предлагается создать мобильную установку способную проводить ремонт труб на месторождении.

Ремонт насосно компрессорных труб является весьма продолжительным и дорогостоящим мероприятием по следующим причинам:

- а) большое число повторений однотипных операций и манипуляций, требующих к тому же больших физических усилий;
- б) недостаточная степень автоматизации выполняемых операций;
- в) зачастую агрессивные условия внешней среды (экстремально низкие температуры, ветер и т.д.).

Следует отметить, что от качества и своевременного проведения профилактических мероприятий и текущего ремонта во многом зависит продолжительность эксплуатации скважин на запланированном технологическом режиме и в течении межремонтного периода работы, качественные и своевременные проведенные мероприятия значительно снижают вероятность выхода из строя и последующего бездействия скважины.

Ремонтно-профилактические мероприятия заключаются в устранении различных нарушений в режиме эксплуатации скважин и подземного оборудования, очистке от песка, гидратных отложений и продуктов коррозии, восстановлении и повышении добываемых возможностей скважин и других работ.

При ремонте скважинного оборудования наиболее продолжительным и дорогостоящим этапом является подъем и последующее опускания насосно-компрессорной трубы (НКТ) в шахту скважины. НКТ применяются в процессе эксплуатации нефтяных, газовых, нагнетательных и водозаборных скважин для транспортировки жидкостей и газов внутри обсадных колонн, а также для ремонтных и спускоподъемных работ. Спуска - подъемные операции (СПО) составляют от 40 до 60% от общего времени проведения подземного ремонта. При этом применяется тяжелый физический труд, ввиду малой автоматизации процесса, что обуславливает снижение производительности до 38% к концу смены. При проведении ремонтных работ НКТ перед последующим их опусканием в шахту скважины возникает необходимость их очистки от сернисто-парафинистых отложений изнутри и нефтемазутных отложений снаружи, а также проведения контроля состояния НКТ для последующего их применения. В настоящее время данные технологические процессы проводят в заводских

условиях, что также существенно увеличивает сроки и издержки ремонтных работ, так как требует дополнительных затрат по погрузке/разгрузке и транспортировке НКТ от месторождения до предприятия очистки и обратно.

Предлагается проект робототехнического комплекса, который будет включать в себя спуско подъемные операции и очистку насосно компрессорных труб от сернисто парафиновых отложений изнутри и снаружи.

Для сокращения времени и удешевления ремонта скважины предлагается использовать робототехнический комплекс на скважине

За основу берется технологический процесс, на предприятии который поэтапно анализируется с точки зрения реализации с использованием предлагаемого робототехнического комплекса.

Решение проблемы

В результате вышеприведенного технического процесса предлагается компоновка следующего роботизированного комплекса. Разрабатываемый комплекс по очистке и диагностики насосно компрессорных труб представлен на (рис. 1).

1) Компоновка робототехнического комплекса по очистке насосно компрессорных труб.

Рисунок 1 - Компоновка робототехнического комплекса по очистке насосно компрессорных труб
1,2 – толкатель; 3,4,5 – дефектоскоп; 6,7,8,9,10,11 – обтиратель; 12 – накопительное устройство; 13 – внутренний обтиратель; 14 – платформа; 15 – шасси; 16-21 – коромысло

Разработанная схема является одной из двух компонент робототехнического комплекса.

Данная кинематическая схема позволяет разработку осуществлять необходимые манипуляции по переносу и автоматической очистке вынимаемых труб с последующим их проверкой дефектоскопом, сбором выпариваемого нефтешлама с целью дальнейшей утилизации. Таким образом, в схеме модуля по очистке насосно компрессорных труб мы видим две линии. Первая линия предназначена для очистки трубы от нефтешлама, вторая линия нужна для дефектоскопии труб. В данном модуле для полного контроля присутствуют обтиратель для парогенератора с целью термической обработки труб с наружи и одновременно обтирание трубы снаружи.

Также часто насосно компрессорные трубы бывают забиты различного рода отложениями внутри, относительно приволжского региона преимущественно соляные отложения, что касается северных регионов то там парафино-смолистые отложения, поэтому модуль очистки труб также предусматривает внутритрубную термическую обработку паром с целью смыва отложений со стенок труб, а также сбор полученного шлама в шламоприемники, воз-

можно предусмотреть последующей антикоррозионной обработки использованием данного модуля. Сама станция также управляется автоматической системой управления комплекса.

Особенностями разрабатываемого комплекса являются усовершенствование процесса очистки труб НКТ, что сокращает время на транспортирование, а также ускорения процесса СПО, поскольку отпадает необходимость в транспортировании труб. Эти особенности делают разрабатываемый комплекс весьма привлекательным для потенциальных покупателей, которыми являются нефтесервисные компании.

Список литературы:

1. Иванов М. Н. Детали машин: учеб. для студентов вузов/ Под ред. В.А. Финогенова. –6-е изд., перераб. –М.: Высш. шк., 2000. –383 с.: ил.
2. Кульга, К. С. Информационные технологии проектирования и эксплуатации мехатронного оборудования. Уфа : УГАТУ, 2008 .—193 с. ISBN 978-5-86911-837-0.
3. Михеев, В. А., Савин Д. В. Автоматизированное проектирование и управление технологическими процессами ОМД. Самара, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева, 2011
4. Бирман, Г. Капиталовложения: Экономический анализ инвестиционных проектов / Пер. с англ. под ред. Л.П.Белых./Г.Бирман, С.Шмидт –М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. –631 с.

НАБИЖАНОВ Ж.И., ШКАРУБА Н.А.
Сибирский федеральный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛЫ УДАРА СТРУИ ГИДРОМОНИТОРА О ЗАБОЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

NABIZHANOV ZH.I., SHKARUBA N.A.
Siberian Federal University

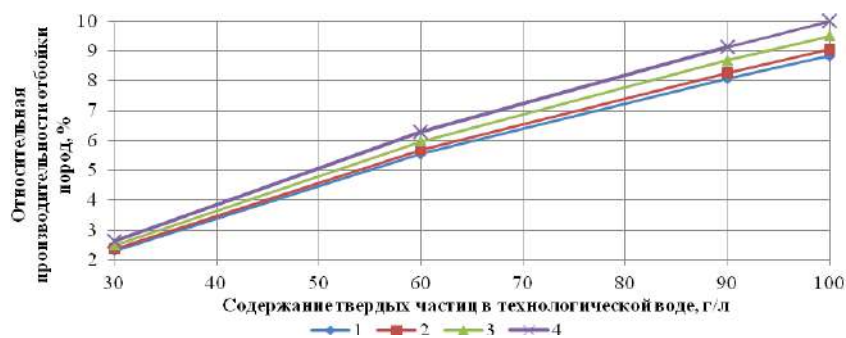
MODELING OF IMPACT RATE OF HYDRAULIC MONITOR JET INTO THE OPEN-PIT BENCH WITH THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

В связи с общеизвестным истощением базы легкоразрабатываемых месторождений, в отработку вовлекаются запасы со сложными горно-геологическими условиями, в том числе, высоким содержанием глины во вмещающих породах.

При отработке таких месторождений средствами гидромеханизации с оборотной схемой водоснабжения из прудов-отстойников неизбежно возникает проблема накопления взвешенных тонкодисперсных частиц в технологической воде, которые меняют ее реологические свойства и влияют на производительность отбойки пород гидромонитором.

Для изучения этого влияния проведены эксперименты в лабораторных условиях в масштабе 1:10 при помощи стенда [1].

В результате анализа полученных данных (рисунок 1) выявлено, что содержание тонкодисперсных частиц глины в напорной воде до 100 г/л позволяет увеличить силу удара струи гидромонитора о забой на 1-10 % [2].



Расстояние от забоя: 1 – 1,5 м, 2 – 2,5 м, 3 – 3,0 м, 4 – 3,5 м

Рисунок 1 – Изменение производительности отбойки пород струей гидромонитора от содержания тонкодисперсных частиц в технологической воде и расстояния от забоя (при $d_n=5,2$ мм, $H_0=10,0$ м)

Объект исследования имеет четыре входные переменные: содержание взвешенных частиц c и взаимосвязанная с этим плотность воды ρ , расстояние от насадки гидромонитора до забоя L , напор воды H и диаметр насадки гидромонитора d (табл. 1). Выходным параметром объекта является сила удара гидромониторной струи на забой P .

Таблица 1 – Описание переменных данных

Переменная	Описание
Диаметр насадок	Количественная переменная
Подаваемый напор	Количественная переменная
Расстояние от насадки гидромонитора до забоя	Количественная переменная
Плотность технологической воды	Количественная переменная
Сила удара струи гидромонитора	Количественная переменная

Таким образом, сила удара гидромониторной струи на забой может быть представлена в виде $P = f(\rho, L, H, d)$.

Искусственные нейронные сети, (Artificial Neural Networks, ANN), – далее ИНС – созданы по аналогии с биологической нейронной сетью человеческого мозга. Они состоят из элементов, функциональные возможности которых подобны элементарным функциям биологических нейронов, и чья организация соответствует анатомии человеческого мозга [4,5]. ИНС используются при решении различных задач и активно применяются там, где обычные алгоритмические решения оказываются неэффективными или вовсе невозможными. Нейронная сеть должна работать в двух режимах: режим обучения и режим функционирования. Для режима обучения используются данные экспертной настройки регулятора. В режиме функционирования нейронная сеть должна обеспечивать требуемое качество системы, путем изменения параметров регулятора, в зависимости от параметров объекта [6].

Архитектура модели ИНС показана на рисунке 2. Модель состоит из трех слоев, входной слой включает в себя четыре нейрона, соответствующих четырем параметрам: плотность воды, расстояние, диаметр насадки и напор воды перед насадкой, а также скрытый слой с двенадцатью нейронами между входным и выходным слоями. Выходной слой представляет сила удара струи.

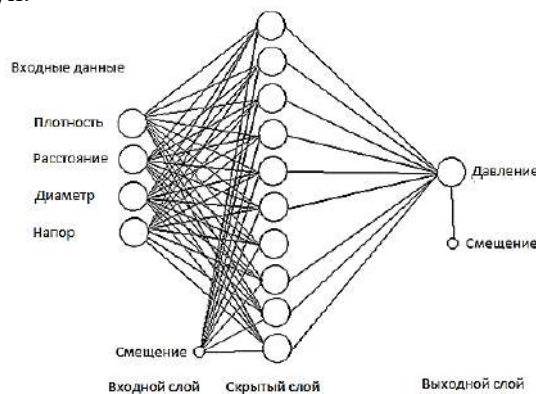


Рисунок 2 – Архитектура ИНС

Функцией активации является сигмоидальная функция. Это быстро возрастающая функция, которая поддерживает баланс между линейным и нелинейным поведением. Функция вычисляется по формуле:

$$y(j) = \frac{1}{1 + \exp(v_j)}$$

где, v_j - взвешенная сумма всех синаптических входов плюс пороговое значение. $y(j)$ - выход нейрона.

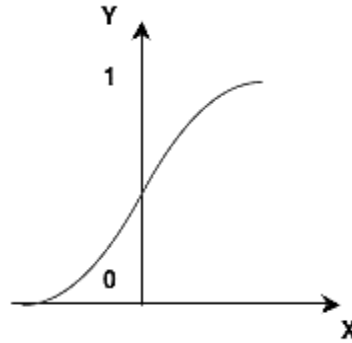


Рисунок 3 – График функции активации

В программной среде Matlab были опробованы различные структуры ИНС. Путем апробации была выбрана модель ИНС с двенадцатью нейронами в скрытом слое. Данная модель является наиболее подходящей исходя из количества итераций и значения среднеквадратичной ошибки (MSE) [3] (рис.4).

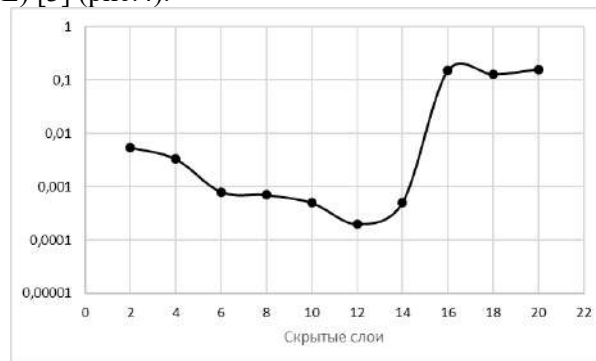


Рисунок 4 – Значения MSE при различных количествах нейронов в скрытом слое
Наилучшая эффективность ИНС при MSE равной 0,00016932 и при эпохе равной 60, рис 5.

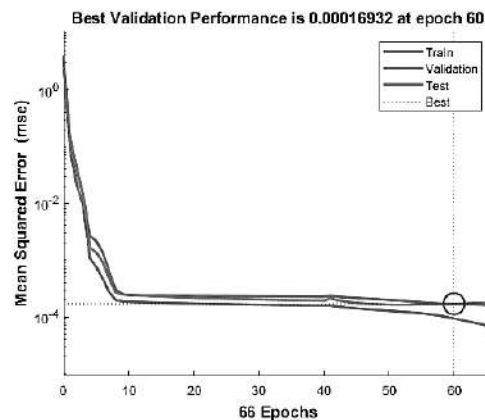


Рисунок 5 – График изменения MSE

Полученная модель ИНС показала высокую степень точности. Отношение между фактическими и прогнозируемыми значениями при таких процессах, как тренировка, проверка и тестирование ИНС представлена на рисунке 6.

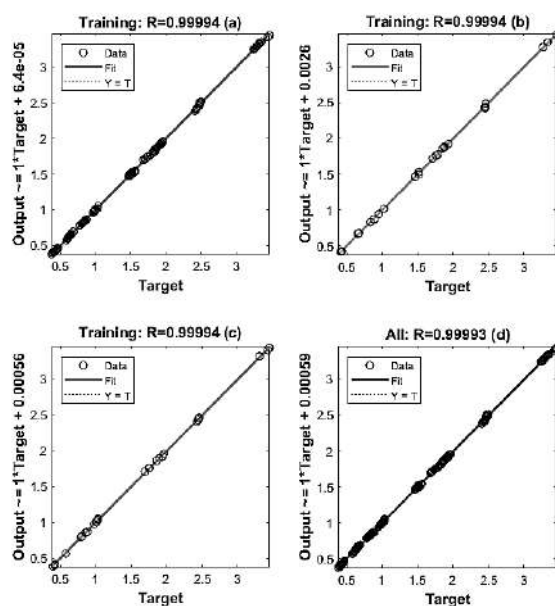


Рисунок 6 – Результаты обучения ИНС

Вывод: предложенная модель ИНС с прямой связью показывает хорошую согласованность с экспериментальными данными которая подтверждается полученными результатами регрессии и показателем MSE. Низкое значение MSE равное 0,000169 указывает на малое расхождение. Данная модель может объяснить 99% измеренных данных. Следовательно, она достаточно точно прогнозирует силу удара струи гидромонитора о забой.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90112.

Список литературы:

1. Стенд для исследования интенсивности гидромониторной отбойки: пат. РФ № 169574 на полезную модель. МПК E21C 45/00; опубл. 23.03.2017. Бюл. № 9.
2. Кисляков В. Е., Шкаруба Н. А., Катывшев П. В. Исследование силы удара струи гидромонитора о забой // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – № 1. – С. 268-275.
3. G.H. Shafabakhsh, O.J. Ani, M. Talebsafa, Artificial neural network modeling (ANN) for predicting rutting performance of nano-modified hot-mix asphalt mixtures containing steel slag aggregates, *Constr. Build. Mater.* 85 (2015) 136–143, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.060>.
- i. 4. S. Tapkın, A. Çevik, Ü. Us,ar, Prediction of Marshall test results for polypropylene modified dense bituminous mixtures using neural networks, *Expert Syst. Appl.* 37 (6) (2010) 4660–4670, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.12.042>.
4. M. Uysal, H. Tanyildizi, Estimation of compressive strength of self-compacting concrete containing polypropylene fiber and mineral additives exposed to high temperature using artificial neural network, *Constr. Build. Mater.* 27 (1) (2012) 404–414.
5. A.T.A. Dantas, M.B. Leite, K. de Jesus Nagahama, Prediction of compressive strength of concrete containing construction and demolition waste using artificial neural networks, *Constr. Build. Mater.* 38 (2013) 717–722

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.И. Иванчура

НАЗНАЧИЛОВ А.В.
Мурманский арктический государственный университет

ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

NAZNACHILOV A.V.
Murmansk Arctic State University

CONSTRUCTION OF FUZZY MATHEMATICAL MODELS OF HARDWARE INFORMATION NETWORKS

Изложены вопросы построения нечетких математических моделей аппаратных средств сложных информационных сетей для целей определения их состояния. Данный подход позволяет учитывать исходную, иногда неявно выраженную, информацию, используя в качестве основы элементы теории нечетких множеств.

Надежность функционирования информационных систем (ИС) является одним из основных условий их эффективного применения при решении задач управления функционированием и развитием социально-экономических систем различного уровня.

Территориальная компьютерная сеть Арктических регионов РФ может быть представлена как ассоциация территориально рассредоточенных вычислительных комплексов различного типа и назначения, взаимодействующих друг с другом через коммуникационную подсеть – сеть передачи данных – с целью предоставления пользователям, независимо от их месторасположения, услуг по хранению, передаче и обработке информации, а также обеспечения доступа к информационным и вычислительным ресурсам компьютерной сети. Вычислительные комплексы, выполняющие функции серверов или рабочих станций, при взаимодействии друг с другом выступают как абоненты сетей передачи данных. В качестве абонентов сетей передачи данных выступают также локальные, корпоративные или региональные компьютерные сети, входящие в состав территориальных компьютерных сетей. Сети передачи данных объединяют в единое целое своих абонентов, обеспечивая их взаимодействие на основе сетевых протоколов и таким образом образуют основу (аппаратно-программное ядро) любой территориальной компьютерной сети.

Компонентами физической структуры сетей передачи данных являются коммуникационные комплексы – узлы коммутации и магистральные каналы передачи данных, обеспечивающие физическое соединение узлов коммутации между собой и их взаимодействие друг с другом. Узлы коммутации осуществляют управление процессами передачи потоков данных между абонентами, в частности, их маршрутизацию в сети, и реализуются обычно на базе высокопроизводительных многопротокольных маршрутизаторов. Магистральные каналы передачи данных создаются на базе систем связи общего назначения, например, на базе выделенных (некоммутируемых) телефонных каналов, каналов цифровых сетей связи, либо специализированных систем передачи данных. В качестве линий связи могут использоваться кабельные, волоконно-оптические, радиорелейные или спутниковые линии связи.

Разнородность региональных факторов, компонентов ИС существенно осложняют построение формальной модели оценки надежности ИС в Арктической зоне РФ. Для разработки этой модели был проведен концептуальный анализ особенностей Арктической зоны, влияющих на характеристики надежности ИКС.

В результате сформирована начальная версия формализованного представления влияния региональных особенностей Арктической зоны на инфокоммуникационную инфраструктуру данной территории.

Необходимо отметить, что степень надежности технических средств обеспечения информационных систем в Арктическом регионе, практически не изучена. Вместе с тем, показано, что солнечная активность и обусловленные ею геомагнитные возмущения влияют на распространение радиоволн и, в период геомагнитных возмущений, создают серьезные помехи для радиосвязи.

В Арктическом регионе, где радиосвязь, в отдельных ситуациях, является единственным средством коммуникации, такие помехи могут приводить к роковым последствиям. И именно в Арктическом регионе, в силу широтных особенностей строения магнитосферы и ионосферы Земли, помехи в радиосвязи в период геомагнитных возмущений наиболее выражены. Кроме того, в высоких широтах отмечается и наибольшее число сбоев в работе технических систем и информационного обеспечения. Эти сбои могут быть вызваны широтным возрастанием интенсивности космических лучей, порождающих ошибки в работе компьютерных систем и программного обеспечения.

В качестве перспективного подхода к количественной оценке исследуемого влияния определено использование аппарата нечеткой логики. Проведен анализ возможности адаптации разработанных ранее нечетких методов оценки надежности технологических процессов к задачам оценки надежности ИС. Предложено построение моделей оценки надежности функционирования ИС в условиях Арктики на основе интегрального показателя надежности.

Ядром системы обеспечения надежности является система диагностики состояний информационной системы. В настоящее время существует уже достаточно много различных подходов к решению проблемы определения состояний. Это следующие модели: модели булевой логики; модели нечеткой логики; модели байесовского подхода; причинно-следственные модели; модели пространства состояний; интервальные параметрические модели.

Однако в настоящее время нет удовлетворительного решения данной проблемы определения состояний в силу сложности такого класса систем. Само понимание состояния размыто и определяется конкретной сложившейся ситуацией, на основе большей частью эмпирической информации. Количество таких состояний не поддается строго формальной оценке и определяется в основном количеством производственных ситуаций, возникающих в процессе работы информационной системы. Такой подход требует большого объема работы, который необходимо выполнить на этапах исследования информационной системы для того, чтобы классифицировать состояния информационной технологии. При этом возникают сложности определения границ состояний, не говоря уже о том, что какие-либо изменения в информационной системе могут потребовать дополнительных исследований новых различных ситуаций. Все это заставляет развивать новые подходы к проблеме оценки состояний информационных систем.

Рациональное решение проблемы обеспечения безаварийной работы информационной системы состоит в создании автоматизированных систем диагностики состояний и обеспечения надежности как кибернетически организованной системы.

В данной работе предлагается для диагностики состояний информационных систем в качестве основных, базовых моделей использовать нечеткие дискретные модели. Данный класс моделей в рамках системы обеспечения надежности позволяет сочетать в себе, как свойства интервальных и параметрических моделей, так и свойства моделей булевой и нечеткой логики, моделей пространства состояний.

Научный руководитель: к.т.н., доцент И.Н. Морозов

НИКИТИН А.А., НОСОВ Д.А.

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

**МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
«СИЛОВЫЕ АГРЕГАТЫ»**

NIKITIN A.A., NOSOV D.A.

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

AUGMENTED REALITY MOBILE APP «POWER UNITS»

В работе представлено мобильное приложение дополненной реальности (рис. 1), позволяющее детально изучить принципы работы различных автомобильных двигателей на примере моделей, которые отображаются в трехмерном пространстве с помощью технологии дополненной реальности. Представлены основные возможности разрабатываемого программного продукта и перспективы его использования и дальнейшего развития.

Дополненная реальность (англ. Augmented Reality – AR) – результат введения в зрительное поле любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и изменения восприятия окружающей среды. На данный момент технология дополненной реальности [1] быстро развивается в мировом ИТ-сообществе. Одним из лидеров в данной сфере является компания APPLE, предоставившая разработчикам фреймворк ARKit с большими функциональными возможностями.

В разработанном мобильном приложении [2] реализованы следующие возможности:

- авторизация пользователя (рис. 1);
- просмотр списка всех поддерживаемых моделей силовых агрегатов (рис. 2);
- осмотр и изучение 3D-модели выбранного двигателя в дополненной реальности (рис. 3).

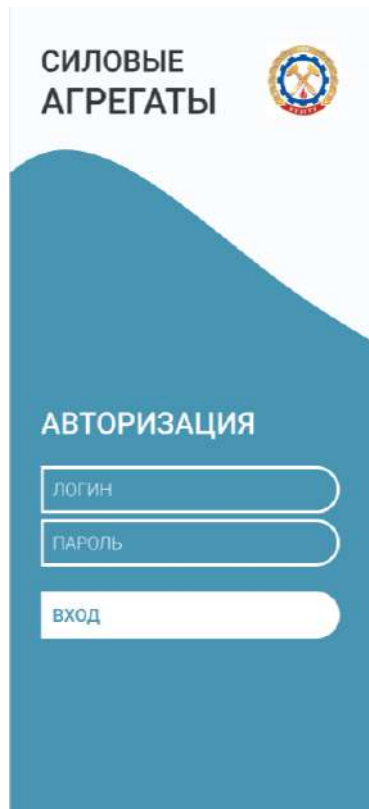


Рисунок 1 – Экран входа в приложение

Авторизированные пользователи имеют возможность выбрать доступный двигатель из списка (рис. 2) для осмотра и изучения его модели (рис. 3).



Рисунок 2 – Список доступных двигателей



Рисунок 3 – Экран осмотра модели

Для разработки мобильного приложения используются следующие средства:

- Android Studio – в качестве IDE;
- Kotlin – прогрессивный язык программирования для описания логики приложения;
- XML – для верстки экранов приложения;

В будущем планируется увеличивать список поддерживаемых двигателей, распространять приложение в магазинах Google Play и AppStore, а также добавить дополнительную функциональность, которая активируется при покупке подписки.

Список литературы:

1. Дополненная реальность. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная_реальность, свободный (дата обращения: 17.03.2021).

2. Пимонов, А.Г. Мобильное приложение дополненной реальности для изучения двигателей автомобилей / А.Г. Пимонов, А.А. Никитин // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции (07-10 декабря 2020 года), Кемерово. – Кемерово, 2020. – С. 98-101.

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.Г. Пимонов

ОВЧАРЕНКО П.А., ЧЕРИЧЕНКО В.В.
Санкт-Петербургский горный университет

**СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ
РЕАЛЬНОСТИ «VIRTUAL LAB»**

OVCHARENKO P.A., CHERICHENKO V.V.
St. Petersburg Mining University

**TECHNOLOGY-BASED TRAINING SYSTEM AUGMENTED REALITY
«VIRTUAL LAB»**

Как известно лабораторные работы являются неотъемлемой частью программы обучения студентов технических специальностей связанных с нефтегазовой отраслью. Одной из главных проблем такого формата обучения является травма и пожароопасность оборудования или его отсутствие в целом. Данная работа была проведена с целью помочь студентам осваивать прикладные науки без использования реального оборудования нефтегазовой отрасли посредством использования приложения основанном на технологии дополненной реальности.

Создание такого рода программного обеспечения потребовало существенного количества компетенция в различных программах таких как XCode, Reality Composer, Cinema 4D, Kompas, Autodesk Inventor, SolidWorks, AutoCAD, 3ds max, SimLab Composer, Figma, Photoshop.

Поскольку переформатированные из CAD-программ 3D модели занимали значительное количество места на диске, что негативно сказывалось на быстродействии мобильных устройств, главной задачей стала оптимизация всех 3D объектов в приложении. Для решения данной задачи был заимствован алгоритм создания трехмерных моделей из игровой индустрии. Данный метод основывался на том, что поверх высокополигональной модели из CAD программ вручную строилась упрощенная полигональная сетка новой модели, полностью повторяющей оригинальную. Благодаря этому значительно снизился размер приложения в целом и нагрузка на процессор мобильного устройства при работе в режиме дополненной реальности.

Далее при разработке программного обеспечения для интеграции в него 3D моделей было использовано IDE XCode. Для визуализации моделей в среде дополненной реальности был использован фреймворк Reality Kit, который непосредственно интегрирует объекты в AR. Ключевой особенностью данного фреймворка является встроенная нейросеть анализирующая поверхность что в свою очередь позволяет использовать безмаркерную технологию. Так как в приложении есть необходимость авторизации каждого пользователя, то для решения проблемы с хранением данных было решено воспользоваться платформой Google Firebase, которая является облачной базой данных. Данное БД хранит текстовые данные в JSON формате и предоставляет удобные методы для их чтения.

Для внедрения созданных трехмерных моделей в приложение был использован Reality Composer. Это простой редактор дополненной реальности, разработанный непосредственно компанией Apple. Логика работы данного приложения заключается в написании сценариев взаимодействия пользователя с объектами.

Данный подход к решению проблемы с дефицитом дорогостоящего оборудования и безопасности неопытных студентов также знакомит обучающихся с действительно одним из передовых направлений развития IT индустрии – технологией AR. Разработанное приложение в дальнейшем способно в значительной мере повысить уровень компетенций студентов в прикладных дисциплинах, так как помимо технологии производства пользователи смогут детально изучать строение промышленного оборудования, без прямого контакта с таковым.

Список литературы:

1. Ретопология стилизованного персонажа [Электронный ресурс] // XYZ School. 2020. 6 янв. URL: <https://www.school-xyz.com/retopologiya-stilizovannogo-personazha> (дата обращения: 04.03.2021).

2. ARKit [Электронный ресурс] // developer.apple.com. 2021. URL: <https://developer.apple.com/documentation/arkit/> (дата обращения: 04.03.2021).
3. XCode [Электронный ресурс] // developer.apple.com. 2021. URL: <https://developer.apple.com/documentation/xcode/> (дата обращения: 04.03.2021).
4. Khan W.A., Raouf A., Cheng K., Augmented Reality for Manufacturing // Khan W.A., Virtual Manufacturing. – Лондон, Англия: Springer London, – 2011. – P. 1-56.
5. Suárez-Warden F., González Mendivil E., Ramírez H. Mill Setup Manual Aided by Augmented Reality // Multibody Mechatronic Systems, Mechanisms and Machine Science. – 2015. – P. 433–441.

Научный руководитель: к.т.н. декан ФПМС, П.А. Петров

ПАЙОР В.А.

Санкт-Петербургский горный университет

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

PAYOR V.A.

St. Petersburg Mining University

SYNTHETIC DATA APPLICATION FOR INDUSTRIAL MACHINE LEARNING

В настоящее время при решении задач промышленной автоматизации все чаще применяются технологии машинного обучения. Отличительной чертой таких алгоритмов является потребность в больших массивах структурированных (размеченных) данных, на которых производится их обучение. Качество функционирования системы автоматизации на основе машинного обучения, в частности технического зрения, во многом зависит от качества используемой обучающей выборки. Она должна максимально достоверно отражать в себе природу исследуемого процесса, иными словами, быть репрезентативной. [1] Получение такой выборки процесс весьма трудоёмкий, необходимо захватить как можно больше различных вариантов состояний исследуемого объекта. Так, например, если нужно провести классификацию объекта, то необходимо включить в выборку как можно больше уникальных экземпляров каждого класса, что может быть затруднено из-за внутриклассовой вариативности объекта, то есть объекты, принадлежащие к одному и тому же классу может иметь различное представление (цвет, форму, размеры и т.п.).

В большинстве случаев разработчики промышленных система автоматизации не имеют в своем распоряжении необходимого объема производственных данных, достаточного для реализации алгоритмов машинного обучения. Это связано с множеством факторов: предприятие предварительно не вело фиксацию необходимых параметров или делало это ненадлежащим образом; автоматическая разметка промышленных данных затруднена, а ручная требует высокого уровня компетенции специалиста; сбор данных необходимо производить за продолжительные временные интервалы (месяцы и годы). Как следствие, данные ограничения в совокупности существенно затрудняют внедрение алгоритмов машинного обучения в системы автоматизированного управления технологическими процессами. [2]

Решить данную проблему можно решить путем программной генерации необходимых данных на основе математических моделей технологических процессов и аппаратов, а также специальных средств визуализации и симуляции физики. Ряд технологических процессов может быть промоделирован в специализированных программных пакетах, в которых параметры протекания процесса могут быть заданы алгоритмически, что позволит воспроизвести различные производственные ситуации. Помимо математических моделей, для генерации обучающих выборок можно применять некоторые графические 3D редакторы (Blender) и игровые движки (Unity, Unreal). Последние являются наиболее предпочтительными при

работе с техническим зрением, так как помимо системы рендеринга они оснащены еще и физическим движком, хоть и более примитивным, чем в математических пакетах, однако достаточно точным для симуляции кинематики, систем частиц и физики твердого тела.

Предлагаемый способ имеет целый ряд преимуществ. Синтетические данные можно получить за относительно короткий срок, при этом объем выборки ограничивается только временем и мощностями, выделенными на её генерацию. Разработчик может самостоятельно задать оптимальное для обучения распределение различных классов в выборке исходя из задачи. Для синтетических данных не требуется проводить разметку, так как она может осуществляться непосредственно в процессе расчёта модели и генерации выборки. [3] К недостаткам можно отнести необходимость применения дорогостоящих программных пакетов для моделирования и визуализации технологических процессов, потребность в больших вычислительных мощностях, повышенные требования к квалификации специалистов, подразумевающие глубокое понимание природы моделируемого процесса.

Работа посвящена методам генерации обучающих данных для алгоритмов технического зрения на примере металлургических производств. Произведен обзор и сравнение существующих техник подготовки и синтезирования обучающих данных на основе моделей, а также инструментов разметки данных. Рассмотрены примеры возможных методов генерации и вариантов применения искусственных данных при обучении алгоритмов технического зрения, таких как распознавание образов и семантическая сегментация изображения. Приведен обзор реальных задач промышленной автоматизации, включающих в себя алгоритмы машинного зрения, и рассмотрены альтернативные варианты их решения с применением синтезированных данных на основе модели технологического процесса. В работе приводится сравнение результатов работы алгоритмов, обученных на синтетических данных и данных, полученных с реальных технологических объектов.

Список литературы

1. Самообучающиеся системы, С. И. Николенко, А. Л. Тулупьев– М.: МЦМНО, 2009. – 289 с.
2. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений. Уч. Пособие, Селенякин В.В. – М:Лань, 2019, - 156 с.
3. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы, Рейхард Клетте, – М: ДМК Пресс, 2019, - 508с.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Бойков

ПОЛЕХИНА В.С.

Санкт-Петербургский горный университет

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ. РЕАЛИЗАЦИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ КАК НЕОБХОДИМОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО СИНТЕЗА МЕТАЛЛА

POLEKHINA V.S.

St. Petersburg Mining University

MODERN PROBLEMS OF ALUMINUM ELECTROLYSIS. IMPLEMENTATION OF IDENTIFICATION OF MAGNETIC FIELD STRENGTH AS A NECESSARY SOLUTION FOR QUALITATIVE SYNTHESIS OF METAL

В настоящее время сложно представить существование промышленности без алюминия. Этот материал в его конечном виде можно встретить на каждом шагу: от корпусов современных смартфонов до составных частей небоскребов и самолётов. Так было не всегда. Изначально алюминий считался драгоценным материалом в связи с высокой стоимостью его

производства, но начиная с 1886 года, который считается отправной точкой в истории электролиза алюминия, этот металл стал буквально незаменимым. Сейчас тоннаж производимого алюминия набирает обороты. Его прирост с каждым годом составляет примерно 3%.

Как отмечено выше, популярность и доступность алюминия обеспечивается способом его синтеза – электролизом. После прохождения первичных стадий обработки (добыча, дробление, выщелачивание, декомпозиция) алюминесодержащая масса попадает в электролизер, где по выверенной технологии производится чистый алюминий.

Суть электролиза состоит в следующем: в ванну электролизера, заполненную криолитом (формула - Na_2AlF_6) автоматически подается полученная на предыдущих шагах масса. С помощью анодного и катодного устройств через смесь пропускают электрический ток силой порядка 400кА. Под действием тока связи между алюминием и кислородом (Al_2O_3) разрываются и в осадок выпадет чистый алюминий.

Согласно закону Фарадея, при протекании электрических процессов вокруг проводников возникает электромагнитное поле, обладающее напряженностью. Вследствие специфики процесса, данное поле является неоднородным, что приводит к ухудшению качества производимого металла. Возможность наблюдения и мониторинга, а как следствие - контроля электромагнитного поля может существенно повысить КПД электролизера и количество качественного материала на выходе.

Программное решение, обозреваемое в данной научной работе, является способом мониторинга и идентификации проблемы, описанной выше при масштабировании его до уровня производства. Установленные по площади ванны электролизера датчики Холла считывают и передают информацию о состоянии напряженности электромагнитного поля в систему мониторинга. Вывод информации для конечного пользователя (оператора) осуществляется с помощью числовых показателей и графических материалов. Графики строятся на основе численных методов (в т.ч. аппроксимации и интерполяции). Имея числовые значения в опорных точках (в местах установки датчиков), программа рассчитывает цельную картину электромагнитного поля по всей площади ванны электролизера.

Список литературы:

1. Волков Е. А. Численные методы. – М.: Наука, 1987. – 248 с.
2. Кобус А., Тушинский Я. Датчики Холла и магниторезисторы: Уч. пособие. М.: Изд. Энергия, 1971, 351 с.
3. Осипов Д. Delphi профессиональное программирование. М.: Символ-Плюс, 2006, 1056с.
4. Соколова Ю. С., Жулева С. Ю. Разработка приложений в среде Delphi. В 2 частях.
5. Часть 2. Компоненты и их использование: Уч. пособие. М.: Горячая линия – Телеком, 2011, 144 с.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Ю.В. Ильюшин

ПОПОВА К.В.

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЭКСПЕРТНЫХ
ГРУПП И ПРОВЕДЕНИИ СЛОЖНЫХ ЭКСПЕРТИЗ**

POPOVA K.V.

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

**INFORMATION SYSTEM SOFTWARE SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN THE
FORMATION OF EXPERT GROUPS AND CONDUCTING COMPLEX EXAMINATIONS**

Процесс принятия решений в различных сферах управления постоянно усложняется. Выбор одного варианта из нескольких возможных требует тщательного анализа большого количества информации и оценки влияния множества факторов на конечный результат. При этом человек не всегда способен оценить такой большой объем данных, в то время как последствия решения могут быть весьма серьезными. В связи с этим стал довольно популярен экспертный подход к решению такого рода задач. При решении плохо формализуемых проблем в различных сферах деятельности человека он часто является самым эффективным, а иногда и единственным способом сделать правильный выбор. Методы экспертных оценок направлены на получение необходимой для формирования решения информации от специалистов и позволяют учесть все существенные факторы, оказывающие влияние на результат. Но при этом качество принятого решения зависит от человеческой способности учесть существенные факторы. Возникает проблема, связанная с выбором средств, способных упростить процесс принятия решений и обеспечить проведение сложных экспертиз. Для того, чтобы принимать решения, не испытывая трудностей из-за размера задач и не опираясь лишь на человеческие возможности, нужно использовать системы поддержки принятия решений.

Обзор существующих информационных систем выявил большое количество недостатков, связанных с невозможностью работы с группами экспертов, отсутствием возможности расширения в плане используемых методов, зависимостью от области применения и дорогостоящими лицензиями на программные продукты.

Было решено автоматизировать проведение сложных экспертиз с использованием метода решающих матриц и методики ПАТТЕРН и разработать оригинальное программное обеспечение для поддержки принятия решений различных сферах человеческой деятельности независимо от конкретной поставленной задачи.

Разработанное программное обеспечение системы поддержки принятия решений позволяет пользователям создавать и проводить экспертизы на основе метода решающих матриц и методики ПАТТЕРН. В программе для этого существует ряд возможностей:

- 1) создавать критерии, по которым можно будет проводить экспертизу по методике ПАТТЕРН;
- 2) добавлять информацию о пользователях, которые могут принимать участие в экспертизах;
- 3) председатель комиссии может создавать экспертизы и назначать экспертов, которые будут принимать участие в ее проведении;
- 4) после прохождения экспертизы всеми участниками можно сформировать отчет, в котором будет отображена общая оценка всех экспертов и оценки каждого из них по проведенной экспертизе.

Разработанная информационная система предоставляет возможность моделировать процесс принятия различных решений, учитывать качественную и количественную информацию о мнении экспертов, учитывать мнения группы экспертов и избегать конфликтов при поиске общего решения. Однако на качество принятого решения по-прежнему влияют и личностные характеристики экспертов, и их отношение к проблеме, и способность принять во внимание все существенные детали.

При экспертном подходе для решения задач формируется экспертная комиссия из специалистов, которые будут исследовать ту сферу деятельности, в которой необходимо принять решение. Руководит ею и формирует ее состав председатель экспертной комиссии. В этом случае необходимую для осуществления выбора информацию получают от специалистов, что позволяет учесть важные факторы, влияющие на конечный результат. Поэтому в процессе подбора экспертов для проведения сложных экспертиз важно учесть компетентность и качества приглашенных специалистов. Остается открытым вопрос выбора квалифицированных экспертов и эффективного способа их взаимодействия. В настоящее время ведется разработка программного обеспечения, способного автоматически подбирать экспертов для проведения экспертиз по определенным критериям. Предполагается, что разработанное программное решение поможет избежать несогласованности мнений экспертов при проведении экспертных исследований и увеличит точность сформированных прогнозов.

В созданной информационной системе в силу различий выполняемых ими задач необходимо разделение интерфейсов рядовых экспертов и председателя экспертной комиссии. Кроме того, требуется хранение некоторых данных об экспертах и экспертизах в базе данных. Интерфейс информационной системы разделен на два вида: интерфейс пользователей (экспертов) и интерфейс администратора (председателя комиссии). Эксперты и председатель должны иметь доступ в системе только к необходимым им данным, что реализовано посредством авторизации каждого пользователя. Также предусмотрена возможность их взаимодействия внутри системы.

У каждого эксперта имеется доступ к личному кабинету, где он сможет оценивать себя и своих коллег, после чего администратор будет подбирать подходящих кандидатов для конкретной экспертизы. Для этого в системе хранятся данные о стаже работы, должности экспертов, а также о степени их надежности (исходя из анализа их оценок в предыдущих экспертизах). Должен будет производиться анализ компетентности специалистов на основе их личных данных по результатам прошлых экспертиз и методами самооценки и взаимооценки. Также можно будет отфильтровать существующих экспертов по некоторым критериям. Например, по стажу работы или по направлениям основной деятельности.

Таким образом, программная система должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- просмотр, добавление, изменение, удаление данных об экспертах;
- просмотр, добавление, изменение данных об экспертизах;
- поиск эксперта по заданным критериям;
- оценка компетентности эксперта:
 - методом самооценки;
 - методом взаимооценки;
- расчет степени надежности эксперта по результатам предыдущих прогнозов;
- формирование оптимального состава экспертной группы для проведения конкретной экспертизы.

Структурная модель информационной системы поддержки принятия решений представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная модель информационной системы

Пользователь информационной системы должен авторизоваться, после чего ему станут доступны функции просмотра приглашений и экспертиз (если он является обычным экспертом) или функции просмотра экспертов, экспертиз и возможность создания новой экспертизы (если он является председателем комиссии). Рядовые эксперты смогут предлагать кандидатуры специалистов на роль экспертов в доступные им экспертизы, а также оценивать себя или других, то есть проставлять определенное количество баллов по какому-то конкретному направлению работы. Такие оценки будут использоваться для формирования коэффициента надежности эксперта и выбора наиболее подходящих специалистов для конкретной экспертизы. Возможность предложить экспертов в организуемую экспертизу предполагается из списка специалистов, информация о которых уже находится в базе данных. Председатель экспертной комиссии имеет возможность создавать экспертизы, приглашать экспертов и формировать окончательный состав экспертной группы.

Предполагается, что автоматизация процесса подбора экспертов с использованием методов анализа их надежности и компетентности позволит существенно снизить риски появления ошибок в ходе экспертизы.

Разработанное программное решение поможет избежать несогласованности мнений экспертов при проведении экспертных исследований, а также увеличит точность сформированных прогнозов. Кроме увеличения качества проведения экспертиз, сократится время, необходимое для формирования экспертной группы. Таким образом, информационная система улучшит результаты экспертиз и сократит общее время их проведения.

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.Г. Пимонов

САБАНОВ П.А.

Филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Стерлитамаке

**РАЗРАБОТКА И ОТЛАДКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ДОЗИРОВАНИЯ СЫРЬЯ В ЦЕХЕ ПОМОЛА В ООО «ХАЙДЕЛЬБЕРГ ЦЕМЕНТ РУС»**

SABANOV P.A.

Branch of FGBOU VO USPTU in Almaty. Sterlitamak

**DEVELOPMENT AND DEBUGGING OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR DOSING
RAW MATERIALS IN THE GRINDING WORKSHOP IN
HEIDELBERG CEMENT RUS LLC**

Цементное производство — одна из ведущих отраслей промышленности строительных материалов. Цемент представляет собой тонко молотый порошок минеральных вяжущих веществ, используемый в основном для изготовления бетона, применяемого в виде монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций. Очевидно, что в ближайшее время альтернативы цементу, как основному строительному материалу, не предвидится, поэтому совершенствование технологических процессов производства цемента и их удешевление являются важными задачами, решение которых позволит снизить затраты на строительство и улучшить качество строительного материала.

В цехе «Помол» Стерлитамакского филиала ООО «Хайдельберг цемент Рус» производится ручная настройка параметров процесса сепарирования, из-за чего под влиянием человеческого фактора не всегда точно происходит регулирование процесса и, как следствие, брак партии производства. Так же при дроблении и помоле сырья и цементного клинкера (комковатой массы, спекающейся в печах при $t^{\circ} 1500^{\circ}$) и особенно при упаковке и бестарной отгрузке цемента содержание пыли в воздухе рабочей зоны нередко превышает предельно допустимые концентрации, что может привлечь за собой опасность и нанесение вреда здоровью человека. Эти особенности требуют внедрения автоматической системы управления технологическим процессом.

Промышленная автоматизация уменьшает численность обслуживающего оборудования персонала, повышает надежность и долговечность машин, дает экономию материалов, улучшает условия труда и повышает безопасность производства. Выполнять свою работу настолько качественно, как промышленная автоматика, человек вряд ли смог бы физически. Высокий уровень производительности достигается благодаря тому, что в производстве сегодня используются технические средства автоматизации. Они обеспечивают автоматическое получение, передачу, преобразование, сравнение и использование информации в целях контроля и управления производственными процессами.

Важнейшее условие нормального функционирования системы автоматического управления – получение информации, правильно отражающей состояние объекта управления, ход технологического процесса и взаимодействие всех производительных звеньев.

Влияние человека на технологический процесс предполагает прежде всего правильного анализа технологических параметров и, как следствие, точной корректировки регулируемых значений. Внедрение системы автоматизации увеличит эффективность производства, упростит и обезопасит человеческий труд.

Автоматизация технологического процесса сепарирования сырья заключается, прежде всего, в контроле таких технологических параметров, как скорость вращения ротора сепаратора, а также гранулометрического анализа сырья на входе в сепаратор. Функции управления должны обеспечивать дистанционное включение и отключение приводного электродвигателя, аварийное отключение установки, плавное регулирование скорости вращения электродвигателя при помощи преобразователя частоты, плавное регулирование потока воздуха при помощи задвижки.

Управление процессом основано на использовании нечеткой нейронной сети. Разработка ИНС производилась в среде Matlab 9.0.0.341360 (R2016a). При решении задачи исполь-

звался пакет Matlab Neural Network Toolbox. Пакет для работы с нейронными сетями Neural Network Toolbox представляет собой полноценную среду MATLAB для решения прикладных задач с использованием нейронных сетей. Для решения задачи с помощью нейронной сети необходимо собрать данные для обучения. Обучающий набор данных представляет собой набор наблюдений, для которых указаны значения входных и выходных переменных. Далее реализуем и обучим нейронную сеть в Matlab. Загруженные данные отобразятся в рабочем окне «Workspace» (рисунок 1).

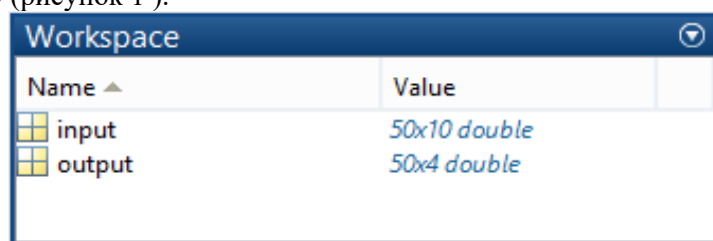


Рисунок 1 – Данные для обучения нейронной сети
После нажатия на клавишу Enter начнется обучение нейронной сети.

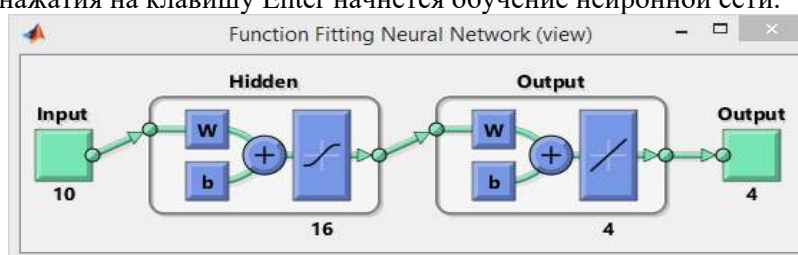


Рисунок 2 – Структура нейронной сети

На рисунке 2 изображена структура нейронной сети, где показано, что на вход ИНС подается 10 значений, а количество выходных значений равно 4. Далее была исследована и разработана искусственная нейронная сеть, которая позволит решить основной недостаток имеющейся системы – большая погрешность количества цемента на выходе относительно заданной производительности.

На рисунке 3 показаны графики состояния обучения – Training State. На графике «val fail» показано изменение ошибки на контрольном множестве. График «gradient» показывает изменение градиента функционала ошибки обучения по весам сети. График «mu» отражает изменение параметра обучения μ метода Левенберга-Марквардта.

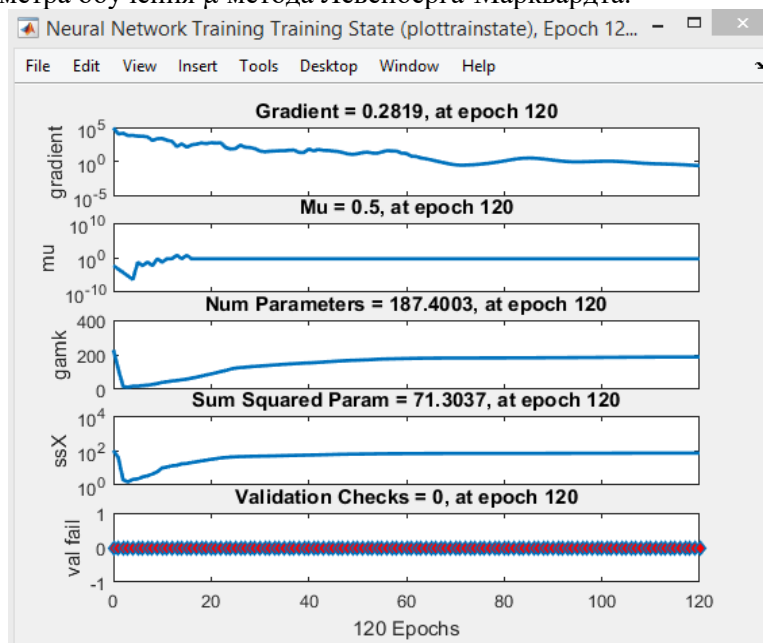


Рисунок 3 – Графики обучения сети

В результате обучения получена нейронная сеть, которая без перенастройки весов связей формирует выходные сигналы при подаче на вход сети любого набора входных сигналов из обучающего множества, которая позволит решить основные недостатки имеющейся системы.

Список литературы:

1. Муравьева, Е. А. Система управления давлением в конденсаторе-испарителе по безынерционной модели объекта управления / Е.С. Григорьев // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018615711, 15.05.2018. Заявка № 2018611439 от 26.03.201.
2. Муравьева, Е. А. Разработка алгоритма автоматизированной системы управления подачей компонентов в сырьевую мельницу в цехе клинкер-2 / А.О. Резвых // В сборнике: современные технологии: достижения и инновации-2020. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. 2020. С. 432-434.
3. Development of intellectual complex for adaptive control of microclimate parameters of flour storage processes / Е.А. Muravyova // В сборнике: JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 22006.
4. Control system of the silo aeration process at the cement production / Е.А. Muravyova // В сборнике: JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 42023.
5. Development of a neural network to control the process of cleaning the pyrolysis fraction from acetylene compounds / Е.А. Muravyova // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 32003.

Научный руководитель: к.н., доцент М.И. Шарипов

САБИНИН Д.С.
Санкт-Петербургский горный университет

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК МЕЛЬНИЦЫ ПОЛУСАМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

SABININ D.S.
St. Petersburg Mining University

DIGITAL TWIN OF SAG MILL

Концепция цифровых двойников уже много лет существует, но за последние годы стали видны ее активные качественное развитие и рост использования численного моделирования для промышленного оборудования. Сама технология является частью развития четвертой промышленной революции и связана с промышленным интернетом вещей (IIoT) и большими данными (Big Data), а ее применение к промышленному оборудованию позволит повысить эффективность и производительность не только производственного процесса, но и предприятия в целом, а также, что не мало важно, значительно улучшить отслеживание и технологий производства, оценить влияние условий окружающей среды, прогнозирование состояния оборудования, изменений требований, сценариев использования и множества других переменных, влияющих на качество продукта. На данный момент требования к безопасности постоянно усиливаются, с каждым днем возрастают объемы данных. При этом моделирование все чаще является частью того процесса, в котором сам цифровой двойник тесно интегрирован в процессы проектирования и эксплуатации технического устройства, наряду с искусственным интеллектом и машинным обучением.

Большинство мельниц, работающих на предприятии, работают в режиме без возможности изменения воздействий на технологический процесс, энергозатрат, подачи воды на осуществление технологического процесса и, как следствие, без возможности изменения своей производительности, что негативно влияет на предприятие, где этот объект расположен. Этому способствуют наличие таких негативных факторов как: повреждение футеровки, наличие застойных зон, длительное время отклика, непостоянство крупности как исходного сырья, так и получаемого продукта. Преждевременный отказ оборудования или незапланированные простои также могут вызвать убытки у компании. Горнодобывающие компании могут добиться значительной экономии средств только за счет снижения скорости износа футеровки мельницы без снижения производительности. Для увеличения производительности и повышения энергоэффективности требуется оптимизация загрузки мельницы и параметров рабочего процесса, таких как скорость вращения мельницы.

Цифровой двойник мельницы – это виртуальный прототип реального объекта, действующего на производстве, который позволяет оценить и спрогнозировать рабочие характеристики процесса измельчения и объекта при различных режимах работы, условий окружающей среды и других факторов, влияющих на процесс и объект, а также наглядно продемонстрировать деформацию конструкции объекта на протяжении его жизненного цикла. Разработка системы управления и оптимизация работы мельницы полусамоизмельчения посредством технологий цифрового двойника позволит добиться максимизации производительности объекта путем разрешения негативных факторов, а также минимизацией энергозатрат и воздействий на технологический процесс. Проведение прогноза работы и инженерного анализа объекта с помощью такой технологии позволяет в значительной степени сократить затраты на преждевременное изготовление реального объекта посредством получения подробных сведений о проектируемом объекте, его размерах, износе с течением срока жизненного цикла, характеристики процесса. Это все происходит посредством мультифизического моделирования процесса объекта, анализе получаемых с сенсоров и датчиков данных и машинного обучения, благодаря которым обеспечивается точное моделирование исследуемого процесса и самосовершенствование цифрового двойника, который изменяется в соответствии с изменениями реального физического объекта на протяжении всего его жизненного цикла.

Для создания цифрового двойника необходимы непосредственно ее физическое существование, на основе которого будет создаваться этот же объект, но в виртуальном пространстве с теми же физическими характеристиками, что и у реального объекта. Это может быть достигнуто путем использования таких программных обеспечений как SpaceClaim и RockyDEM, где, соответственно, будет произведено воссоздание объекта как модели в соответствии с его физическими параметрами и дальнейшее использование ее для моделирования процесса измельчения: настройка динамических параметров модели, настройка свойств материала конструкции объекта, а также настройка характеристик измельчаемого материала и шаров. Наличие в RockyDEM возможности обмена расчетных данных, позволяет интегрировать его с ANSYS, где производится анализ прочностных характеристик объекта, его футеровки и оптимизация геометрии. Далее, в течение жизненного цикла объекта изменяющаяся конструкция объекта используется цифровым двойником, что позволяет более точно прогнозировать как процесс измельчения, так и производить оптимизацию геометрии объекта.

Создание цифрового двойника для реального объекта позволяет получить тот продукт, который требуется получить. Завершающим этапом внедрения такой технологии становится окончательная интеграция ее в реальное производство, позволяя экономить не только на расходуемых ресурсах, но и на непредвиденных расходах, амортизации объекта, увеличивая его срок службы. Такие зарубежные компании как Copper Concentrator (Перу), Pasmenco Century Mine (Австралия), Minera CMDIC (Чили) уже начинают использовать и экономить на этой технологии. Таким образом, цифровой двойник можно рассматривать в качестве виртуального прототипа реального объекта или процесса, который содержит все данные о нем, включая историю и информацию о текущем состоянии.

Научный руководитель: к.т.н., доцент И.И. Белоглазов

САБРЕКОВ А.Ю.
Санкт-Петербургский горный университет

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ ЧЕРНОВОЙ МЕДИ

SABREKOV A.Y.
St. Petersburg Mining University

INTELLIGENCE SYSTEM FOR CONTROL OF BLACK COPPER PRODUCTION

Рассмотрена структурная схема системы искусственного интеллекта для управления процессом получения черновой меди в агрегате совмещенной плавки-конвертирования. Рассмотрена структурная схема блока искусственного интеллекта и механизм вывода управляющих сигналов.

Целью работы является разработка структурной схемы системы управления процессом совмещенной плавки-конвертирования для переработки медных цинксодержащих материалов с применением аппарата искусственного интеллекта.

Структурная схема системы управления процессом СПК включает печь СПК, устройства сбора данных, цифровые контрольно-измерительные приборы и устройства, осуществляющие две функции: управление воздухонагревателем (влажность дутья и температура дутья) и управление очисткой газа; а также воздухонагреватель.

Данная управляющая система включает в себя основной (управляющий) компьютер, состоящий из блока сбора данных от датчиков, блока формирования временных характеристик, блока управления, а также блока хранения данных, получающий информацию от цифровой контрольно-измерительной аппаратуры. Основной компьютер соединен с интеллектуальным модулем посредством области памяти интерфейса. Интеллектуальный модуль состоит из блока вывода, информационного хранилища и блока искусственного интеллекта, в котором формируется прогнозируемое на основе искусственного интеллекта значение о нагреве печи.

Интеллектуальный модуль включает программные средства поддержки системы и логическую машину выводов, осуществляющую обработку поступившей информации. Основной (управляющий) компьютер помимо функций первоначального анализа информации от первичных преобразовательных устройств, имеет функции обработки информации и осуществления диагностики нагрева в соответствии с построенной математической моделью. Руководствуясь информацией, принятой от первичных преобразовательных устройств и из информационного хранилища, в системе производится вычисление действующего уровня нагрева с определенным периодом и делается вывод о повышении либо уменьшении нагрева путем изменения объема дутья и основных параметров управления.

Таким образом, применение предлагаемого способа автоматического управления процессом СПК позволит стабилизировать содержание меди в черновой меди, что повышает технико-экономические показатели процесса и приносит экономический эффект при дальнейшем рафинировании черновой меди.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Н.В. Васильева

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗАГРУЗКИ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ****SAVELEV R.V.**

St. Petersburg Mining University

**MODERNIZATION OF THE CHARGE LOADING SYSTEM INTO METALLURGICAL
UNIT**

Загрузка и дозирование компонентов шихты в металлургических процессах во многих случаях является важнейшей стадией переделов, определяющих конечные показатели качества продукции и технико-экономические показатели процесса в целом. Соответственно, модернизация и автоматизация процесса загрузки шихты является необходимым и актуальным направлением. Актуальность модернизации процесса дозирования во многом обуславливается конкретными технологическими, экономическими и экологическими причинами [1]. Так, отличительным трендом современного доменного процесса является рост цен на сырье и более низкое качество сырья при значительных выбросах CO₂ и общих затратах на производство чугуна. В этих условиях модернизация и повышение эффективности процесса являются важными задачами.

Распространенным методом решения задачи повышения эффективности является налаживание высокого уровня контроля над прочностью и реакционной способностью сырья как такового. Еще один эффективный метод – контроль над состоянием штабелей сырья в радиальном направлении доменной печи надлежащим образом, то есть, регулируя распределение шихты. При контроле распределения шихты изменяются высота кокса и пластов руды в радиальном направлении доменной печи, изменяется гранулометрический состав, а также производится распределение определенных компонентов сырья в отдельные зоны.

В последнее время в доменных процессах для загрузки шихты используется бесконусное загрузочное устройство (БЗУ) системы “Пауль Вюрт”. Подобные системы позволяют загружать шихтовые материалы в доменные печи достаточно гибко по сравнению с обычными загрузочными системами конусного типа. Для контроля распределения материалов в БЗУ изменяется угол наклона разгрузочного желоба, а также последовательность загрузки отдельных компонентов шихты в верхнюю часть доменной печи посредством конвейерной транспортировки. Шихта, выгружаемая на загрузочный конвейер, сначала хранится в верхнем бункере печи, а затем выгружается из наклонного желоба через приемный бункер. Однако когда шихтовые материалы загружаются в верхний бункер печи, происходит сегрегация по размеру и плотности. Кроме того, когда шихтовые материалы выгружаются из бункера, дрейф, называемый воронкообразным потоком, возникает там, где скорость нисходящего потока высокая непосредственно над выпускным отверстием и низкая у боковой стенки, что значительно изменяет последовательность выгрузки. Все это указывает на то, что для должного контроля распределения шихты недостаточно просто варьировать угол наклона желоба и последовательность загрузки.

Для решения вышеперечисленных проблем, а также прогнозирования характеристик распределения материалов в печи подойдет исследование процесса методом дискретных элементов (МДЭ), который позволяет оценивать поведение единичного объема сыпучего вещества в компьютерной модели. Моделирование при использовании МДЭ широко применяется в горнорудной промышленности, в металлургии и прочих отраслях. Моделирование при помощи МДЭ позволит построить автономную масштабированную модель процесса загрузки/выгрузки шихтовых материалов в БЗУ [2]. Однако построение компьютерной модели не позволит утверждать, что смоделированные процессы отражают реальное распределение шихты в реальной доменной печи (даже при соблюдении масштаба). На результат в модели (как и в жизни) оказывают влияние большое количество параметров (форма частиц, качество

поверхности бункера, содержание влаги и так далее), поэтому необходимым дополнительным условием для успешного внедрения данного подхода является верификация модели.

На первом этапе целесообразно проведение упрощенного расчета истечения материалов, поэтому одним из возможных вариантов для верификации упрощенной модели может стать экспертная оценка инженера. В целом, это позволит оценить целесообразно ли дальнейшее усложнение модели и позволит указать на слабые места модели. Но для того, чтобы быть уверенным в адекватности модели, необходимо давать не только качественную, но и количественную оценку. Задача является нетривиальной, и на данный момент не существует конкретной методики для оценки адекватности загрузки материалов в доменную печь. При этом перспективным подходом является создание устройств-капсул со встроенными RFID метками для отслеживания материалов [3]. Такие метки устанавливаются при первичной загрузке материалов из бункеров, а затем считываются дважды – при загрузке в верхнюю часть БЗУ, и при разгрузке на желоб. Это позволит верифицировать перемешивание материалов при транспортировке конвейером, а также верифицировать сегрегацию материалов в верхней части БЗУ относительно модели МДЭ. Другим подходом может быть оценка адекватности по косвенным измеряемым параметрам процесса. Важно отметить, что оценка адекватности по косвенным параметрам может быть осуществлена вкуче с применением Ansys Fluent для проведения мультифизического расчета процесса доменной плавки. Такой подход обеспечит наиболее точные результаты, но требует значительных вычислительных мощностей и сложного технического анализа.

Таким образом, модернизация системы загрузки шихтовых материалов является актуальной, но и одновременно нетривиальной задачей. Для повышения точности и эффективности распределения материалов в доменной печи при помощи бесконусного загрузочного устройства необходимо исследование истечения и пути шихтовых материалов от разгрузочных бункеров до разгрузки в доменную печь при помощи желоба и распределения материала послойно в печи. Моделирование методом дискретных элементов с верификацией результатов при помощи RFID меток позволяет получить точные данные о происходящих процессах внутри доменной печи при дозировании шихты.

Список литературы:

1. Весовое дозирование зернистых материалов / С.В. Першина, А.В. Катальмов, В.Г. Однолько, В.Ф. Першин. – М.: Машиностроение, 2009. – 260 с. – 400 экз.
2. Hiroshi M., Yoichi N., Simulation of Particle Behavior in Charging Process of Blast Furnace by Discrete Element Method, Nippon Steel Technical Report No. 120 December 2018.
3. Kaoru N., Yoshito I., Takuya N., Kenta W., Tomoyasu K., Tracking Technique of Burden Materials for Blast Furnace with Bell-less Top by Using RFID, Nippon Steel Technical Report No. 123 March 2020.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Бойков

САДЫКОВ Р.М., ШЕСТАКОВ А.К., ПЕТРОВ П.А.
Санкт-Петербургский горный университет

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В КАЧЕСТВЕ ПРЕДИКТИВНОЙ МОДЕЛИ В
УПРАВЛЕНИИ СОВРЕМЕННЫМИ АЛЮМИНИЕВЫМИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАМИ**

SADYKOV R.M., SHESTAKOV A.K., PETROV P.A.
St. Petersburg Mining University

**IMPLEMENTATION OF NEURAL NETWORK FOR MODEL PREDICTIVE CONTROL
OF MODERN ALUMINUM ELECTROLISYS CELLS**

Развитие и модернизация конструкций современных электролизных ванн требует создания новых решений для их управления. Из-за существующей тенденции к увеличению длины электролизных ванн, все более актуальной становится проблема обеспечения сбора данных и управления в конкретных участках ванны и в зонах питания, вместо ограничения управлением по показателям всей ванны целиком. Старые системы автоматизированного управления, предназначенные для управления электролизерами устаревших серий, не удовлетворяют современным требованиям и не имеют потенциала к повышению качественных показателей, например, как выхода по току, так и экологических показателей по выбросу вредных парниковых газов.

Новейшие исследования показывают, что процентное соотношение выбросов газов от традиционных анодных эффектов в современных электролизерах неуклонно падает и составляет уже 2/3 от общего количества. Также последние исследования показывают, что, несмотря на уменьшение количества традиционных (высоковольтных) анодных эффектов, продолжают происходить скрытые и локальные анодные эффекты, являющиеся причиной оставшихся 1/3 выбросов газов. Скрытые и локальные анодные эффекты невозможно зарегистрировать традиционными способами с помощью замеров падения напряжения на всей ванне. Одним из способов регистрации подобных анодных эффектов является введение системы сбора данных токораспределения по анодам.

В данной работе предлагается введение зонального управления для регистрации и ликвидации локальных анодных эффектов. Разрабатываемая система может быть внедрена в уровень управления серий электролизеров. Предлагаемая к использованию нейросетевая модель для подобной системы может использовать данные со многих электролизеров в серии и может выполняться на отдельном ЭВМ с операционной системой реального времени, являясь частью SCADA-систем, не находясь вблизи электролизных ванн в зоне с сильными магнитными полями. Использование нейронных сетей для управления электролизными ваннами оправдано сложностью моделируемых процессов, имеющимися нелинейными характеристиками, неконтролируемыми шумами.

Важной частью работы, повышающей качество управления и собирающей данные о состоянии технологического процесса в локальных точках, а также обеспечивающей бесперебойную подачу глинозема, является использование многофункциональных пробойников в точках питания. Данные многофункциональные пробойники увеличат количество автоматически-собираемых данных, что даст возможность повысить качество управления за счет более частых измерений влияющих на процесс технологических параметров. Наличие большего количества параметров создаст более полную модель и позволит установить новые зависимости показателей от измеряемых параметров процесса.

Разрабатываемая нейросетевая модель (см. рисунок 1) может использоваться для повышения качества управления процессом производства первичного алюминия за счет расчета недостающих технологических параметров. С каждым новым измерением система управления получает от нейронной сети новые значения. В отличие от традиционных систем управления, получаемые нейросетью значения обновляются не во время редких замеров, а после каждого обновления других регулярно замеряемых параметров.

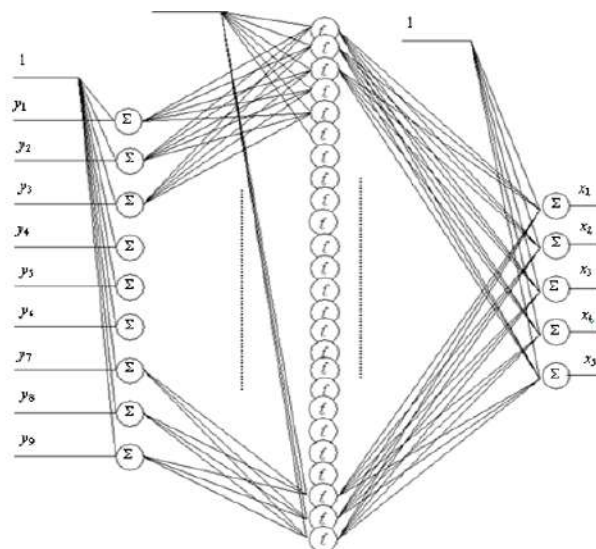


Рисунок 2 – Структура нейронной модели для расчета технологических параметров электролизной ванны

где x_1 – температура криолит-глиноземного расплава; x_2 – рабочее напряжение; x_3 – криолитовое отношение; x_4 – концентрация глинозема в расплаве; x_5 – уровень электролита; y_1 – частота АЭ; y_2 – межполюсное расстояние; y_3 – расход глинозема; y_4 – расход солей фтора; y_5 – уровень металла; y_6 – количество Na в металле; y_7 – выход по току; y_8 – объем жидкого Al; y_9 – количество Fe.

Научный руководитель: к.т.н., декан ФПМС П.А. Петров

СОБОЛЕВА Е.В.

Санкт-Петербургский Горный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРТАТИВНОГО МИНИСПЕКТРОМЕТРА В КАЧЕСТВЕ ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

SOBOLEVA E.V.

Saint-Petersburg Mining University

APPLICATION OF PORTABLE MINI-SPECTROMETER AS OIL AND PETROLEUM PRODUCTS QUALITY CONTROL SENSOR

Введение. Актуальным вопросом нефтехимии и нефтепереработки остается вопрос контроля качества получаемых нефтепродуктов. Идея анализа химических веществ с помощью портативных спектрометрических приборов не нова, но до сих пор существующие технологии не могут в полной мере удовлетворить потребности рынка в таких приборах. В настоящее время практически во всех портативных оптических сенсорах используются источники теплового излучения с фильтрами или лазерные диоды, что вносит ограничения в область их применения. При контроле нефти и нефтепродуктов оптоэлектронными методами можно косвенно судить о содержании в них асфальто-смолистых веществ, влаги, о глубине очистки нефтепродуктов, о превалировании тех или иных групп углеводородов, о возрасте и происхождении нефти, содержание одного вещества в другом и т. п. В зависимости от того, какой параметр светового излучения положен в основу, различают различные оптические методы анализа [1]. Метод ИК-спектрометрии широко применяется для совместного определения качественного и количественного состава углеводородсодержащих соединений. Среди достоинств метода выделяют простоту, надёжность, быстродействие, универсальность для математической обработки результатов и возможность экспресс-анализа, что особенно акту-

ально для оценки контроля качества нефтепродукта в условиях непрерывного производственного процесса. [2-3]. Цель работы – выявить возможности портативного миниспектрометра на основе светодиодных матриц ближнего инфракрасного диапазона в качестве датчика экспресс-анализа и контроля качества углеводородов на примере трех образцов нефти с Первомайского месторождения (Томская область): образец №1 – сырая нефть, образец №2 – нефть с частичным содержанием серы после очистки от тяжелых примесей, образец №3 – дизель.

Методика эксперимента. Светодиодный портативный миниспектрометр LMS-R фирмы ООО «ЛЕД Микросенсор НТ» измеряет спектры отражения и рассеяния твердых и жидких образцов в спектральном диапазоне от 1.3 до 2.4 мкм, обладает высокой скоростью измерения < 1 с и компактными размерами (60x42x42 мм). Прибор выполнен в едином металлическом корпусе, включающем оптический и электронный блоки. Основным элементом оптического блока является 12-элементная светодиодная матрица и широкополосный фотодиод, перекрывающие ближний ИК-диапазон от 1.3 до 2.4 мкм. В момент измерения светодиода поочередно включаются и облучают поверхность измеряемого образца, отражённое излучение регистрируется фотодиодом, преобразуется в электрический сигнал и обрабатывается встроенным электронным блоком и специализированным программным обеспечением. Результатом измерения прибора является зависимость коэффициента отражения (рассеяния) образца от длины волны, отображаемой программой в виде спектральной кривой или в виде гистограммы [4].

Первоначально было проведено калибровочное измерение относительно эталона отражения из фторопласта в относительном режиме измерения. В этом режиме при отсутствии исследуемой жидкости, прибор отображает 100% сигнала на всех длинах волн. При наличии исследуемого вещества выводятся абсолютные значения коэффициентов отражения образца. После калибровки прибора была отобрана проба дизельного топлива и нанесена на подложку эталона. Далее, прибор устанавливался на образец, окно миниспектрометра располагалось вплотную по центру к измеряемому образцу. Прибор измерял в течение 1 секунды, после этого в окне программы отображался результат. Калибровочное измерение «эталон» проводилось перед каждым измерением образца №1, №2 и №3. Остатки частиц образцов №1, №2, №3 на подложке вызвали незначительное смещение спектров эталона из фторопласта.

Результаты измерений показывают, что спектры отличаются не только по степени пропускания (поглощения), но и по форме. Спектр пропускания нефти с месторождения (образец №1) характеризуется сильным поглощением в коротковолновой области, в отличие от образцов №2 и №3, что подтверждает наличие тяжелых примесей в сырой нефти. Наименьшим уровнем поглощения отличается очищенное дизельное топливо. Каждый уровень очистки уменьшает поглощение в определенных зонах спектра. Время проведения одного измерения очень короткое, что позволяет контролировать процесс переработки нефти в непрерывном режиме.

Заключение. Эксперимент подтвердил, что особенности форм спектров, полученных миниспектрометром LMS-R, позволяют идентифицировать нефтепродукты на разных этапах очистки сырой нефти. Последующий анализ химического состава нефтепродуктов и показаний спектров исследуемых образцов позволяет определять наличие определённых веществ в составе исследуемых образцов, а амплитуда спектральных полос позволяет определять их процентный состав. В перспективе планируется провести исследования более широкого круга образцов нефтепродуктов, привязав их к реальному технологическому процессу переработки и к контролю параметров, которые представляют практический интерес [5].

Список литературы:

1. Н.Р.Рахимов, В.А. Жмудь, В.А.Трушин, И.Л. Рева, И.А. Сатволдиев. Оптоэлектронные методы измерения и контроля технологических параметров нефти и нефтепродуктов // Автоматика и программная инженерия. – 2015. – №2(12) – с. 85–108.
2. Л.В. Иванова, Р.З. Сафиева, В.Н. Кошелев. ИК-спектрометрия в анализе нефти и нефтепродуктов // Вестник Башкирского университета. – 2008. – Т. 13. – № 4. – С. 869–874.
3. Метод ИК-спектрометрии. URL: <http://k323108.narod.ru/IR.htm>

4. Официальный сайт фирмы ООО «ЛЕД Микросенсор НТ». URL: <http://ru.lmsnt.com/>

5. Yemeserach M., Srikanth N. Machine Learning Techniques in Wireless Sensor Network Based Precision Agriculture // Journal of The Electrochemical Society. 2020. P.11.

Научные руководители: к.т.н., доцент И.И. Белоглазов, к.т.н., доцент Т.В. Стоянова

СОБОЛЬ Е. Ф.

Санкт-Петербургский горный университет

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВИБРАЦИОННОГО ПОЛЯ СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

SOBOL E. F.

Saint-Petersburg Mining University

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED INFORMATION AND CONTROL SYSTEM FOR MONITORING THE VIBRATION FIELD OF A MARINE ENGINE

Современные тенденции развития судового транспорта свидетельствуют о высоком уровне автоматизации процессов, а также значимости данного вида транспорта не только для грузоперевозок, обслуживания пассажиров, но и для военных целей. Судовая промышленность играет важную роль в стране, что легко доказать, сославшись на государственную программу РФ “Развитие судостроения на 2013 -2030 годы”, которая была одобрена Правительством 8 ноября 2012 года. Приоритетными задачами реализации данной государственной программы являются, в первую очередь, технологии, направленные на создание в стране высокотехнологичных производств, способных выпускать эффективную и качественную морскую и речную технику. К ряду задач можно отнести понижение процента замены комплектующих и неработающих механизмов, снижение затрат на их замену вследствие износа или получения необратимых технических нарушений в результате непредвиденных отказов или аварий. Профессор, к.т.н. Букшев Анатолий Владимирович в своем труде “Техническая и коммерческая эксплуатация судна” пишет: «Современного судовладельца интересуют не только стоимость и соответствие заказанного им судна заданным количественным показателям, но и то, как поддерживать его работоспособность с наименьшими затратами в течение всего периода эксплуатации».

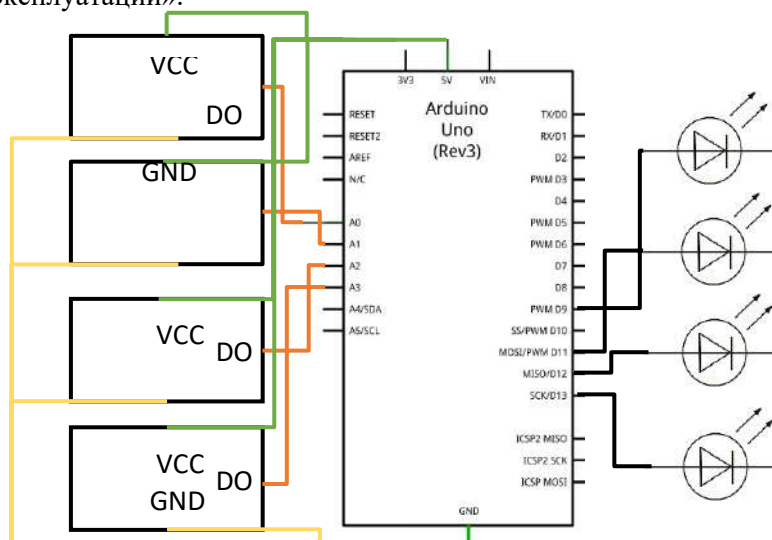


Рисунок 1 – Структурная схема системы

Можно сделать вывод, что современной задачей судовой промышленности является совершенствование методов диагностики, которые смогут обеспечить с помощью непрерывного автоматического контроля технического состояния объектов своевременное обнаружение отклонений параметров от нормального диапазона значений.

Таким образом, на сегодняшний день организации заинтересованы в работах, которые содержат в себе не только научно-исследовательскую часть, направленную на систематизацию и анализ научно-технической литературы, но и проектно-конструкторскую деятельность, позволяющую представить автоматизированное программное решение с технико-экономическим обоснованием.

Принимая во внимание перспективность, низкий уровень разработанности темы, цель данной работы- продолжить разработку автоматизированной информационно-управляющей системы мониторинга вибрационного поля промышленных агрегатов, описать информационное обеспечение создаваемой системы.

В процессе выполнения научной работы по созданию автоматизированной информационно-управляющей системы мониторинга была разработана структурная схема подключения датчиков для измерения вибрационного поля и для построения в дальнейшем трехмерных графиков зависимости уровня вибрационной активности от времени и нахождения точки в пространстве (Рис. 1).

Количество датчиков и плата Arduino UNO, которая способна получать и посылать необходимые виды сигналов для корректной работы системы мониторинга, было выбрано из расчета количества аналоговых пинов на плате и имеющегося количества датчиков на рынке. Таким образом, в ходе выполнения научной работы была разработана система мониторинга вибрационного поля судового двигателя с использованием среды разработки IDE Arduino, а также верхнеуровневой программы на языке высокого уровня Delphi для задач управления и мониторинга.

Выполненный комплекс программно-аппаратных средств разработан в соответствии с поставленной задачей. Интерфейс дополнен схемой управления, что позволяет легко ориентироваться оператору за ПК (Рис. 3). Созданные сообщения являются информативными и находят отражение в сигнализации. Сигнализация, в свою очередь, отвечает или реагирует на понижение или повышение уровня вибрационного поля. Предусмотренные кнопки для ручного управления позволят в будущем создать два полноценных режима управления со SCADA-системой, однако для написания подобного программного комплекса, несомненно, требуется методическая подготовка.

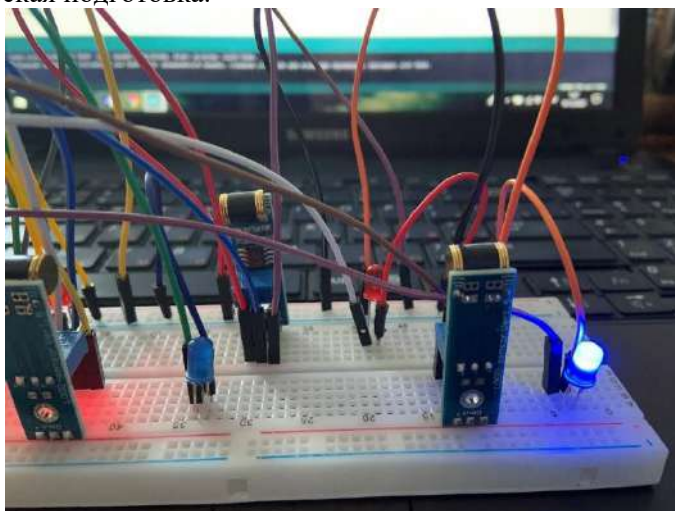


Рисунок 2 – Демонстрация работоспособности комплекса средств нижнего уровня АСУ ТП

Тестирование программы в среде Arduino UNO доказало работоспособность программного и аппаратного обеспечения и ее пригодности для дальнейшей работы по разработке макета системы мониторинга вибрационного поля (Рис. 2).

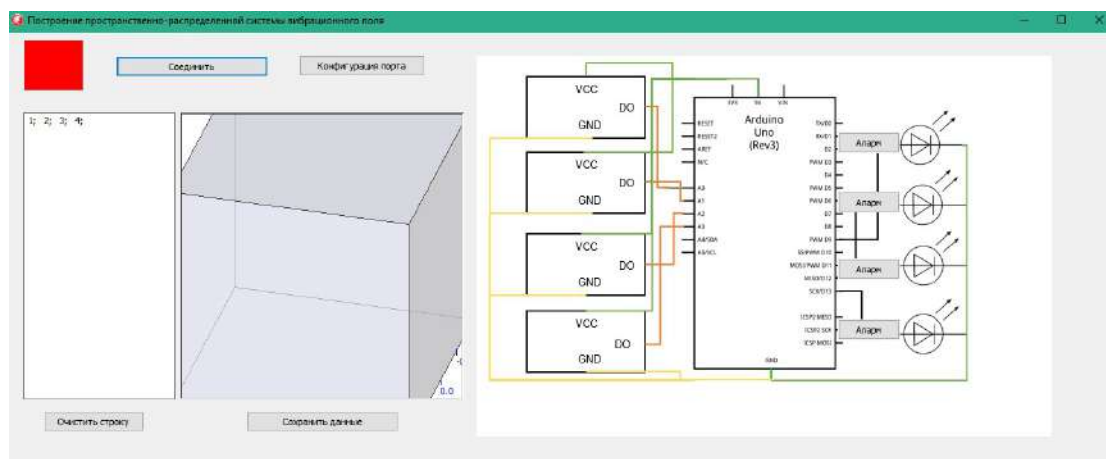


Рисунок 3 – Программа верхнего уровня

В рамках данного проекта был подробно изучен объект управления, судовой двигатель внутреннего сгорания или ДВС, изучены его особенности, а также тщательно законспектирована часть про методы контроля качества и надежности ДВС. Формулировка требований к АС, концепция работы, режимы системы и механизмов позволили четко сформулировать цель и задачи создания АС, а также разбить крупный проект в рамках научно-исследовательской деятельности в университете на небольшие подзадачи. Данный подход, который выработался в процессе написания курсового проекта считаю одним из положительных результатов.

При выполнении работы возникли сложности с написанием технического задания, оказалось, что существуют существенные отличия между иностранными стандартами оформления ТЗ и российскими. Имея лишь небольшой опыт работы с немецкими заказчиками в прошлом, ссылаясь на такой опыт, было сложно соблюсти все правила оформления отечественного технического задания и других проектных документов.

Научный руководитель: зав. кафедрой САиУ, к.т.н., доцент Ю.В. Ильюшин

СОЛОВЬЕВ Е.Л.

Мурманский арктический государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ В ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

SOLOVIEV E.L.

Murmansk Arctic State University

USE OF NEURAL NETWORK METHODS IN SIMULATION OF COMPLEX DYNAMIC OBJECTS

При управлении промышленными установками, технологическими комплексами или другими техническими объектами возникает необходимость прогнозирования поведения объекта при изменении условий его функционирования или деформации внутренних характеристик. Для решения этой задачи всегда используются результаты моделирования, иногда в явном, а чаще всего в неявном виде.

Математическая модель представляет собой систему уравнений математического описания, отражающую сущность явлений, протекающих в объекте моделирования, которая с помощью определенного алгоритма позволяет прогнозировать поведение объекта при изменении входных и управляющих параметров.

Любой технологический процесс, исходя из внешних признаков, может быть условно изображен так, как представлено на рис. 1, где выделены основные группы параметров, определяющих его течение и характеризующих состояние в любой момент времени.

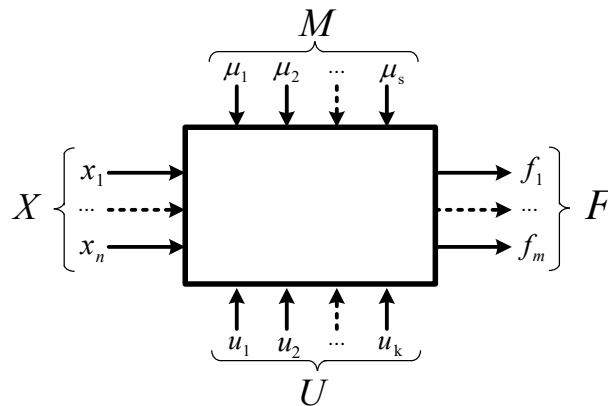


Рисунок 1 – Объект управления

где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – множество входных параметров процесса, значения которых могут быть измерены, но возможность воздействия на них отсутствует;

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$ – множество управляющих параметров, на которые можно оказывать прямое воздействие в соответствии с теми или иными требованиями, что позволяет управлять процессом;

$M = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s\}$ – множество возмущающих параметров, значения которых случайным образом изменяются и которые не всегда доступны для измерения;

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ – множество выходных параметров, величины которых определяются режимом процесса и которые характеризуют его состояние.

Иногда выходные параметры называют переменными состояния.

Функционирование любого технологического процесса можно рассматривать как некоторую последовательность смены состояний, полученных в результате влияния на процесс как возмущающих, так и управляющих воздействий.

Следовательно, значения выходных параметров процесса будут определяться суммарным действием векторов управления и возмущения:

$$F = \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_k, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s) \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_k, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s) \\ \dots \\ f_m(x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_k, \mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Рассмотрим некоторый технологический процесс, состояние которого в некоторый момент времени t характеризуется множеством выходных параметров F_t .

В результате влияния возмущающих и управляющих воздействий происходит переход из одного состояния в другое F_{t+1} , т.е. выходные параметры процесса изменяют свои значения.

Таким образом, модель объекта управления можно рассматривать как некоторый оператор L , осуществляющий однозначное отображение

$$L : F \rightarrow F. \quad (2)$$

При достаточно малых изменениях значений возмущающих и управляющих воздействий Δh изменение состояния процесса как системы можно представить следующим образом:

$$F_{t+1}(X_t, U_t, M_t) - F_t(X_{t-1}, U_{t-1}, M_{t-1}) = L \cdot \Delta h_t, \quad (3)$$

где $F_t(X_{t-1}, U_{t-1}, M_{t-1})$ – состояние системы в момент времени t ;

$F_{t+1}(X_t, U_t, M_t)$ – новое состояние системы в момент времени $t+1$;

Δh_t – изменение значений возмущающих и управляющих воздействий в момент времени t .

L – нелинейный оператор, который в общем случае зависит от переменных состояния, характеризующих режим процесса.

Зная состояние системы F_t в момент времени t при известном векторе управления и возмущения Δh_t и известном операторе L возможно прогнозировать поведение объекта управления в любой момент времени.

$$F_{t+1}(X_t, U_t, M_t) = L \cdot \Delta h_t + F_t(X_{t-1}, U_{t-1}, M_{t-1}), \quad (4)$$

Одним из возможных подходов к определению нелинейного оператора L является представление модели объекта управления в виде нейронной сети (рис. 2).

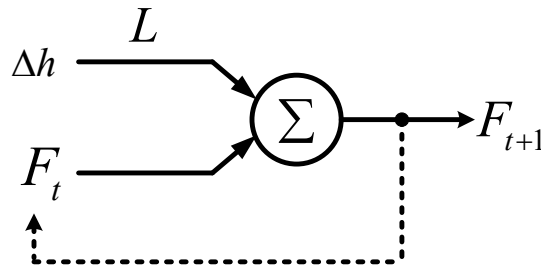


Рисунок 2 – Структура нейронной сети

Количество нейронов сети определяется количеством выходных параметров объекта.

Математическая модель нейрона описывается соотношением:

$$f_1' = \sum_{i=1}^k \frac{\partial f_1}{\partial \Delta u_i} \cdot \Delta u_i + \sum_{j=1}^s \frac{\partial f_1}{\partial \Delta \mu_j} \cdot \Delta \mu_j + f_1(x_1, \dots, x_n, u_1, \dots, u_k, \mu_1, \dots, \mu_s), \quad (5)$$

где $\frac{\partial f_1}{\partial \Delta u_i}, \frac{\partial f_1}{\partial \Delta \mu_j}$ – вес синапса нейрона;

$f_1(x_1, \dots, x_n, u_1, \dots, u_k, \mu_1, \dots, \mu_s)$ – начальное состояние системы (смещение);

f_1' – новое состояние системы;

Δu_i – компонента вектора управления;

$\Delta \mu_j$ – компонента вектора возмущения.

При использовании в качестве модели объекта управления нейронной сети нелинейный оператор (4) будет представлять собой функцию веса синапсов нейрона. Для его определения, в этом случае, возможно использование методов обучения нейронных сетей, например, метода обратного распространения ошибки, где за обучающую выборку принимаются известные начальное и конечное состояния системы и известный вектор управления.

Научный руководитель: к.т.н., доцент И.Н. Морозов

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

STOIANOVA A.D.
St. Petersburg Mining University

**APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR INCREASING ENTERPRISE
ENERGY EFFICIENCY**

Электроэнергетика является одной из базовых отраслей, от ее эффективного и надежного функционирования зависит энергетическая безопасность государства, работоспособность производств и устойчивое развитие экономики в целом. В последние тридцать лет наблюдается стабильный рост энергопотребления и соответственно возрастает нагрузка на существующие энергетические системы, что приводит к необходимости увеличения генерации. Важно отметить, что наибольшая нагрузка на энергосистему осуществляется только в определенные периоды времени, для обеспечения которых и требуется наращивание вырабатываемых мощностей. Одним из подходов к решению данной проблемы является управление спросом (Demand Response). Данный подход получил возможность широкого применения благодаря появлению цифровых интервальных счетчиков и «интеллектуальных сетей» («smartgrid»). При этом, несмотря на наличие ряда исследований [1-9], вопрос об использовании ретроспективных и плановых данных об энергопотреблении для оптимального планирования распределения нагрузки на электрическую сеть остается не до конца решенным. Цель работы – разработка и реализация алгоритмов оптимального распределения потребления электроэнергии для повышения энергоэффективности производства.

В качестве основного источника данных использовались значения энергопотребления приборов, полученные от системы «Умный щит» (Smart Panel) Schneider Electric в ходе проведения эксперимента в лаборатории Учебно-научного центра цифровых технологий Горного университета. Низковольтные распределительные щиты позволяют проводить измерения, осуществлять контроль и управление на объекте в режиме реального времени. Также использовались данные плана генерации и потребления системного оператора Единой энергетической системы.

На основе концепции управления спросом были предложены два алгоритма: распределение нагрузки во временном периоде с прерыванием и распределение нагрузки в непрерывном временном диапазоне. Первый алгоритм позволяет находить такое распределение работы оборудования по часовым интервалам работы, при котором суммарное потребление в сети будет минимальным. В качестве развития данного решения разработан и реализован алгоритм определения момента включения прибора, позволяющий найти такой момент интервал запуска, при котором нагрузка на сеть на всем диапазоне работы не будет превышать пороговое значение выработки и работа прибора завершится к указанному моменту времени.

Предложенные алгоритмы могут внедряться как по отдельности, так и вместе. Сочетание работы двух алгоритмов позволяет добиться наибольшего эффекта от их использования. На начальном этапе определяются наиболее перспективные интервалы работы оборудования, а на последующих проходит детализация для выбора оптимального времени работы.

Применение описанного подхода приносит целый ряд эффектов. Отдельно можно выделить экономическую выгоду для поставщиков электроэнергии за счет снижения необходимости строительства новых генерирующих мощностей и снижение затрат пользователей, достигающееся благодаря возможности выбора для работы периода с меньшей тарифной ставкой и отсутствия необходимости использовать дополнительные источники энергии и соответственно снижение затрат на топливо. Кроме того, важен и экологический эффект, получаемый снижением расхода топлива на дизельные генераторы, что также положительно

сказывает на окружающей среде и позволяет компании снизить свой углеродный след и соответствовать стратегии социально-экологического развития.

Список литературы:

1. Zhukovskiy Y. L., Lavrik A. Y. , Vasilkov O. S., Semenyuk A. V. Potential for electric consumption management in the conditions of an isolated energy system in a remote population / Sustainable Development of Mountain Territories, № 4, т 12, 2021. С 583 - 591. DOI: 10.21177/1998-4502-2020-12-4-583-591
2. Lavrik A.Y., Zhukovskiy Y.L., Buldysko A.D. Features of the Optimal Composition Determination of Energy Sources During Multi-Criterial Search in the Russian Arctic Conditions. Proceedings of the 2nd 2020 International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2020, pp. 9059215. DOI: 10.1109/REEPE49198.2020.9059215.
3. Zhukovskiy, Y.L., Starshaia, V.V., Batueva, D.E., Buldysko, A.D., 2019. Analysis of technological changes in integrated intelligent power supply systems. Innovation-Based Development of the Mineral Resources Sector: Challenges and Prospects - 11th Conference of the Russian-German Raw Materials 249-258
4. Kosarev O V, Tsvetkov P S, Makhovikov A B, Vodkaylo E G, Zulin V A, Bykasov D A 2019 Modeling of Industrial IoT complex for underground space scanning on the base of Arduino platform Topical issues of rational use of natural resources 407-412
5. Makhovikov A, Kryltcov S 2016 Development of Secure and Reliable Communications System for Corporate Sector Over Mobile Telecom Networks Asian Journal of Information Technology 15(24) 5120-5125.
6. Siano P., Sarno D. Assessing the benefits of residential demand response in a real time distribution energy market. 2016. №161. Pp. 533-551. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.10.017
7. Rahbari-Asr N., Ojha U., Zhang Z., Chow M.-Y. Incremental welfare consensus algorithm for cooperative distributed generation/demand response in smart grid // IEEE Transactions on Smart Grid, 2014, Vol.5, No.6, p.2836-2845.
8. Molderink A., Bakker V., Bosman M.G.C., Hurink J.L., Smit G.J.M. Management and control of domestic smart grid technology // IEEE Transactions on Smart Grid, 2010, Vol.1, No.2, p. 109-119. DOI: 10.1109/TSG.2010.2055904

Научный руководитель: к.т.н., доцент Ю.Л. Жуковский

ТРАШКОВА А.В.

Филиал ФГБОУ ВО «Мурманский арктический государственный университет»
в г.Апатиты

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ КАРЬЕРА И КАРЬЕРНОЙ ТЕХНИКИ

TRASHKOVA B.M.

Branch of the Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education
"Murmansk Arctic State University" in Apatity

DEVELOPMENT OF A COMPUTER SIMULATOR BASED ON A DIGITAL MODEL OF A CAREER AND CAREER TECHNOLOGY

В работе рассматриваются объекты, которые были перенесены в визуальную 3D модель. Приводится их краткая техническая характеристика, а также описываются предварительные результаты по итогам проведенной работы над компьютерным тренажером на основе цифровой модели карьера и карьерной техники.

В настоящее время симуляторы используются во многих сферах, таких как отработка техники безопасности, тестирование, обучение, видеоигры и так далее. Симуляторы могут

быть использованы для демонстрации возможных последствий некоторой деятельности на потенциально опасных объектах с учетом альтернативных условий развития ситуации и различных внешних воздействиях. [1]

В филиале федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мурманский арктический государственный университет» в г. Апатиты (филиал МАГУ в г. Апатиты) идут разработки собственного симулятора – системы моделирования карьера открытых горных работ (цифровой карьер). Моделирующая система предоставляет пользователю реалистичное визуальное отображение самого горного карьера, а также нескольких видов горнодобывающей техники. Тренажер планируется использовать в обучении студентов, обучающихся на горных направлениях. В дальнейшем планируется реализовать отдельные реалистичные модели карьерной техники, такие как:

- экскаватор карьерный гусеничный;
- карьерный самосвал;
- бульдозер;
- погрузчик;
- ряд видов бурильных машин;
- и другие типы карьерной техники.

Для максимального приближения разрабатываемых моделей к реальности и повышения эффективности работы с полученными моделями необходимо использовать современные методы и подходы в областях когнитивной визуализации пространственных данных и разработки человеко-машинных интерфейсов [2, 3], а также возможности визуализации геоданных, предоставляемые современными географическими информационными системами [4].

На данном этапе реализации системы моделирования цифровой карьер модели самого карьера, карьерного экскаватора и карьерного автосамосвала находятся на завершающей стадии реализации. Однако, в связи с тем, что модели разрабатывались в разных трехмерных средах, возникла проблема их стыковки, масштабирования и взаимоувязывания их поведения.

Компьютерный тренажер состоит их трех основных частей. Одним из основных логических элементов является карьер, которых был воссоздан по реальному карьере, при помощи лазерного сканирования местности, одной из компаний, которая находится в арктической зоне. На нем производятся открытые горные работы по добыче железных руд. 3D модель карьера была получена из закрытого источника в расширении .dxf, этот формат файла предназначен для обмена графической информации в различных программах САПР. Разработан формат компанией Autodesk для программы AutoCAD, в которой был создан чертеж карьера.

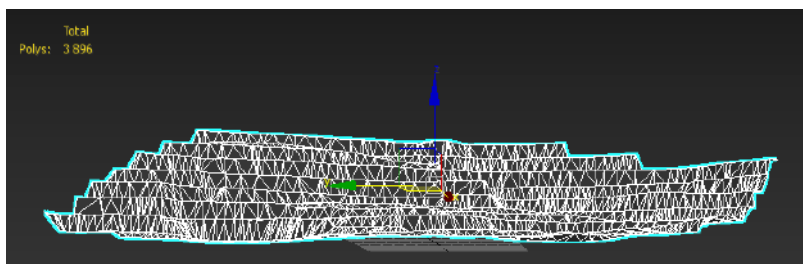


Рисунок 1 – Часть 3d модели карьера

На цифровой модели карьера находится модели экскаватора и автосамосвала, реализованные согласно реальным техническим характеристикам, которые заявлены производителями. Автосамосвал был смоделирован по подобию реального самосвала компании БелАЗ, модель 75570.

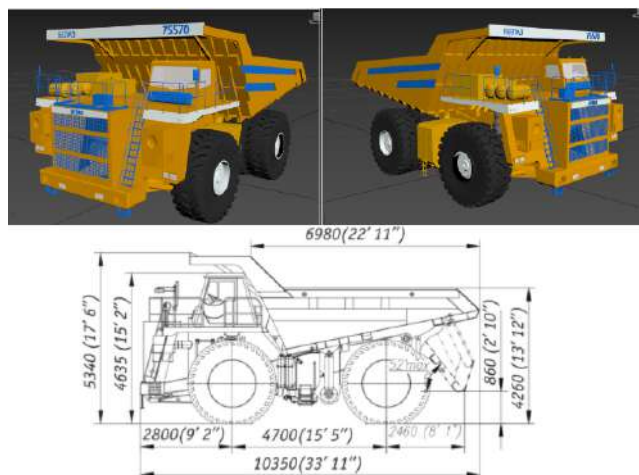


Рисунок 2 – Модель и схема размеров БелАЗ 75570

Экскаватор также был реализован по подобию реальной техники компании CAT, модель 6018. Ниже представлено его реальное фото и 3D модель. [5]



Рисунок 3 – Экскаватор CAT 6018

Экскаватор оснащен ковшом типа обратная лопата и имеет рабочий диапазон копания в глубину 8.5 м, высоту 13.2 м и радиус копания 15.6 м. Вместимость ковша составляет 10 кубический метров. В тренажере реализовано движение стрелы, рукояти и ковша в рамках рабочих диапазонов, а также система поворота платформы. Экскаватор оснащен звуковыми эффектами, а также освещением для работы в темное время суток.

В модели БелАЗа реализовано движение вперед, назад, влево и вправо. Колеса самосвала имеют анимацию при движении, также реализован поворот колеса. При движении назад загорается лампочка заднего хода и звучит предупреждающий сигнал о движении. В темное время суток можно включить световые приборы. Ковш самосвала можно опрокинуть в рамках рабочего диапазона для высыпания горной массы.

Многие исследования, проведенные по использованию тренажеров, показывают высокие результаты по усвоению информации и данная практика используется в обучении за рубежом [5, 6]. Разработка и внедрение такого тренажера, должно помочь повысить грамотность, знания правил эксплуатации специалистов, которые будут работать на открытых горных работах.

Список литературы:

1. Трашкова А.В., Вицентий А.В. Выбор способа реализации тренажера-симулятора для системы трехмерного моделирования открытых горных работ // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. – Апатиты: КНЦ РАН. 2020. С. 83-90.

2. Вицентий А.В. Визуализация пространственных данных как подход к построению когнитивных интерфейсов мультипредметных информационных систем поддержки регионального управления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Том 9, № 5 (2017). Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/82TVN517.pdf>

3. Vicentiy A., Vicentiy I. The method of dynamic visualization of spatial data for cognitive interfaces of information systems supporting regional management // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM). 2019. pp. 667-672

4. Vicentiy A.V. The use of different types of geographic information systems for the construction of geoservices to support management of the Arctic territories // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing. – 2020. – Vol. 539. – 012131

5. Fahmi, Fahmi & Farhan, Laith & Andayani, Ulfi & Siregar, Baihaqi. (2017). Development of excavator training simulator using leap motion controller. Journal of Physics Conference Series. 978. 10.1088/1742-6596/978/1/012034.

6. Bhalerao, Bhushan & Dunston, Phillip & Proctor, Robert. (2016). Use of PC-based Simulators to Train Basic Control Functions of a Hydraulic Excavator: Audiovisual Instruction Contrasted with Hands-On Exploration. International Journal of Human-Computer Interaction. 33. 10.1080/10447318.2016.1232230.

Научный руководитель: доцент кафедры Информатики и вычислительной техники, А.В. Вицентий

ФРЕЙДИН К.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ СКВАЖИН

FREYDIN K.V.

Ufa State Aviation Technical University

RESULTS RELIABILITY ASSESSMENT OF AUTOMATIC WELL-LOG CORRELATION

Корреляция геологических разрезов скважин направлена на выделение соответствующих одноименных пластов и прослеживание их толщины, литологического и фациального состава в пределах контура залежи. На результатах корреляции в дальнейшем базируется все последующие процедуры создания геологических моделей залежей углеводородов. Основным источником информации при проведении корреляции являются данные геологических исследований скважин (ГИС) – каротажи. Они представляют собой последовательность измерений вдоль траекторий разведывательных скважин.

Задача корреляции разрезов скважин по данным ГИС является частным случаем одной из сложнейших математических проблем распознавания образов. Основная трудность автоматизации процесса корреляции состоит в том, что внутренняя структура пластов месторождения имеет сложный и нерегулярный характер из-за чего при сопоставлении интервалов двух скважин заранее неизвестно, какие из стратиграфических горизонтов сохранились в разрезах обеих скважин, а какие были размыты или подвержены иным нарушениям. Алгоритмы автоматической корреляции по-разному реагируют на данные неточности, поэтому результаты работы различных методов могут сильно отличаться друг от друга.

За последние полвека было разработано и внедрено в нефтяную отрасль множество методов автоматической корреляции разрезов скважин (автокорреляции скважин). Большинство существующих в настоящее время алгоритмов автокорреляции относятся к классу методов последовательной корреляции, то есть используются предыдущие скоррелированные

скважины как ограничения для последующих корреляций. Однако методам последовательной корреляции свойственен эффект накопления ошибки, что ведет к появлению различных результатов при изменении порядка корреляции.

Выше описанные проблемы являются основными причинами появления неоднозначных результатов автоматической корреляции скважин. На сегодняшний день нет каких-либо инструментов, которые позволят геологу автоматически получить оценку результатов, из-за чего остается возможным только ручная проверка. Однако это приводит к тому, что:

1. Появляются дополнительные временные затраты;
2. Проведение автокорреляции становится бессмысленным, так как фактически специалист самостоятельно проводит корреляцию во время проверки результатов.

Поэтому возникает необходимость в разработке методов верификации результатов автоматической корреляции, которые позволят определить степень доверия к выделенным пластам, а также найти скважины, на которых алгоритмы вероятнее всего неверно проставят маркеры.

В рамках данной работы предлагается новый метод оценки результатов автокорреляции скважин по данным ГИС, который позволит выявить зоны недостоверной корреляции и зоны уверенной корреляции. Суть подхода состоит в том, что для каждой коррелируемой скважины генерируются различные случайные пути обхода, по которым будет производиться корреляция. В результате для каждого маркера на всех скважинах имеется множество различных значений. Эти значения являются случайной величиной, причем как показали результаты вычислительных экспериментов при увеличении количества обходов распределение полученных значений можно считать нормальным (Рисунок 1).

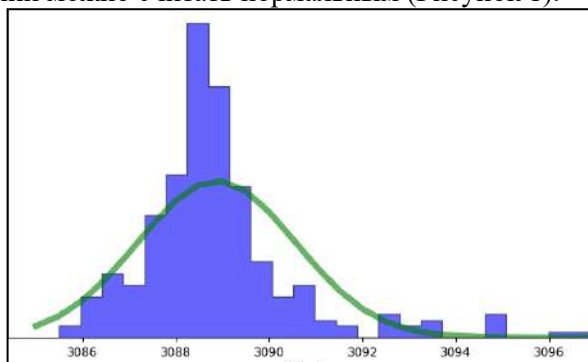


Рисунок 3 – Плотность распределения одного из маркеров на коррелируемой скважине

Так как полученные значения маркеров различных путей обхода являются случайной величиной, то для них можно рассчитать оценки математического ожидания m и среднеквадратичного отклонения σ . Тогда по величине среднеквадратичного отклонения можно определить какая из скважин плохо влияет на корреляцию, также значения σ можно интерполировать на всё месторождение, тем самым визуально показать зоны с высоким и низким уровнем доверия к результатам (Рисунок 2).

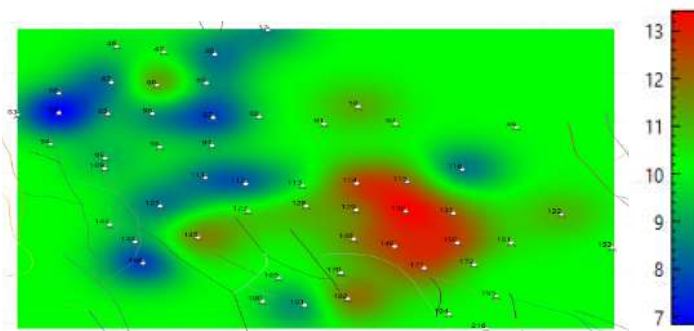


Рисунок 4 – Пример карты среднеквадратичного отклонения (красный - зоны с низким уровнем доверия, синий – зоны с высоким уровнем доверия)

По результатам вычислительных экспериментов была установлена устойчивость относительно количества генерируемых случайных обходов: при увеличении числа различных путей с некоторого момента, выделенные зоны неуверенной корреляции перестают изменяться.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Р.К. Газизов

ХАЙРУЛЛИН Т.А.

Уфимский государственный авиационный технический университет

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПРОСЛЕЖИВАНИЕ ПЕРВЫХ ВСТУПЛЕНИЙ
ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН**

KHAIRULLIN T.A.

Ufa State Aviation Technical University

AUTOMATIC PEAKS TRACING OF REFLECTED WAVES

Процесс внедрения современных цифровых решений не обходит стороной ни одну область деятельности человека, исключением не является и нефтяная отрасль. Автоматизация позволяет сократить объем однообразной работы и повысить ее качество. В работе рассмотрен метод прослеживания, предложенный профессором С. Ву.

Прослеживание происходит посредством локальных коэффициентов наклона, которые могут быть найдены с помощью структурного тензора.

$$T(M) = G * \begin{bmatrix} g_x(M) \circ g_x(M) & g_y(M) \circ g_x(M) \\ g_x(M) \circ g_y(M) & g_y(M) \circ g_y(M) \end{bmatrix}, M = (x, y),$$

$$g_x(m) = \frac{dg(M)}{dx},$$

$$g_y(m) = \frac{dg(M)}{dy},$$

$$G = G(M; \sigma_x, \sigma_y) = \exp \left[- \left(\frac{x^2}{2\sigma_x^2} + \frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) \right].$$

где $g(M) = g(x, y)$ – исходное волновое поле,

«*» – операция свертки, « \circ » – покомпонентное умножение,

σ_x, σ_y – среднеквадратичные отклонения.

Полученная матрица $T(M)$ не вырожденная, что позволяет найти её собственные значения и вектора и представить матрицу в виде:

$$T(M) = \lambda_u(M)u(M)u^T(M) + \lambda_v(M)v(M)v^T(M),$$

Где $\lambda_u(M) > \lambda_v(M)$ – собственные значения матрицы $T(M)$,

$u(M), v(M)$ – соответствующие собственные вектора матрицы $T(M)$.

На основе компонент вектора $u(M)$ определяются функция наклона:

$$p(M) = - \frac{u_2(M)}{u_1(M)},$$

где $u_1(M), u_2(M)$ – компоненты вектора, по осям x, y соответственно

Также для корректного прослеживания в местах разломов, зашумленности сигнала рассчитываются значения $w(M)$ линейности (двумерный случай) или планарности (трехмерный случай).

$$w(M) = 1 - \frac{\lambda_v}{\lambda_u}.$$

Процедура расчета выглядит следующим образом:

$$\begin{bmatrix} w(x, z_i) \frac{\partial z_{i+1}}{\partial x} \\ \mu \frac{\partial^2 z_{i+1}}{\partial x^2} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} w(x, z_i) p(x, z_i) \\ 0 \end{bmatrix},$$

где $w(x, z)$ – функция весов, рассчитанная по атрибуту линейности,
 $p(x, z)$ – функция наклона.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Р.К. Газизов

ЧАНКАЕВА О.И.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

CHANKAEVA O. I.

Kuban State Technological University

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR MONITORING THE STATE OF MAIN PIPELINES

Известно, что в процессе эксплуатации трубопроводы находятся под воздействиями постоянных и кратковременных или временных нагрузок. При этом элементы трубопроводов испытывают силовое воздействие от внешних факторов, которые приводят к возникновению напряженного состояния материала. Совместная деформация подземного трубопровода и грунтового массива в осложненных условиях является малоизученной проблемой, что нередко приводит к аварийным разрушениям трубопровода.

На сегодняшний день одной из основных проблем на предприятиях связанных с использованием магистральных трубопроводов, является процесс прогнозирования аварийных ситуаций. Даже с использованием современного оборудования, порой достаточно сложно быстро обнаружить сектор утечки на магистрали и оперативно устранить проблему.

Объектом исследования является процесс мониторинга и диагностики состояния магистральных трубопроводов.

Цель работы - автоматизация процесса прогнозирования аварийных ситуаций трубопроводов.

Задачи данной работы – проектирование и программная реализация приложения, которое выполняет следующие функции:

- построение модели магистральных газопроводов;
- моделирование очистки трубопровода;
- прогнозирование аварийных ситуаций;
- формирование отчетной документации.

Основным результатом, полученным в ходе выполнения работы является программное обеспечение, предназначенное для автоматизации деятельности предприятий связанных с использованием магистральных трубопроводов. Программное обеспечение разработано в IDE Microsoft Visual Studio на языке программирования C#.

На рисунке 1 представлено главное окно программного продукта с функциональным меню.



Рисунок 1 – Основное окно программы

После открытия главного окна, пользователь в соответствии с поставленной задачей может выбрать одну вкладку для выполнения работы. Вкладка «Технические работы» содержит инструменты для моделирования процессов подачи газа, обслуживания и диагностики трубопроводов.

На рисунке 2 приведена симуляционная модель подачи газа в трубопроводе с указанием основных параметров: внешнего и внутреннего диаметра трубы, ее длины.

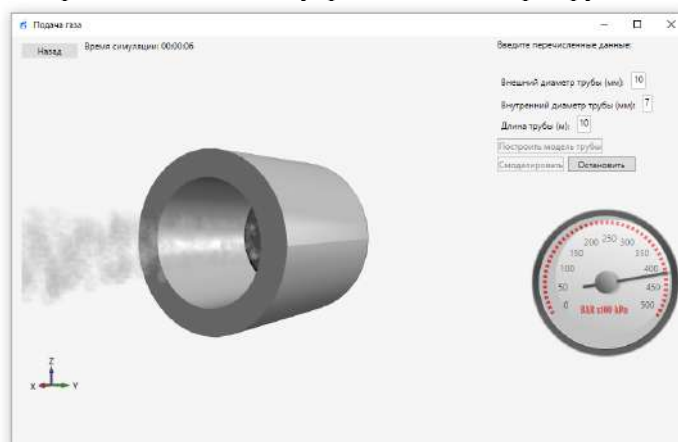


Рисунок 2 – Результаты моделирования

После остановки работы построенная модель и система частиц очищается, программа сохраняет полученные данные в базу данных, на основе которых происходит дальнейшее моделирование.

На рисунке 3 приведена созданная модель трубопровода с очистным поршнем.

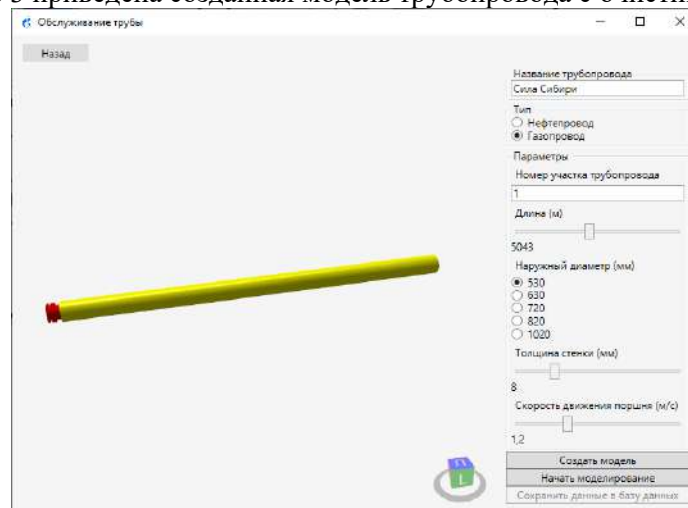


Рисунок 3- Успешное создание модели с очистным поршнем

После нажатия на кнопку «Начать моделирование» начинается моделирование очистки трубопровода. По завершении моделирования появляется соответствующее окно, изображенное на рисунке 4, в котором будут указаны результаты моделирования.

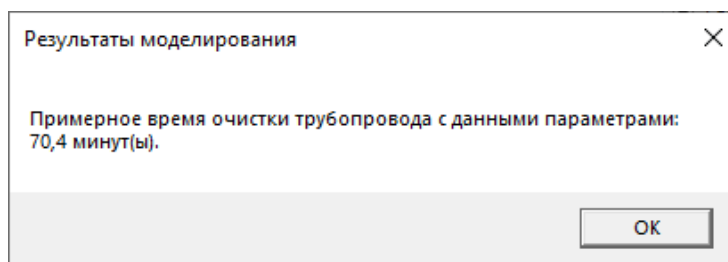


Рисунок 4– Результаты моделирования

Программный продукт позволяет осуществлять диагностику и ремонт трубы. Пользователь может задать значения в соответствии с фактическими значениями газопроводных магистралей, после чего начнётся диагностика выбранного участка трубы на выявление технических неисправностей. В случае обнаружения утечки, модель наглядно укажет на повреждённый сектор и на экране появится сообщение об утечки с фактическими координатами. Пример обнаружения утечки представлен на рисунках 5, 6.

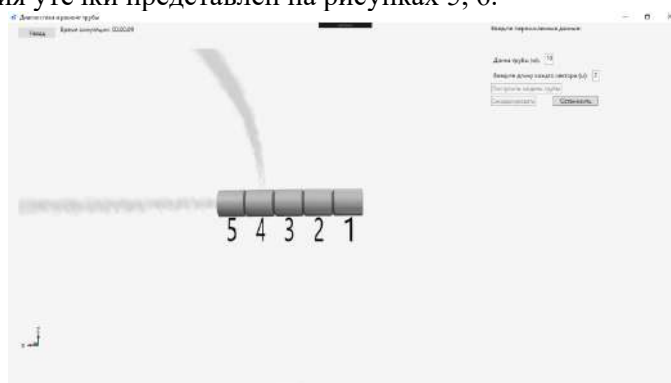


Рисунок 5 – Наглядное обнаружение утечки

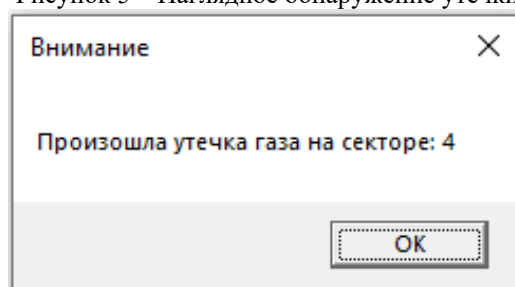


Рисунок 6 – Сообщение об аварии

Использование программного продукта в организациях, эксплуатирующих трубопроводы, дает возможность получить информацию о потенциально опасных участках на самой ранней стадии возникновения и развития дефектов и принять своевременные меры к их устранению.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.А. Трухан

ШИБАЕВ И.А.
НИТУ «МИСиС» Горный Институт

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ
КОЛИЧЕСТВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В РАМКАХ СОЗДАНИЯ
МОДЕЛИ ЦИФРОВОГО КЕРНА**

SHIBAEV I.A.
NUST «MISiS» Mining Institute

**DETERMINATION OF ELASTIC MODULES WITH A LIMITED AMOUNT OF
GEOLOGICAL MATERIAL IN THE FRAMEWORK OF CREATION OF A MODEL OF A
DIGITAL CORE**

Актуальной задачей горного и нефтегазового производства является изучение физико-механических свойств (далее ФМС) горных пород. Как в горном, так и в нефтегазовом производстве одной из важных технологических стадий являются геологоразведочные работы. На данном этапе важны знания из смежных областей геонаук в зависимости от вида ископаемого. Важно отметить, что в большинстве случаев керн, полученный при бурении разведочных скважин, является важным источником геологической информации о массиве горных пород и физико-механических свойствах.

Глубина добычи минеральных ресурсов различных объектов постепенно увеличивается. В связи с этим, для безопасного ведения горных работ, как при открытой разработке месторождения, так и при бурении скважин необходимо точно знать физико-механические свойства разрабатываемого массива. Одной из наиболее важных характеристик физико-механических свойств горных пород является модуль упругости (важнейший параметр для большинства геомеханических моделей). В большинстве случаев модуль упругости определяют при механических испытаниях с использованием прессов и тензометрических комплексов в результате интерпретации деформационных кривых. Данный параметр качественно описывает поведение горных пород при разработке массивов и использовании их в виде строительных материалов.

При ограниченном количестве геологического материала в виде исходного керна приходится определять динамические модули упругости (по упругим скоростям волн) для дальнейшего определения статических модулей по известным моделям. Существующие ультразвуковые методы с пьезовозбуждением и пьезоприемом не обладают высокой точностью измерения скоростей. Для решения данной проблемы предлагается использовать лазерный ультразвук.

В данной работе исследовались полноразмерные образцы горных пород различного генотипа – гранит и известняк. Динамические модули упругости полноразмерных образцов горных пород рассчитывались по скоростям упругих волн в них, определенных с помощью лазерной ультразвуковой установки Геоскан-02МУ в режиме проходящих волн. Также модули были определены с помощью установки УДЛ-2М в эхо-режиме на образцах-пластинках, подготовленных из соответствующих полноразмерных образцов.

На первом этапе работ была теоретически обоснована генерация сдвиговой на разделе границ двух сред в эхо-режиме лазерного ультразвука на основе теории количественной сейсмологии и разработана аналитическая модель. Ее смысл заключался в построении временной формы сигнала для среды с задаваемыми параметрами с учетом конверсии мод и полученных времен распространения упругих волн различных типов и их амплитуд. Данная аналитическая модель позволяет определять точные значения скоростей распространения упругих волн в образце.

В рамках второго этапа работ была проведена модернизация установки Геоскан-02МУ, с целью проведения массовых испытаний образцов горных пород, а именно был установлен шаговый двигатель на поворотную ось зажимного устройства и написана программа для микроконтроллера, управляющего двигателем поворотной оси.

Данная установка была автоматизирована. Общая схема исследования представлена на рисунке 1.

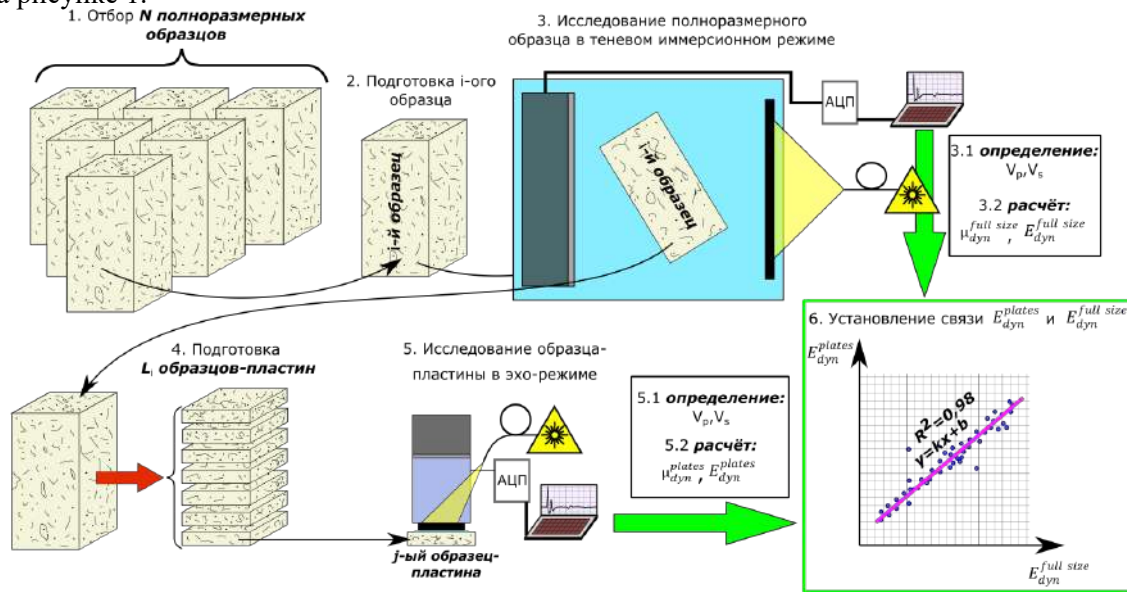


Рисунок 1 – Графическое представление исследования

Далее результаты рассчитанных динамических модулей упругости каждого образца горной породы разного генотипа, определенного с помощью теневого режима лазерной ультразвуковой диагностики были сравнены со средним значением модулей, определенных с помощью режима эхо-импульсов в пластинках, на которые был распилен соответствующий образец. Полученные данные были обработаны статистически на основе корреляционно-регрессионного анализа (КРА) для построения аппроксимирующей кривой. На рисунке 2 приведены найденные зависимости между установленными значениями динамических модулей упругости, определенными с помощью разных режимов и на разных «масштабных» уровнях образцов.

Сравнительная характеристика показателей модулей упругости образцов гранита и известняка, полученных с помощью разных режимов, показала достаточно тесную корреляционную связь между ними.

Полученные уравнения регрессии упругих модулей несущественно различаются и имеют линейный характер. Можно считать, что $E_{dyn}^{full\ size} \approx E_{dyn}^{plates}$.

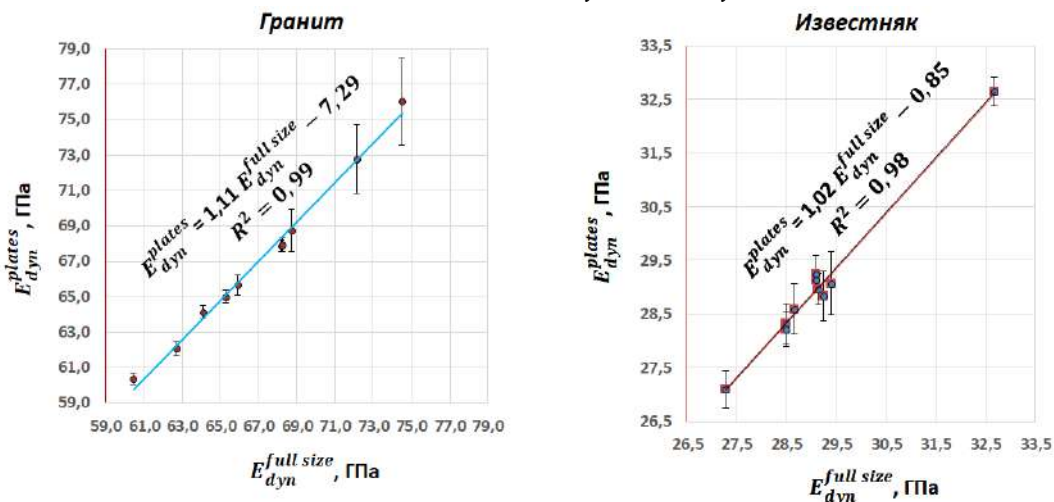


Рисунок 2 – Связь динамических модулей упругости образцов гранита и известняка, определенных в режимах проходящих и отраженных волн

Можно сделать вывод, для оценки динамического модуля упругости горной породы в условиях ограниченного количества исходного геологического материала (керна) достаточно

отобрать ненарушенные структурно образцы, из которых можно получить образцы толщиной порядка 5 мм и площадью поперечного сечения от 1 см².

Данное исследование является хорошей предпосылкой для создания новых автоматизированных систем определения свойств образцов и создания модели цифрового ядра.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Е.Б. Черепецкая

ЕЛИССЕЕВА А.А., ШИКУНОВ Н.Н.

Институт сервиса, туризма и дизайна, филиал
Северо-Кавказского федерального университета

ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛЭП НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ LORAWAN

ELISEEVA A. A., SCHICKUNOW N. N.

The Institute of Service, Tourism and Design, branch of
North-Caucasus Federal University

DETERMINING THE LOCATION OF DAMAGE TO THE POWER LINE ON THE BASED ON THE LORAWAN WIRELESS NETWORK

В работе проанализированы структурные схемы систем определения места повреждения (ОМП) на базе сети LoRaWAN, выбрана элементная база, позволяющая построить систему с максимальной энергоэффективностью и низкой стоимостью.

Нарушение нормального режима работы электроэнергетических систем, как правило, происходят из-за повреждения её элементов, в частности, линий электропередачи (ЛЭП). Причинами повреждений ЛЭП являются воздействия природных и технических факторов. К природным факторам относятся ветер, гололед, перепад температур, атмосферные перенапряжения, к техническим – короткие замыкания (КЗ), внутренние перенапряжения, нарушения правил технической эксплуатации, однофазные и многофазные замыкания, обрывы проводов и другие повреждения и т.п.

Повреждение ЛЭП приводит к нарушению электроснабжения, снижению качества и повышению потерь электрической энергии. Экономический ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической энергии оказывается значительным, повышение потерь электроэнергии приводит к росту затрат на транспортировку электрической энергии. Для минимизации ущерба и затрат необходимо быстро и точно определять места повреждений ЛЭП. В соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок допускается работа сети с заземленной фазой до устранения повреждения в срок не более 4 часов.

Воздушные распределительные сети 6—35 кВ работают с изолированной или компенсированной нейтралью. Значения токов замыкания на землю в этих сетях относительно невелики и во многих случаях на один или даже два порядка меньше токов нагрузки.

Одним из решений данной проблемы - использование в качестве системы передачи данных беспроводной сети LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks). Сетевой протокол LoRaWAN создан Semtech Corporation и исследовательский центр IBM Research в 2015 году. Модуляция LoRa является, физическим уровнем, LoRaWAN – это MAC протокол канального уровня для сетей с множеством узлов с большим радиусом действия и низким собственным потреблением мощности.

В России, как и во всем мире, для работы не лицензируемых радиопередатчиков отведены специальные частотные диапазоны и введены некоторые ограничения использования передатчиков. Данным вопросом занимается Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ), действующим в настоящее время документом является ее решение № 07-20-03-001 от 07.05.2007 «О выделении полос радиочастот устройствам малого радиуса действия» (с последними изменениями на 11 сентября 2018 года). Согласно этому постановлению для

устройств любого назначения (маломощных радиостанций, аппаратуры телеметрии, телеуправления, сигнализации, передачи данных и т. д.) предлагаются диапазоны частот, которые могут совершенно бесплатно использоваться при условии соблюдения требований по ширине полосы и излучаемой мощности. Так для частотных диапазонов 868,7–869,2 МГц и 2400,0–2483,5 имеется ограничение мощности передатчика в 100 мВт и 10 мВт соответственно. Определяющим значением при выборе технологии LoRA для системы определения места повреждения линии

Подводя итог вышесказанному: для построения системы определения места повреждения ЛЭП на базе сети LoRaWAN необходимо разместить оконечные устройства по всей трассе ВЛ на опорах, точность определения места повреждения будет напрямую зависеть от частоты установки датчиков. Каждое оконечное устройство должно иметь точную географическую привязку к местности. Количество шлюзов зависит от вида местности и определяется экспериментально, при этом следует учитывать следующее:

1. Шлюз покрывает определенную площадь и способен работать с датчиками от нескольких линий

2. Шлюз необязательно должен располагаться на опорах ЛЭП, это делает систему более гибкой и универсальной.

Передача данных от шлюза к центральному серверу осуществляется с помощи сети 4G (3G/2G). Центральный сервер системы располагается в диспетчерском центре (РЭС). От оконечных устройств к центральному серверу передается информация об аварийных событиях в сети, информацию о низком уровне заряда аккумулятора и о состоянии устройства.

Принцип работы программы заключается в постоянном измерении магнитного поля проводов. Далее вычисляется скорость изменения магнитного поля (производная во времени dB/dt). Программа не реагирует на медленные изменения в токе нагрузки.

Использование топологического метода определения места повреждения снижает время поиска аварийного участка ЛЭП до минимума. Время установления поврежденного участка сокращается до 1,5 часов вместо 3,5 часов. Уменьшается время восстановления электроснабжения и снижение величины недопуска электроэнергии.

Своевременное информирование оперативного персонала приводит к снижению операционных расходов, направленных на отыскание мест повреждений (уменьшение маршрута ОВБ для отыскания повреждений) и снижение диспетчерской нагрузки.

Описанная система построена на использование беспроводной сети LoRa. Выбор данной сети обусловлен открытостью технологий и большим выбором модулей для оконечных устройств и шлюзов, предназначенных для решения различных задач.

В основу системы заложен принцип эффективности и экономии. Точность ОМП зависит от частоты установки индикаторов, для реализации системы требуется большое количество индикаторов, это влияет на стоимость всей систем и ее обслуживание, поэтому в оконечном устройстве использованы контроллеры с максимальной энергоэффективностью и низкой ценой. Индикатор располагается непосредственно на опоре ЛЭП и измеряет магнитное поля, при обнаружении быстрого изменения магнитного поля происходит срабатывание. К основным достоинствам данной системы следует отнести легкость установки и обслуживания, экономичность системы.

Недостатком данного метода является погрешность измерений, вызванная влиянием параллельно идущей линии, двухцепные линии, расположенные на одной опоре и т.д. Как следствие, существуют ограничения в использовании данной системы.

Научный руководитель: старший преподаватель А.А. Елисева

**Секция 13. ИННОВАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРНОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

АЛЕХНОВИЧ В.В., ГОГОЛИНСКИЙ К.В.
Санкт-Петербургский горный университет

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕМЕНТОВ
ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ**

ALEKHNOVICH V.V., GOGOLINSKII K.V.
St. Petersburg Mining University

**QUALITY CONTROL OF WEAR-RESISTANT COATINGS OF ELEMENTS OF
PIPELINE VALVES**

Введение. Параметр «толщина покрытия» отличается от других геометрических параметров (длины, высоты, шероховатости, некруглости и т.д.) тем, что характеризуемый объект имеет односторонний доступ (внешняя поверхность покрытия имеет свободный доступ, а внутренняя, связанная с основанием, не имеет визуального и механического доступа), в связи с чем имеется элемент неопределенности как при нормировании размеров, так и при их определении путем измерений [1].

Шаровой кран — разновидность трубопроводного крана, запирающий или регулирующий элемент, которого имеет сферическую форму [2]. Для того, чтобы изделия соответствовали эксплуатационным параметрам, необходимо обеспечить контроль качества покрытия шаровых элементов кранов. Важнейшим параметром защитных покрытий является толщина покрытия. Целью работы было провести исследование средств и методов измерений данного параметра покрытий запирающих элементов шаровых кранов для дальнейшего их использования при контроле качества продукции.

Средства и методы измерений. Контроль был осуществлен следующими средствами и методами измерений, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Средства и методы

№	Измеряемый параметр	Метод измерения	Оборудование
1	Толщина покрытия	Метод шарового истирания	Установка шарового истирания Константа Ш2, оптический микроскоп.
2	Толщина покрытия	Магнитоиндукционный и вихрековый фазовый методы	Прибор измерение геометрических параметров Константа Кбц с преобразователями ИД1-0,3 и ФД1

Экспериментальные данные. Было исследовано пять образцов шаровых задвижек со следующими типами покрытий:

- никель, нанесенный методом химического никелирования (сплав никель-фосфор) (ENP) (образцы №1, 2, 5);
- твердый сплав на основе карбида вольфрама (КVT 176) (образец №3);
- никель марки 60 (Ni60) (образец №4).

Результаты измерения толщины покрытий различными методами представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерений

	AD-136 2''	AD-136 4''	Sealing system DN 50	TAPM39027A- 025.01	Самара
Толщина, мкм					
Заявленная	76	76	-	500	-
Константа Ш2	153	70	140	497	86
Константа Кбц, ФД1 (гра- дуировка ENP)	147	45	-	-	-
Константа Кбц, ИД1	36	70	-	-	-

Обсуждение результатов. Результаты измерения толщины покрытий магнитоиндукционным и вихретоковым фазовым методом зависят от магнитных свойств образца. Для использования данных методов необходимо произвести настройку прибора, которая заключается в необходимости проведения измерения на участке образца без покрытия и на настроечной мере толщины покрытия, эквивалентного по своим электромагнитным свойствам покрытию контролируемого образца, что в условиях производства не всегда является возможным.

Измерение толщины покрытий методом шарового истирания является видом разрушающего контроля, позволяет определить толщину покрытия с методической погрешностью 6% [4]. Данный метод измерения является наиболее универсальным, так как на результаты измерений не влияют электромагнитные свойства материалов покрытия и подложки.

Выводы. Проведенные исследования подтвердили наличие технических и методических возможностей для организации лабораторного контроля параметров износостойких покрытий элементов трубопроводной арматуры. Одновременно с этим определено, что не существует универсального набора средств измерений для контроля всех типов покрытий. Комплектация оборудования лаборатории зависит от химического состава, электромагнитных и механических свойств контролируемых покрытий. Существенные трудности на данный момент представляет организация оперативного входного и эксплуатационного контроля. Выявлено, что применение портативных толщиномеров, даже являющихся средствами измерений утвержденного типа и прошедших поверку, не гарантирует получения достоверных результатов измерений толщины покрытий. Данный факт объясняется физическими принципами работы этого прибора и комплексным влиянием на их показания различных физико-механических и электромагнитных параметров покрытий и подложки. Для решения этой проблемы необходимо проводить их настройку (градуировку) на соответствующих контрольных образцах или мерах, изготовленных из образцов контролируемых изделий или аналогичных им по своим свойствам. Для метрологической аттестации мер (контрольных образцов) толщины покрытия – метод шарового истирания [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] Достоинством методики является применение прямых измерений линейных размеров выемки (сферы), что исключает возникновение погрешностей, связанных с физической природой измерительного преобразования других методов измерений. Кроме того, методика позволяет проводить измерения без разрушения деталей, на образцах сложной формы и большого размера. Недостатком методики является нарушение целостности покрытия, в этом смысле она является разрушающей.

Список литературы:

1. Бабаджанов Л.С., Бабаджанова М.Л. Метрологическое обеспечение измерений толщины покрытий. Теория и практика. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. - 264 с.
2. ГОСТ 24856-2014 Арматура трубопроводная. Термины и определения. – Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015.
3. Рамазанов А.К., Ганеев А.А. Условия эксплуатации и требования к материалам трубопроводной арматуры нефтеперерабатывающей промышленности. Электронный научный журнал нефтегазовое дело. Номер: 4, 2015, с.313-325.
4. Гоголинский К.В., Ивкин А.Е., Алехнович В.В., Васильев А.Ю., Тюрнина А.Е., Васильев А.С. Оценка показателей точности определения толщины покрытий методом шарового истирания // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2020. №Том 86. №7. С. 39-44.

5. УАЛТ.246.000.00 «Методика измерений толщины покрытий методом шарового истирания». Номер в ФГИС «Аршин»: ФР.1.27.2019.35307.

Научный руководитель: д.т.н., профессор К.В. Гоголинский

АЛИЕВА ЛЕЙЛА
Санкт-Петербургский горный университет

ХОНИНГОВАНИЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ПОМОЩЬЮ АЛМАЗНЫХ БРУСКОВ

ALIYEVA LEYLA
St. Petersburg Mining University

HONING OF CYLINDER LINERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES WITH DIAMOND BARS

Аннотация. Хонингование гильз двигателей внутреннего сгорания является наиболее производительным методом обеспечения заданной точности и шероховатости зеркала цилиндра. Этот способ обработки позволяет успешно решать ряд технологических задач, к числу которых относятся получение высокой точности размеров и малой шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Ключевые слова: хонингование; гильза цилиндра; шероховатость поверхности.

Значительное количество техники для горной промышленности оснащается двигателями внутреннего сгорания (ДВС), от ресурса которых зависит общая работоспособность машин подобного назначения. Одними из наиболее важных и ответственных элементов двигателей внутреннего сгорания являются гильзы, от точности изготовления которых будет во многом зависеть и общая работоспособность ДВС.

Гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания карьерного транспорта при работе испытывают большие нагрузки. Основными дефектами гильз цилиндров ДВС, образующимися при эксплуатации, являются: трещины, износ наружной поверхности, излом бурта, износ посадочных поясков, износ внутренней (рабочей) поверхности. Предотвратить износ поверхности гильз можно с помощью технологического обеспечения точности и шероховатости рабочей поверхности гильз цилиндра ДВС за счет совершенствования параметров хонингования. Процесс хонингования позволяет получить требуемые размеры, обеспечив точность и минимальные отклонения между диаметрами в разных точках гильз и цилиндров ДВС.

Хонингование – метод окончательной обработки преимущественно гладких цилиндрических отверстий абразивными брусками специальным инструментом – хонинговальной головкой. Его сущность состоит в снятии припуска абразивными брусками хонинговальной головки, связанной с шпинделем станка шарнирно или жёстко, и совершающей вращательное или возвратно-поступательное движение (а иногда и осевое колебательное). В результате такого сочетания движений абразивные бруски движутся по винтовым линиям, как показано на рис. 1.

Хонингование является процессом массового микрорезания (царапания) обрабатываемой поверхности большим количеством абразивных зёрен, беспорядочно расположенных на рабочей поверхности брусков. Абразивные зёрна обеспечивают срезание большого количества тонких стружек. Процесс микрорезания происходит в результате внедрения контактирующего выступа абразивного зерна в граничный слой обрабатываемого материала [1].

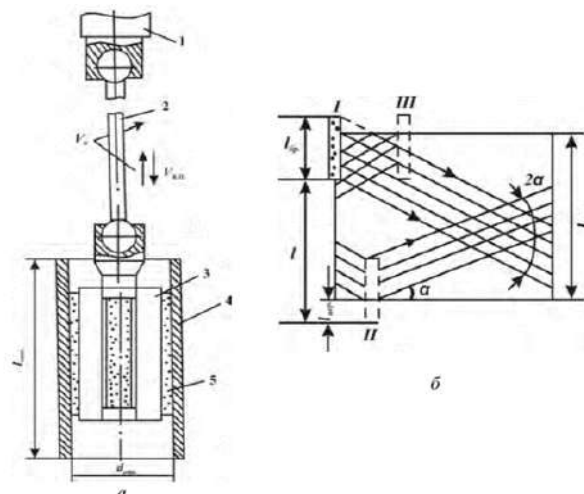


Рисунок 1 – Технологическая и конструктивная модель хонингования:

а – схема процесса, б – схема следов обработки

1 – шпиндель станка; 2 – стержень головки; 3 – корпус головки;

4 – обрабатываемая деталь; 5 – абразивный брусок;

Основы процесса хонингования гильз цилиндров не сильно изменились за последние годы, но изменились типы абразивов. Алмаз является предпочтительным материалом для высокоскоростного хонингования при больших объемах обработки из-за его износостойкости. Срок службы абразивного бруска зависит от твердости абразива, твердости обрабатываемого материала, скорости хонингования, нагрузки и количество удаляемого материала [2].

По сравнению с керамическими брусками и брусками на синтетической связке алмазные бруски характеризуются очень хорошей формоустойчивостью, высоким сроком службы (20...30 тыс. отверстий), высоким качеством обработанной поверхности и общей высокой производительностью резания, что позволяет успешно использовать их в автоматическом процессе, выполняемом соответствующими хонинговальными станками при небольшом времени простоя. Скорость резания при хонинговании алмазными брусками составляет $V_s = 50...60$ м/мин [3].

Алмаз подходит для чистового и чернового хонингования цилиндров с увеличенным размером, потому что он может быстро удалить большое количество металла. Но для отделки требуется как минимум двухэтапная процедура. В противном случае поверхность будет шероховатой. Выбор алмазного бруска снижает затраты на обработку гильз двигателя внутреннего сгорания хонингованием, обеспечивает требуемую геометрию и точность обработки поверхности, уменьшает частоту смены инструмента.

Поскольку алмаз является твердым материалом и изнашивается медленнее, чем обычные абразивные материалы, он режет иначе и требует большего давления. Алмаз имеет тенденцию «пробивать» металлическую поверхность, а не резать ее. Это может вызвать нагревание и деформацию отверстия цилиндра, если в процессе хонингования используется неправильный тип оборудования, настройки давления или смазка. Однако, если все сделано правильно, можно улучшить геометрию отверстия, создав его более округлым и прямым.

Алмаз имеет тенденцию оставлять на поверхности срезанный металл, вызывая своего рода размазанный вид, который не относится к хорошему качеству обработки отверстий. Один из популярных методов чистовой обработки отверстий при использовании алмазных брусков - это чистка отверстий гибкой щеткой или инструментом для шлифования поверхности с нейлоновой щетиной.

Таким образом, привлекательность хонингования объясняется высокой производительностью и технико-экономическими показателями. Представляет интерес разработка новых, более совершенных конструкций инструментов (хонинговальных головок), выбор абразивных брусков с оптимальной зернистостью, в том числе с использованием новых материалов абразивных зёрен.

Список литературы:

1. Куликов С.И. Прогрессивные методы хонингования / С.И. Куликов и др. - М.: Машиностроение, 1983. - 135 с.
2. Максаров В.В., Красный В.А., Халимоненко А.Д. Новые конструкционные материалы. - С-Пб: Издательство «Лема», 2020. – 160 с.
3. Шпур Г., Штеферле Т. Справочник по технологии резания материалов. В 2-х книгах. Книга 1. - М.: Машиностроение, 1985. - 616 с.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Д. Халимоненко

БАЙКЕЕВА О.О., МЕДВЕДЕВ А.Е., МЕДВЕДЕВ Е.Б.

Уфимский государственный авиационный технический университет

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ Al-Fe, ОБРАБОТАННЫХ МЕТОДОМ РКУП

BAIKEEVA O.O., MEDVEDEV A.E., MEDVEDEV E.B.

Ufa State Aviation Technical University

INFLUENCE OF IRON CONTENT ON PROPERTIES OF Al-Fe ALLOYS PROCESSED BY THE ESCAP METHOD

В данной работе изучена возможность улучшения свойств Al-Fe сплавов с содержанием железа от 1,7 и 3,4 мас.% за счет формирования в них ультрамелкозернистой структуры, используя метод равноканального углового прессования (РКУП). Установлено, что повышение концентрации железа, в алюминии приводит в литом состоянии к увеличению объемной доли и размера интерметаллидной фазы Al_xFe_y и сопровождается повышением прочности и снижением электропроводности. Установлено, что увеличение циклов обработки заготовок сплавов методом РКУП с 2 до 4 приводит к повышению прочностных характеристик без заметного изменения электропроводности.

Введение. В последние годы возрос интерес к альтернативным, по отношению к меди, материалам для изготовления проводов, прежде всего к алюминию, к основным преимуществам которого относят низкую стоимость и сравнительно небольшой вес [1], что весьма важно, например, при использовании проводников как воздушных линиях электропередач, а также в оборудовании и машинах различного назначения. В связи с этим, разработка научно-обоснованных технических и технологических решений, направленных на повышение комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств изделий из алюминиевых сплавов различного назначения, является актуальным направлением современного материаловедения и физики металлов. Известно, что заметное улучшение свойств может быть достигнуто за счет управления химическим составом и микроструктурой проводниковых сплавов таких систем, как Al-Mg-Si, Al-PZM, Al-Zr и др. Так, в работах [2-5] было показано, что формирование ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры в данных сплавах, используя интенсивную пластическую деформацию (ИПД), позволяет заметно улучшить их прочность без снижения электропроводности и термостойкости.

В данной работе на примере сплавов системы Al-Fe с содержанием железа 1,7 и 3,4 мас.% были проведены исследования, направленные на улучшение свойств проводников на основе алюминия, за счет их обработки методом РКУП.

Материалы и методы исследования. В качестве заявленных материалов для научно-исследовательской работы выступали сплавы на основе алюминия с содержанием железа 1.7 и 3.4 мас.%. Исходные материалы были изготовлены методом литья в водоохлаждаемую изложницу в виде прутков диаметром 22 мм на кафедре обработки металлов давлением НИТУ МИСиС группой проф. Белова Н.А. Исходные литые заготовки были подвергнуты холодной прокатке на лабораторном сортовом 2-х валковом стане фирмы HANKOOK M-TECH INDUSTRIES.

Для деформационной обработки образцов алюминиевых сплавов методом равноканального углового прессования (РКУП), использовалась установка с углом сопряжения пересекающихся каналов 120° . РКУП обработку заготовок проводили за 2 и 4 цикла при комнатной температуре по маршруту V_C с поворотом вокруг оси на 90° после каждого цикла. В результате такой обработки были получены заготовки размером $10 \times 10 \times 65$ мм.

Микроструктура образцов была проанализирована методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на микроскопе JEOL JSM-6490LV. Съемка на всех состояниях производилась в режиме вторичных электронов (SEI).

Механические испытания проводили при комнатной температуре на разрывной машине Instron 5982 со скоростью деформации 10^{-3} с^{-1} . Характеристики прочности (условные пределы текучести ($\sigma_{0.2}$) и предел прочности (σ_B)) и пластичности (относительные удлинение до разрушения (δ)) образцов определяли по результатам растяжения образцов с размером рабочей части $1.0 \times 2.0 \times 6.0 \text{ мм}^3$.

Измерение электропроводности осуществляли вихревым измерителем цветных металлов ВЭ-27НЦ/4-5 в соответствии с ГОСТ 27333-87.

Результаты исследования. На рисунке 1 представлены изображения микроструктуры исходных литых образцов сплавов Al-Fe. Анализ полученных изображений показал, что микроструктура в центральной зоне литых образцов и на их периферии практически не отличается, что говорит о равномерно прошедшей кристаллизации. В алюминиевой матрице наблюдаются частицы вторых фаз кристаллизационного происхождения.

На рисунке 1а приведена микроструктура сплава Al-1.7Fe, которая представляет собой смесь алюминия и алюминидов железа (Al_xFe_y), закристаллизованных в виде корсета. Интерметаллидные частицы характеризуются одинаковым размером и отсутствием вариации размера/формы частиц от периферии к центру образца.

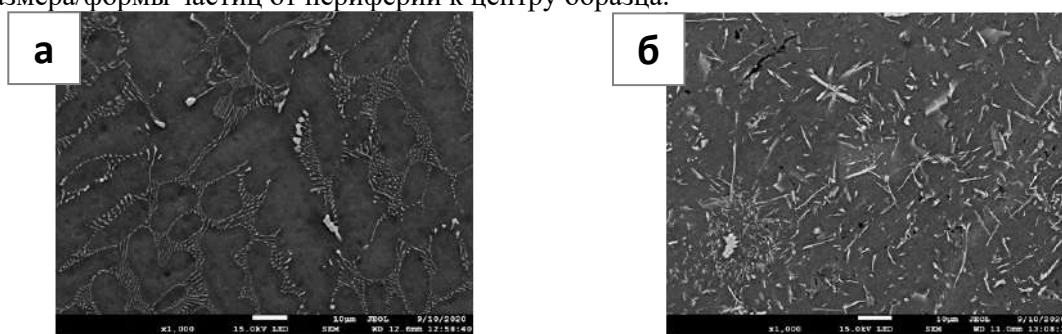


Рисунок 1 – Микроструктура сплавов, РЭМ. (а) – Al-1.7Fe, (б) – Al-3.4Fe

Темно-серый цвет – алюминиевая матрица, светло-серый цвет – вторая фаза Al_xFe_y (кристаллизационного происхождения)

На рисунке 1б проиллюстрирована исходная микроструктура сплава Al-3.4Fe. Она значительно отличается от микроструктуры сплава с более низким содержанием железа. В ней наблюдаются более грубые интерметаллидные частицы, имеющие преимущественно форму в виде стержней различной длины и толщины, которые хаотично ориентированы в алюминиевой матрице.

Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия, проведенная прецизионно с частиц вторых фаз и алюминиевой матрицы, позволила установить, что во всех сплавах железо отсутствует в матрице. Кроме того, в составе исследуемых материалов было обнаружено незначительное содержание Si менее 0,5 мас.% как примеси. Результаты исследования элек-

тропроводности и механических свойств алюминиевых сплавов в исходном состоянии и после обработки методом РКУП представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1– Электропроводность и механические свойства сплавов

Сплав	Состояние	Электропроводность		Механические свойства		
		ω , МСм/м	IACS, %	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
Al-1.7Fe	Литое	30.36±0.26	52.2±0.5	140±7	185±4	9.3±0.5
Al-3.4Fe		28.65±0.48	49.4±0.8	146±6	178±3	6.9±0.5
Al-1.7Fe	2 цикла	30.56±0.18	52.7±0.3	179±5	186±5	10.9±0.7
Al-3.4Fe		29.75±0.28	51.3±0.5	160±7	200±3	11.3±1.0
Al-1.7Fe	4 цикла	30.27±0.34	52.2±0.6	179±8	201±4	9.6±0.2
Al-3.4Fe		29.16±0.32	50.3±0.5	160±5	205±4	13.0±1.2

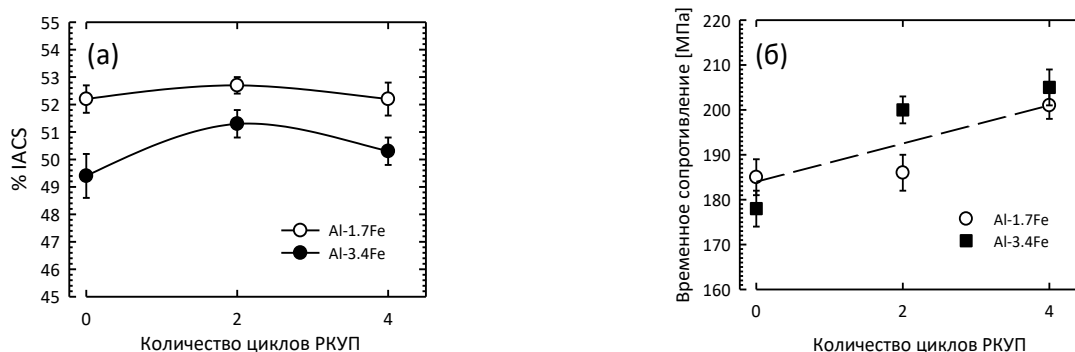


Рисунок 2 – Изменение свойств сплавов Al-Fe после обработки РКУП.

(а) – электропроводности, (б) – временного сопротивления

Исследования установили, что увеличение содержания Fe приводит к повышению условного предела текучести и предела прочности, а также уменьшению электропроводности. Наибольшая электропроводность в исходных образцах наблюдается в наименее легированном сплаве Al-1.7Fe. По-видимому, повышенное содержание интерметаллидных фаз и, соответственно, большая протяженность межфазных границ, приводит к повышению прочности и уменьшению электропроводности в сплаве с большим содержанием железа.

Обработка методом РКУП не оказывает влияние на уровень электропроводности материалов исследования (рисунок 2а). Однако РКУП приводит к заметному повышению прочностных свойств сплавов (рисунок 2б).

Как правило, основной причиной изменения электропроводности в металлических материалах является количество содержащихся в них примесей и легирующих элементов [1,6]. Судя по полученным данным можно полагать, что в сплавах в результате РКУП не происходит изменения концентрации железа в алюминиевой матрице. Ранее это наблюдалось в подобных сплавах после обработки методом кручения под высоким давлением [7].

Известно, что повышение прочности алюминиевых сплавов, подвергнутых интенсивной пластической деформации, например методом РКУП, обусловлено уменьшением среднего размера зерна алюминиевой матрицы, повышение плотности дефектов кристаллического строения (решеточных дислокаций и т.д.), а также наличием в УМЗ структуре наноразмерных частиц вторых фаз [2-7]. Все перечисленные выше особенности микроструктуры характерны и для исследуемых сплавов Al-Fe обработанных методом РКУП.

Закключение. В ходе данной работы были проведены исследования, направленные на изучение взаимосвязи изменения содержания железа и характеристик микроструктуры сплавов системы Al-Fe на их физико-механических свойств после обработки 2 и 4 цикла РКУП при комнатной температуре.

Установлено, что повышение в алюминии содержания железа с 1.7 до 3.4 мас.%, приводит к увеличению объемной доли и размера интерметаллидной фазы кристаллизационного происхождения на основе алюминия и железа и сопровождается снижением электропроводности с 52,4 до 44,4%IACS.

Полученные промежуточные результаты свидетельствуют о том, что увеличение циклов обработки РКУП с 2 до 4 сопровождается повышением прочности и снижением электропроводности заготовок сплавов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-79-10133.

Список литературы:

1. G.E. Totten, D.S. MacKenzie (Eds.), Physical Metallurgy and Processes, Handbook of Aluminium, 1, Marcel Dekker, NY, USA, 2003.
2. M.Yu. Murashkin, I. Sabirov, X. Sauvage, R.Z. Valiev Nanostructured Al and Cu alloys with superior strength and electrical conductivity // Journal of Materials Science (2016) 51, 33–49.
3. A. Medvedev, A. Arutyunyan, I. Lomakin, et al. Fatigue Properties of Ultra-Fine Grained Al-Mg-Si Wires with Enhanced Mechanical Strength and Electrical Conductivity // Metals 8 (2018) 103.
4. M.Yu. Murashkin, I. Sabirov, A.E. Medvedev, et al. Mechanical and electrical properties of an ultrafine grained Al–8.5 wt. % RE (RE=5.4wt.% Ce, 3.1wt.% La) alloy processed by severe plastic deformation // Materials and Design 90 (2016) 433–442.
5. T.S. Orlova, T.A. Latynina, A.M. Mavlyutov, et al. Effect of annealing on microstructure, strength and electrical conductivity of the pre-aged and HPT-processed Al-0.4 Zr alloy // Journal of Alloys and Compounds 784 (2019) 41–48.
6. Воронцова Л.А., Маслов В.В., Пешков И.Б. Алюминий и алюминиевые сплавы в электротехнических изделиях. Энергия, 1971 – 224 с.
7. A.E. Medvedev, M.Y. Murashkin, N.A. Enikeev, et al. Optimization of Strength-Electrical Conductivity Properties in Al–2Fe Alloy by Severe Plastic Deformation and Heat Treatment // Advanced Engineering Materials 20(3) (2018) 1700867.

Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры МиФМ М. Ю. Мурашкин

БАРИНКОВА.А.А, ЧУМАКОВА.К.А.
Санкт-Петербургский горный университет

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ДЕКАРБЕНИЗИРОВАННОГО КРАСНОГО ШЛАМА

BARINKOVA.A.A, CHUMAKOVA.K.A.
St. Petersburg Mining University

DEVELOPMENT OF A COMPOSITE MATERIAL BASED ON DECARBONIZED RED MUD

На сегодняшний день, проблемы экологии набирают все больше оборотов. Одной из таких проблем является парниковый эффект, причиной которому служит повышение концентрации CO_2 в воздухе. Большое количество парникового эффекта исходит от сжигания топлива и работы производственных предприятий, которых в современном мире огромное количество.

На территории России алюминиевые предприятия занимают лидирующие позиции. Но в процессе производства самого металла, вместе с ним выделяется огромное количество твердых и жидких отходов, среди которых самым опасным является красный шлак. На текущий момент отсутствует его массовая переработка или утилизация и в качестве решения удаления отхода с предприятия выступает складирование на шламохранилище. Малая дисперсность и высокая щелочность являются основными факторами, определяющими вред шлама окружающей среде. На основе этого, предлагается разработать композиционный ма-

териал, в состав которого будут входить отходы алюминиевых предприятий. Предлагается создать композиционный материал, включающий в свой состав «красный» шлам, который перед этапом добавления в бетонную смесь обрабатывается углекислым газом. Таким образом, удастся решить сразу две проблемы: нейтрализовать и свести к минимуму количество выделения парниковых газов в атмосферу от производства первичного алюминия и уменьшить содержание шламов в отстойнике.

Одним из перспективных направлений переработки красного шлама является производство строительных материалов на его основе, так как дает возможность создать новый композит на основе этого отхода, который будет обладать уникальными свойствами, а так же решить экологическую проблему его влияния на окружающую среду.

Перед проведением исследования, были проанализированы работы, касающиеся уменьшения количества содержания в атмосфере углекислого газа. Было отмечено, что углекислый газ можно использовать в промышленности в качестве нейтрализатора щелочи, что предоставляет возможность его применять в качестве деактиватора высокощелочного «красного» шлама.

План работы :

- Проведение теоретических исследований с целью анализа уже известных решений использования и утилизации углекислого газа.
- Разработать новую концепцию декарбонизации;
- Разработать методику экспериментальных исследований;
- Проведение экспериментальных исследований:
 - Определение показателей степени деактивации исследуемых материалов обработанных углекислым газом;
 - Проведение прочностных испытаний бетонных образцов из исследуемых материалов по стандартным методикам;
 - Исследование микро- и макроструктуры образцов из исследуемых материалов;
 - Определение степени утилизации углекислого газа (количественное) деактивацией красных шламов.

При условии выполнения поставленных задач, планируется внедрение новых разработок на действующие производства, которые будут способствовать снижению уровня загрязнения окружающей среды, в том числе минимизации площадей под складирование и захоронение отходов на территориях промышленных предприятий, что позволит исключить риск попадания высокощелочных соединений в грунты, сточные воды и атмосферу.

Научный руководитель: Профессор, д.т.н. В.Ю. Пирайнен

БАРКОВ Н.С.

Тверской государственной технической университет

ВЛИЯНИЕ ПРИЛИПАНИЯ ТОРФА К ВАЛЬЦАМ РАБОЧЕГО АППАРАТА ФРЕЗЕР-ФОРМОВАТЕЛЯ НА ФОРМОВАНИЕ ЧАСТИЦ

BARKOV N.S.

Tver State Technical University

INFLUENCE OF PEAT STICKINESS TO THE ROLLERS OF THE WORKING APPARATUS OF THE MILL-FORMING MACHINE ON THE FORMATION OF PARTICLES

В работе проводятся исследования процессов, происходящих с торфом в формующем аппарате фрезер-формователя при разработке торфяного месторождения.

При открытой разработке торфяного месторождения добыча торфа зависит от метеорологических и природных условий, а применение рациональной технологии приводит к повышению сборов торфа с единицы площади, что в конечном итоге позволяет использовать меньшую площадь для добычи. Торф на протяжении многих лет добывается фрезерным способом, при котором торфяное сырье получается в виде фрезерной крошки, которая обладает рядом недостатков, такими, как большое содержание мелких пылевидных фракций; неоднородность фракционного состава; малая насыпная масса; возможности изменения качества при длительном хранении (саморазогревание и самовозгорание). Технологическая схема добычи торфа фрезерным способом состоит из следующих операций: фрезерование залежи, ворошение и валкование фрезерной крошки, уборка, штабелирование (складирование в штабель) готовой продукции.

Процесс фрезерования является первой операцией в цикле технологической схеме добычи торфа фрезерным способом. Его целью является измельчение верхнего слоя залежи и получение фрезерной крошки определенных размеров. Основным требованием, предъявляемым при качественной оценке этой операции, считается рыхлый ровный слой с минимальной продолжительностью полевой сушки получаемой продукции. Существенное влияние на процесс сушки торфа оказывает характер расстила, создаваемый фрезерующим механизмом. Для этого в технологической схеме добычи на операции фрезерование залежи предлагается заменить фрезер на фрезер-формователь, позволяющий получать искусственно сформированные частицы. Параметры расстила, существенно влияющими на внутренний механизм тепло- и массопереноса и определяющими интенсивность испарения влаги с поверхности поля сушки являются гранулометрический состав частиц, толщина и равномерность расстила, величина удельной загрузки, поверхность контакта частиц с залежью.

При экскавации торфяная масса разрыхляется и поступает в вальцовый формователь, в котором вальцы, вращаясь в противоположные стороны, захватывают ее и происходит обжатие торфа, а его плотность уменьшается до величины насыпной плотности фрезерной крошки. Степень упаковки торфяных частиц также уменьшается по сравнению с плотностью торфа в залежи. В таком виде сфрезерованная торфяная крошка поступает в вальцы рабочего аппарата. При этом рыхлая структура изменяется в сторону плотной упаковки частиц. Окружные скорости вращения вальцов рабочего аппарата равны. При выборе трапецевидного профиля паза учитывалась возможность выхода сформированных частиц из него. Глубина паза составляла 10 мм.

При соприкосновении вальцов (гладкого и ребристого) торфяная масса испытывает сложное напряженное состояние, которое возникает от одновременного действия сжатия в вертикальном и сдвига в горизонтальном направлениях. Благодаря наличию сдвига, исходная структура торфяной массы значительно изменяется. Происходит переориентация частиц и смещение со сближением их относительно друг друга. Исходная рыхлая структура изменяется в сторону более плотной упаковки частиц, масса уплотняется, а насыпная плотность уве-

личивается. Уплотнение сопровождается деформацией торфа, которая определяется величиной сжатия отдельных составляющих систему фаз и объемов удаленной воды и воздуха.

Сжатие системы происходит в два приема: сначала происходит быстрое уменьшение объема, вследствие вытеснения воздуха в атмосферу. Затем энергия деформации накапливается в виде энергии сжатого воздуха, который при достаточном времени растворяется в воде или вытесняется ее через поры. Существование сил притяжения между отдельными молекулами приводит к появлению аналогичных сил между макротелами, поверхности которых сближаются до малых расстояний. В результате появляются силы прилипания. Прилипание торфа к деталям рабочего органа влияет на конструкцию и режим работы и отрицательно сказывается на процессе формования частиц, так как по плоскостям формования в этом случае возникают расходящиеся нормальные силы, разрывающие сформованную частицу. В связи с этим определено влияние влажности и дисперсности торфа на его липкость

При некоторой минимальной влажности липкость не обнаружена. С увеличением влажности усилие прилипания возрастает, достигает максимального значения и при дальнейшем росте влажности снижается. Такой вид зависимостей объясняется силами поверхностного натяжения влаги, которая образует боковые мениски вокруг отдельных контактов. По мере роста влажности количество менисков растет быстрее, чем их радиусы кривизны. Сила прилипания увеличивается, а при дальнейшем росте отдельные мениски сливаются, образуя пленку жидкости, и в результате происходит уменьшение прилипания.

Опыты показали, что с увеличением дисперсности торфа максимальные значения липкости перемещаются в сторону меньших влажностей. Это объясняется увеличением действия капиллярных сил по сравнению с торфом меньшей дисперсности, так как прилипание обнаруживает у торфа, имеющего пластичный тип консистенции, для которого характерны капиллярные явления, проявляющиеся под действием менисков внешнего раствора на границе с газовой фазой. Рост абсолютного значения липкости обуславливается уменьшением числа контактов и сил молекулярного взаимодействия вследствие повышенной упаковки частиц.

Величина липкости и ее максимальное значение зависят и от чистоты обработки поверхности пазов, на которую влияют глубина паза и радиус закругления внедряющейся неровности. Уплотняющая нагрузка оказывает влияние на величину липкости только для торфа невысокой степени дисперсности с содержанием частиц менее 250 мкм 27,7 %, так как после глубоких пластических деформаций липкость не зависит от приложенного к образцу давления.

Как показали исследования, адгезионное взаимодействие торфа с металлическими поверхностями рабочего органа фрезер-формователя зависит не только от влажности и дисперсности торфа, но и от скорости формования. Так отношение количества торфа налипшего на гладкий валец рабочего аппарата к весу торфа выраженное в процентах не постоянно и зависит от степени дисперсности и влажности торфа, а увеличение скорости формования снижает налипание торфа.

Научный руководитель: к. т. н., доцент О.В. Пухова

ВАКУЛЕНКО А.И.

Норильский государственный индустриальный институт

РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ДВУХЦИЛИНДРОВОГО МНОГОСТУПЕНЧАТОГО НОСОСНОГО ПРИВОДА

VAKULENKO A.I.

Norilsk state industrial institute

DEVELOPMENT OF A HYDRAULIC TWO-CYLINDER MULTI-STAGE PUMP DRIVE

Насосный гидропривод используется в двух вариантах: насосный безаккумуляторный (простой насосный) и насосно-аккумуляторный. Более высокий КПД, простота конструкции и управления – основные существенные преимущества простого насосного привода. Недостаток – большая установочная мощность и неполное использование мощности насосов и их приводных электродвигателей.

Основным направлением совершенствования простого насосного привода является снижение установочной мощности насосов. Известные способы решения этой задачи направлены на приближение режима нагружения насосов к характеристике так называемого идеального насоса для которого $P_{\text{н}} \cdot Q_{\text{н}} = \text{const}$. Один из этих способов базируется на использовании в приводе промежуточного гидравлического мультипликатора, включаемого на участках высокой нагрузки (режим мультипликации), что позволяет использовать насосы низкого давления.

Предлагается расширить зону регулирования давления и на участки с низкой нагрузкой в режиме противоположном режиму мультипликации (режим редуцирования). Режим редуцирования обеспечивается использованием гидравлического редуктора, конструктивно повторяющего конструкцию мультипликатора.

Введение в состав простого насосного привода двух режимов регулирования давления (режим мультипликации и режим редуцирования) делает его редукторно-мультипликаторным, который в режиме мультипликации обеспечивает, на участках высокой нагрузки, снижение рабочей скорости и давления насоса, а в режиме редуцирования, на участке низкой нагрузки, повышение рабочей скорости и давления насоса. Выравнивание величины давления насоса на уровне намного меньшем максимального уровня в силовом цилиндре ($P_{\text{н}} < P_{\text{ц}}^{\text{max}}$) при постоянной подаче ($Q_{\text{н}} = \text{const}$) обеспечивает снижение установочной мощности насоса.

Повышение скорости на участке редуцирования компенсирует снижение скорости на участке мультипликации, что позволяет сохранить продолжительность рабочего цикла.

Предлагается вариант двухцилиндрового, пятиступенчатого редукторно-мультипликаторного привода пресса с использованием сдвоенных блочного мультипликатора и простого редуктора.

Гидравлический пресс (рисунок 1) содержит силовой блок 1 в составе двух силовых 2 и возвратных 3 цилиндров; насосную станцию 4, простой сдвоенный редуктор 5 с входным цилиндром 6 и двумя выходными цилиндрами 7. Соотношение диаметров плунжеров этих цилиндров d_p и $D_p - (D_p^2 < 2d_p^2)$. Сдвоенный мультипликатор 9 выполнен в составе входного цилиндра 10 и двух пар, равных в паре и неравных между парами, выходных цилиндров 11 и 12. Соотношение диаметров плунжеров этих цилиндров D , d_1 и $d_2 - [(D > d_1 > d_2)]$ и $[D^2 > 2(d_1^2 + d_2^2)]$. Система управления включает реверсивный золотник 14, семь двухпозиционных трёхходовых и восемь отсечных золотников; два делителя потока (16, 17).

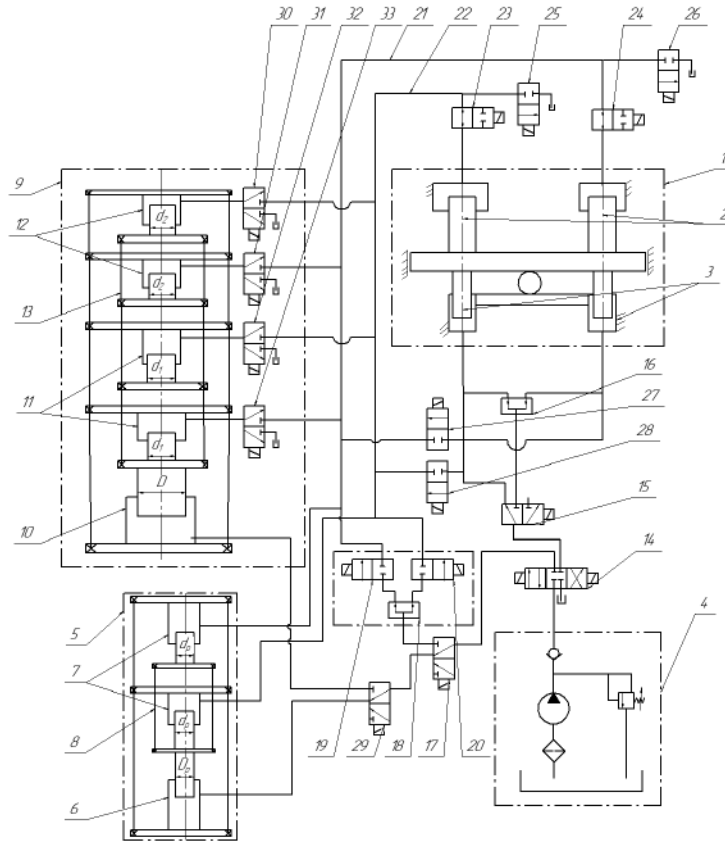


Рисунок 1 – Гидравлический пресс

Рабочий цикл пресса включает периоды прямого (холостой и рабочий) и обратного хода. Все ступени давления осуществляются при прямом ходе. При обратном ходе обеспечивается возврат подвижных элементов силового блока редуктора и мультипликатора в исходное положение.

При холостом ходе осуществляется редукторная ступень. Жидкость от насоса при этом через реверсивный (14) и трёхходовые (17 и 29) золотники поступает во входной цилиндр 6 редуктора и вытесняется равными потоками из его выходных цилиндров 7 в силовые цилиндры 2. В итоге, редуктор при холостом ходе обеспечивает синхронное движение плунжеров силовых цилиндров и одновременно – повышение их скорости (V_x) и рабочего давления насосов ($P_{нх}$) по отношению к давлению в силовых цилиндрах. А именно: $V_x = Q_n / (2S_{п} K_p)$; $P_{нх} = R_x / (2S_{п} K_p)$, где Q_n – подача насосов; $S_{п}$ – площадь плунжера силового цилиндра; $K_p = D_p^2 / (2d_p^2) < 1$ – коэффициент редукции; R_x – усилие холостого хода.

При рабочем ходе последовательно осуществляются насосная и три мультипликаторные ступени. При насосной ступени жидкость от насосов через реверсивный 14 и трёхходовой золотник 17 поступает в делитель потока 18, из которого равными потоками через отсечные золотники 19 и 20 – в силовые цилиндры, что обеспечивает синхронность движения их плунжеров. Скорость их движения (V_n) и рабочее давление (P_n) на этой ступени обеспечивают подача насосов (Q_n) и рабочее усилие (R_n). А именно:

$$V_n = Q_n / (2S_n); \quad P_n = R_n / (2S_n).$$

При осуществлении мультипликаторных ступеней жидкость от насосов поступает во входной цилиндр 10 мультипликатора, через реверсивный 14 и трёхходовые (17 и 29) золотники, и вытесняется равными потоками из его выходных цилиндров 11 и 12 в силовые цилиндры.

На мультипликаторных ступенях давления снижается скорость силового блока (V_m) и рабочее давление насосов ($P_{нм}$) по отношению к давлению в силовых цилиндрах, определяемому усилием рабочего хода (R_p). А именно:

$V_m = Q_n / (2S_n K_m)$; $P_{nm} = R_p / (2S_n K_m)$, где K_m – коэффициент мультипликации.

Мультипликаторные ступени осуществляются с увеличением коэффициента мультипликации в соответствии с возрастанием силовой нагрузки, что позволяет выводить величину давления насосов на уровень, который значительно ниже максимального давления в силовых цилиндрах.

Изменение коэффициента мультипликации достигается отключением части пар выходных цилиндров мультипликатора от силовых цилиндров, путём переключения трёхходовых золотников, связанных с этими парами на слив (золотники 30 – 33).

На первой ступени мультипликации жидкость в каждый силовой цилиндр поступает из двух выходных цилиндров (d_1 и d_2). Коэффициент мультипликации (K_{m1}) при этом: $K_{m1} = D^2 / [2 (d_1^2 + d_2^2)]$. На второй ступени - жидкость поступает только из цилиндров 11 (d_1). Коэффициент мультипликации при этом: $K_{m2} = D^2 / (2d_1^2)$. На третьей ступени жидкость поступает только из цилиндров 12 (d_2). Коэффициент мультипликации при этом: $K_{m3} = D^2 / (2d_2^2)$. Исходя из принятых соотношений размеров плунжеров мультипликатора, $K_{m3} > K_{m2} > K_{m1} > 1$. Например, при $D = 220$ мм; $d_1 = 110$ мм; $d_2 = 90$ мм, получаем возрастающий ряд: $K_{m1} = 1,2$; $K_{m2} = 2$; $K_{m3} = 3$.

При обратном ходе пресса одновременно с возвратом плунжеров силового блока предусмотрен также возврат в исходное положение подвижных блоков плунжеров редуктора и мультипликатора. При этом используется жидкость, вытесняемая из силовых цилиндров, которая заполняет полости выходных цилиндров редуктора и мультипликатора.

Научный руководитель: к.т.н., доцент С.С. Пилипенко

ГАЛИМОВ В.Р.

Уфимский государственный авиационный технический университет

ТЕХНОЛОГИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ MIG СВАРКИ КОРПУСА ОПОРЫ ТУРБИНЫ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

GALIMOV V.R.

Ufa state aviation technical university

GAS TURBINE PLANT TURBINE SUPPORT HOUSING ROBOTIC MIG WELDING TECHNOLOGY

Целью работы является снижение уровня остаточных напряжений в корпусе опоры турбины двигателя ПД-14, предотвращение образования трещин при сварке и термообработке.

Остаточные напряжения и деформации сварных конструкций обусловлены неравномерным нагревом и охлаждением свариваемых деталей. В связи этим одним из наиболее эффективных методов снижения остаточных напряжений является уменьшение энерговыделения при сварке за счет изменения режимов, условий сварки, а в некоторых случаях и способа сварки.

Корпус опоры турбины низкого давления двигателя ПД-14 представляет собой сварную конструкцию из двух тел вращения (внутреннего и внешнего), соединённых между собой стойками. Стойки ввариваются во внешнее тело по замкнутому контуру, а с внутренним свариваются встык по ответным элементам. Материалом является жаропрочный железоникелевый сплав ХН45МВТЮБР (ЭП718).

При сварке неплавящимся электродом наблюдается повышенная склонность к образованию трещин в соединении стойки с внешним телом, что обусловлено жесткостью конструкции и чувствительностью материала к термическому циклу.

Поскольку процессы сварки плавящимся электродом имеют большую тепловую эффективность по сравнению с традиционно применяемой в авиадвигателестроении сваркой

неплавящимся электродом, в качестве меры по снижению энергозатрат при сварке корпуса опоры турбины низкого давления был предложен переход к сварке плавящимся электродом в среде аргона. Дополнительным преимуществом предлагаемого способа сварки являются относительно небольшие размеры горелок, допускающие их размещение в пространстве между стойками корпуса при роботизированной сварке.

Сварка плавящимся электродом является принципиально новым способом в плане применения его к авиадвигателестроению. Поэтому разработка технологии сварки включала в себя несколько этапов, в том числе сварку плоских образцов толщиной 4 и 5 мм, а также сварку конструктивно подобных элементов – отдельных секторов корпуса.

Эксперимент осуществлялся на базе лаборатории роботизации сварки кафедры сварочных, литейных и аддитивных технологий на роботизированном комплексе, включающем роботизированную руку ABB IRB 1600 и контроллер ABB IRC 5/ Сварочное оборудование было представлено двумя комплектами: первый комплект основан на сварочном источнике питания EvoMIG 350 и использовался для отработки режимов сварки ЭП718 толщиной 5 мм и последующего перехода к сварке образцов толщиной 4 мм; второй комплект основан на источнике питания AristoMIG 5000i и использовался на этапе сварки конструктивно-подобных элементов.

На первом этапе была отработана технология двухпроходной сварки сплава ЭП718 сваркой плавящимся электродом в импульсном режиме с короткими замыканиями (или режиме root) с поперечными колебаниями электрода. В результате были получены режимы, обеспечивающие бездефектное формирование шва с существенно меньшей (до 40%) погонной энергией, чем при ручной сварке вольфрамовым электродом. Металлографический анализ показал мелкодисперсную разноориентированную структуру сварного шва, обусловленную совместным действием импульсного режима сварки и наличия поперечных перемещений электрода. Однако больший интерес представляет то, что в полученных соединениях почти не наблюдается рост зерна и околошовная зона имеет размер зерна, близкий к таковому в основном металле. Также образцы успешно прошли механические испытания на статическое растяжение при комнатной и повышенной температуре.

Второй этап осуществлялся на втором комплекте с применением импульсного режима без коротких замыканий. Данный процесс обеспечивает управляемый каплеперенос при величине сварочного тока в 2-2,5 раза меньше критического, чем и достигается значительное уменьшение тепловой мощности и погонной энергии. Использование другого комплекта оборудования было обусловлено необходимостью интеграции сварочного оборудования и роботизированной руки в единый управляющий контур, а также необходимости регистрации энергетических параметров в процессе сварки. Первое было обеспечено источником питания, выполненным специально для интеграции с контроллером, а второе – наличием системы регистрации параметров WeldCloud. С помощью данной системы в процессе адаптации технологии под новое оборудование было подтверждено снижение погонной энергии по сравнению с ручной сваркой неплавящимся электродом. Кроме того, для сварки секторов были отработаны дополнительные технологические приёмы – выполнение роботизированных прихваток, сварка участками с перекрытием их между собой (выполнение замков), управление режимом сварки на отдельных участках для повышения или понижения глубины проплавления.

На основе результатов термометрирования и снятия энергетических параметров процесса сварки были разработаны модели напряженно-деформированного состояния в процессе сварки для сварки плоских образцов. После апробации результатов на её основе была создана модель, имитирующая процесс сварки сектора корпуса для определения оптимальной последовательности сварки с точки зрения повышения стойкости против образования трещин. В результате моделирования была предложена схема двухпроходной сварки, где каждый на каждом проходе траектория разбивалась на 4 участка. При данной последовательности максимальные остаточные напряжения получались до 50% ниже, чем в соединении, выполненном аналогично сваркой неплавящимся электродом, и почти в два раза ниже по сравнению с разбиванием шва на два участка.

После выбора параметров режима и моделирования процесса сварки была осуществлена сварка двух секторов. В результате были получены сварные соединения, в которых по результатам рентгенографического контроля не было обнаружено зарождение трещин. Кроме того, также была отработана технология подварки дефектных участков на третьем секторе, где также по результатам контроля не было обнаружено трещин, несмотря на выполнение до трех подварочных швов на отдельных участках.

В результате проделанного комплекса работ была разработана технология роботизированной сварки плавящимся электродом в среде аргона жаропрочного сплава ЭП718. Полученные режимы обеспечивают низкий уровень тепловложения, что споровождается малым ростом зерна и повышенной стойкостью против горячих трещин. Также были получены сварные по замкнутому контуру в секторах с крупнозернистой структурой, в которых не обнаружено следов образования трещин. Данный результат говорит о высоком потенциале импульсной сварки плавящимся электродом для соединения жаропрочных конструкций. Однако для более полного изучения влияния данного процесса на структуру и свойства сварных соединений требуется дополнительный комплекс исследований. Также представляет интерес оценка стойкости к образованию трещин в рассмотренной выше конструкции при однопроходной роботизированной сварке с погонной энергией, близкой к погонной энергии ручной сварки неплавящимся электродом.

Научный руководитель: д.т.н., доцент А.Ю. Медведев

ГАПЕЕВ А.А.
НИТУ «МИСиС»

ОБСЛЕДОВАНИЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ШИРОКОПОЛОСНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ С ЦЕЛЬЮ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

GAPEEV A.A.
NUST MSIS

INSPECTION OF LARGE-SIZED TIRES USING BROADBAND ULTRASONIC PULSES FOR THEIR RECOVERY AND RECYCLING

Цельнометаллокордная крупногабаритная шина (КГШ) – высокотехнологичный продукт, состоящий из металлокаркаса и резинотехнической смеси, как предмет неразрушающего контроля и диагностики весьма сложный ввиду пористости и толщины исследуемого слоя.

На данный момент около 93 % промышленных отходов в нашей стране приходится на добывающую отрасль. В повторную эксплуатацию после восстановления возвращается менее 3 % всех крупногабаритных шин. Более того, к настоящему времени в РФ накоплено более 2 млн тонн шин, которые наносят значительный экологический ущерб окружающей среде. Поэтому разрабатывается концепция «бережливого производства», которая принята во всём мире среди добывающих компаний. Она предусматривает широкое использование восстановленных шин. Восстановленная шина на 50 % дешевле с продлением ресурса не менее 70 % от аналогичной новой. По предварительной оценке, восстановлению подлежат не менее 30 % КГШ. Экономический эффект для предприятия может составлять 25 % экономии бюджета по статье затратам на закупку новых КГШ, а доля этой статьи в расходах горнорудных компаний составляет более 10 %. В этой связи вопрос обследования с целью последующего восстановления и повторной эксплуатации крупногабаритных шин является актуальным.

Для неразрушающего контроля КГШ применяются только визуальный контроль и шерография. Последняя представляет собой вакуумные камеры с лазерными датчиками для контроля геометрии и программным обеспечением. Такого рода оборудование располагается на соответствующих предприятиях по восстановлению шин и для проведения диагностики

требуется дорогостоящая транспортировка исследуемого изделия с горного предприятия. Данного рода оборудование достаточно дорогостоящее. При этом, среди специалистов нет однозначного мнения о качестве производимой диагностики. Для авиационных шин применяется рентгеновское оборудование, эксплуатация которого потенциально вредна для здоровья человека и плохо применима к КГШ. Более распространенным методом является визуальный осмотр внешней поверхности протектора шины, по результатам которого принимается решение о ее дальнейшей эксплуатации.

В работе рассмотрена возможность и применение способа обследования крупногабаритных шин с применением широкополосных ультразвуковых импульсов на основе лазерно-ультразвукового структуроскопа.

Принцип действия лазерно-ультразвукового структуроскопа основан на регистрации сигналов, полученных в результате отражения и частичного рассеяния мощных широкополосных акустических импульсов, возбуждающих лазером, от различных дефектов исследуемого объекта. Сгенерированный лазером короткий наносекундный оптический импульс по оптоволоконному кабелю направляется на одну из свободных поверхностей образца. В результате поглощения резиновым проектором шины оптического импульса и последующего расширения нагретой области происходит термооптическое возбуждение зондирующих широкополосных акустических импульсов.

Перед проведением обследования шины очищают от посторонних включений на внешней стороне, позиционируют на горизонтальной поверхности, генерируют серии импульсов при помощи импульсно-периодического лазера, передают полученные сигналы через оптоволоконный кабель на оптически прозрачный волновод контактирующий с обследуемой шиной, передают полученный акустический сигнал в поверхностный слой внутренней стороны шины и принимают отражённые от структурных элементов обследуемой шины сигналы пьезоприёмником.

Волновод и пьезоприёмник образуют единый блок, ось которого всегда перпендикулярна внутренней стороне шины в месте контакта волновода с ней. Далее производится усиление электрических сигналов, поступивших на пьезоприёмник при приёме отражённых от структурных элементов обследуемой шины. Производится анализ данных сигналов путём сравнения их с эталонными сигналами. По отклонению от эталонного сигнала судят о наличии, размерах и характере дефекта.

В ходе исследования были изучены и записаны акустические треки эталонных сигналов, ультразвуковые сигналы в ненарушенном участке шины, ультразвуковые сигналы в шине, имеющей разрыв, и сигналы в участке шины, содержащим элемент металлокаркаса.

Минимальное число блоков в группе составляет шестнадцать или всегда кратно восьми, а время задержки лазерных импульсов, подающихся на соседние блоки группы определяется временем отклика акустического сигнала от внутренних элементов обследуемой шины. Это позволяет исключить пропуск отдельных участков при условии её равномерного движения во время обследования автомобильной шины.

Так же для достижения максимального результата группу расположенных в один ряд блоков перемещают по внутренней поверхности обследуемой автомобильной шины по спирали ось которой совпадает с осью вращения обследуемой шины. Угловая скорость перемещения данной группы неизменна в течение всего времени обследования шины, и её величина определяется временем отклика отражённых от внутренних элементов обследуемой шины сигналов. Зная пройденное группой блоков расстояние от начальной точки обследования до каждого структурного элемента и ширину полосы по которой движется группа блоков, не сложно построить 3D модель обследуемой шины при помощи стандартных алгоритмов.

Обязательным условием осуществления предлагаемого способа является постоянное увлажнение иммерсионной жидкостью внутренней поверхности обследуемой шины вдоль траектории движения группы блоков. Это позволяет снизить искажения принимаемого отражённого сигнала и облегчает процесс перемещения группы блоков за счёт снижения силы трения.

Кроме того обследования шины может осуществляться частично, даже без снятия шины с транспортного средства. В этом случае по очищенной от грязи поверхности обследу-

емой шины группа блоков перемещается в ручном режиме по визуальной определяемой траектории. В этом случае 3D модели шины не строятся, а в режиме реального времени определяют наличие тех или иных дефектов не проявляющихся на её поверхности явно.

Построенные во время обследований 3D модели шин сохраняются в цифровой форме в течение всего времени эксплуатации шины и используются при производстве сравнения 3D модели полученной при последнем по времени обследовании шины с 3D моделью эталонной шины.

Новизна разработки заключается в использовании лазерно-ультразвуковых импульсов для исследования внутренней структуры изделия на всю толщину каркаса и протектора для целей определения повреждений и отклонений от эталона.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Е.Б. Черепецкая

ГОСТИНЩИКОВ Д.А.

Санкт-Петербургский горный университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ SCANIA XPI

GOSTINSHCHIKOV D.A.

St. Petersburg Mining University

ENSURING THE WORKABLE CONDITION OF SCANIA XPI SUPPLY SYSTEM

Жесткие требования к нормам токсичности отработавших газов стали основным направлением развития в разработке новых топливных систем для дизельных двигателей. Поэтому научные исследования, посвященные повышению эффективности функционирования топливной аппаратуры, представляются практически значимыми. Одним из основных элементов, влияющих на работоспособность системы питания дизельного двигателя Scania XPI, является топливная форсунка. Технология технического обслуживания и ремонта автомобилей Scania предусматривает только замену топливных форсунок Scania XPI, однако их можно ремонтировать и в техническом плане это не представляет принципиальной сложности, при этом стоимость ремонта значительно ниже стоимости новой форсунки.

Управление работой системы питания Scania XPI обеспечивает система управления дизелем, которая объединяет датчики, блок управления двигателем и исполнительные механизмы систем двигателя. В процессе эксплуатации форсунок Scania XPI их работа может быть нарушена в результате износа поверхностей на деталях управляющего клапана, распылителя форсунки и мультипликатора гидрозатвора, а также в результате потери подвижности штока мультипликатора или иглы распылителя. Все перечисленные признаки неисправностей системы питания Scania XPI обычно имеют одни и те же причины, связанные с износом подвижных элементов при работе двигателя на топливе несоответствующего качества.

Методика восстановления работоспособности форсунок системы питания Scania XPI:

1. Внешняя очистка;
2. Подготовка к проверке на загрузочном стенде;
3. Проверка форсунок на загрузочном стенде;
4. Проверка работоспособности;
5. Проверка окончания впрыска;
6. Проверка давления начала подъема иглы;
7. Проверка качества распыления топлива;
8. Разборка, очистка и замена деталей;
9. Сборка.

Для восстановления работоспособности форсунок системы питания Scania XPI можно применять комплекс для ремонта и регулировки форсунок системы питания Common Rail CRistina-SPECIAL. Комплекс CRistina предназначен для сборки форсунок системы Common Rail по технологии, позволяющей рассчитать и подобрать все необходимые регулировочные элементы. Программно-аппаратное обеспечение комплекса позволяет не только точно измерять необходимые размеры, но и производить диагностику состояния электромагнита форсунки с измерением сопротивления и индуктивности обмотки.

Предложенная методика восстановления работоспособности форсунок способствует обеспечению работоспособности системы питания Scania XPI. Технология технического обслуживания и ремонта автомобилей Scania не предусматривает ремонт топливных форсунок Scania XPI. К тому же Scania не производит запасные части для ремонта форсунок. Используя ремонтные комплекты сторонних производителей, можно разбирать форсунки и восстанавливать их ресурс до высоких показателей, заменяя отдельные элементы. Ремонт форсунок позволяет устранить практически любую неисправность, которая привела к отказу форсунки, и не представляет принципиальной сложности, при этом стоимость ремонта существенно ниже стоимости новых форсунок.

Список литературы:

1. Афанасьев А.С. Техническая диагностика на транспорте. Учебное пособие. – СПб.: Свое издательство, 2018 – 108 с.;
2. Диагностирование и ТО системы питания дизельного двигателя. URL: <https://extxe.com/17397/diagnostirovanie-i-to-sistemy-pitanija-dizelnogo-dvigatelja/>, режим доступа [06.03.2021];
3. Знакомство с топливной системой дизельного двигателя XPI (Common Rail). Электронный ресурс, URL: http://www.100scan.ru/xpi_toplivnaya_sistema.php, режим доступа [06.03.2021];
4. Комплекс для ремонта и регулировки электромагнитных форсунок питания CR - CRistina. Электронный ресурс, URL: <https://diesellend.by/kompleks-dlya-remonta-i-regulirovki-elektromagnitnyh-forsunok-sistemy-common-rail-cristina.html>, режим доступа [06.03.2021];
5. Ремонт дизельных форсунок системы Common Rail. Электронный ресурс, URL: https://www.spbparts.ru/remont/remont_common_rail_cr.htm, режим доступа [06.03.2021];
6. Система Common Rail – Scania XPI. Электронный ресурс, URL: <https://dvscan.ru/грузовые-автомобили/основные-компоненты-скания/двигатели-scania/система-common-rail-scania-xpi/>, режим доступа [06.03.2021];
7. Техническое описание и руководство по ремонту топливных форсунок Scania. Электронный ресурс, URL: <https://www.best-motors77.ru/client/articles/tekhnicheskoe-opisanie-i-rukovodstvo-po-remontu-toplivnykh-forsunok-scania/>, режим доступа [06.03.2021];
8. Форсунка дизельная электрическая Scania XPI. Электронный ресурс, URL: <https://euroauto.ru/part/new/3777343/>, режим доступа [06.03.2021].

Научный руководитель: к.в.н., профессор А.С. Афанасьев

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ТЕРМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА КОВШ ЭКСКАВАТОРА ПРИ РАБОТЕ В УСЛОВИЯХ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ГОРНОГО МАССИВА**

GROMYKA D.S.
Saint-Petersburg Mining University

**A MODELLING OF CYCLIC THERMAL LOADS ON EXCAVATOR BUCKET
WORKING IN HIGH-TEMPERATURE ROCK MASSIF**

Введение. При открытой добыче таких полезных ископаемых, как бурый уголь, работа выемочно-погрузочных машин зачастую осложнена повышенной температурой горного массива, вызванной процессом самовозгорания угля. Вследствие окисления угля кислородом воздуха, температура массива в очаге возгорания может достигать 800 град, а на поверхности – 350 [1]. В таких условиях, исполнительные органы выемочно-погрузочных горные машины, такие как ковши и зубья экскаваторов, работающие на операциях по добыче угля, отвалообразованию, а также ликвидации ЧС, подвержены абразивному изнашиванию, которое интенсифицируется циклическими термическими нагрузками.

Как описывают некоторые авторы [2], при циклическом температурном воздействии проявляется термическая усталость в виде образования микротрещин, также происходит изменение механических свойств стали, таких как микротвердость, модуль упругости и предел текучести, при этом, как отмечено в [3], наличие температурного градиента заметно интенсифицирует усталостные процессы, по сравнению с изотермическим нагружением.

Для получения прогнозных сведений о ресурсе ковшей и зубьев, работающих в условиях высокотемпературного горного массива, широко применяются методы компьютерного моделирования, такие как конечноэлементный анализ, с помощью которого возможно рассчитать поле нагрузок, появляющихся при циклическом термическом воздействии на ковш, а с помощью существующих усталостных моделей – спрогнозировать число циклов до достижения предельного состояния стали зубьев и ковша.

Методы. Для моделирования методом конечных элементов, в САД программе была спроектирована сборка зуба ковша экскаватора ЕТ-25, изготовленного из износостойкой аустенитовой стали 110Г13Л (сталь Гадфильда). При этом процесс моделирования условно разделен на 3 части

1. Расчет теплообмена между зубов и нагретым углем в ходе одного цикла работы экскаватора;
2. Расчет поля напряжений, образующихся вследствие термического расширения металла зуба;
3. Расчет числа циклов до достижения предельного состояния зуба, свидетельствующем о разрушении стали

В ходе одного цикла работы, составляющему в соответствии с паспортом экскаватора 22 секунды, числовые значения теплового потока от нагретого угля к зубу изменились в зависимости от операции, выполняемой экскаватором. При этом в первые десять циклов наблюдается циклический рост температуры, а после температура перестает повышаться выше определенного значения.

Вместе с моделированием теплообмена был проведен расчет напряжений, возникающих в ходе термического расширения, а также был произведен расчет числа циклов до разрушения по модели Coffin-Manson-Basquin [4].

Для определения влияния величины термического градиента на процесс термической усталости, было определено число циклов до разрушения по вышеприведенной модели при различных значениях температурного градиента, наблюдаемого на зубе в ходе одного цикла работы экскаватора.

Результаты. Проведенные исследования показали, что циклические термические воздействия интенсифицируют расходование ресурса зубьев ковшей экскаваторов из-за ускорения процессов изнашивания. В ходе моделирования было установлено, что при циклическом термическом воздействии число циклов до достижения предельного состояния напрямую зависит от величины температурного градиента. При этом наиболее подвержены разрушению угловые и кромочные элементы зуба, вступающие в контакт с горным массивом.

Список литературы:

1. Гамов М.И., Гордеев И.В. Основные факторы и экологические последствия самовозгорания отвалов угольных шахт восточного Донбасса // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. — 2017. — №. 2. — С. 92-100;
2. Bombač, D., Gintalas, M., Kugler, G., Terčelj, M. (2018). Thermal fatigue behaviour of Fe-1.7C-11.3Cr-1.9Ni-1.2Mo roller steel in temperature range 500 – 700 °C, *International Journal of Fatigue*;
3. Березин Д.Т. Исследование физико-механических свойств штамповых сталей в условиях термической усталости // Международный научный журнал «Инновационная наука». — 2015. — №. 3. — С. 152-156;
4. Adam Niesłony, Chalid el Dsoki, Heinz Kaufmann, Peter Krug (2008). New method for evaluation of the Manson–Coffin–Basquin and Ramberg–Osgood equations with respect to compatibility. *International Journal of Fatigue*, 30, pp. 1967-1977.

Научный руководитель: д.т.н., профессор К.В. Гоголинский

ЕФИМОВ Д.А.

Санкт-Петербургский горный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАЛКОВ С ПРОФИЛЕМ В ФОРМЕ ТРЕУГОЛЬНИКА РЕЛО В ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ И ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ ВАЛКАХ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

YEFIMOV D.A.

St. Petersburg Mining University

PROSPECTS FOR THE USE OF ROLLS WITH A REULEAUX TRIANGLE PROFILE IN A ROLL CRUSHER AND HIGH-PRESSURE GRINDING ROLLS

В настоящее время известны многочисленные способы разрушения горной массы и различные вариации дробильного оборудования, использующегося в процессах рудоподготовки на дробильно-обогащительных (ДОК) и горнообогащительных комбинатах (ГОК). На процессы дробления и измельчения горной массы расходуется самое большое количество электроэнергии, то есть процессы являются наиболее энергозатратными. Поэтому основной задачей конструкторов, исследователей и инженеров является снижение затрат на электроэнергию и повышение коэффициента полезного действия дробильных агрегатов на рудоподготовительном переделе.

Из механики деформируемого тела известно, что минимум энергии требует разрушение материалов под средством растяжения, а максимум, в свою очередь, – раздавливание. Именно раздавливание как механизм разрушения горной массы используется во всех традиционных установках уменьшения крупности пород.

Оптимизация механизма разрушения горной массы, при котором происходит максимальной раскрытие минеральных сростков при минимальной образованной поверхности – является основной и фундаментальной задачей рудоподготовки.

В условиях постоянного роста стоимости электроэнергии технологии рудоподготовки на базе измельчающих валков высокого давления являются наиболее перспективными и экономически выгодными, что обуславливает их интенсивное внедрение в горную промышленность.

Рационализация узлов дробящих агрегатов - формы валков валковой дробилки и пресс-валков высокого давления, является перспективным направлением в рудоподготовительной отрасли.

Классический рабочий орган валковой дробилки может быть заменен валками, профиль которых исполнен в виде треугольника Рело (рисунок 1). Данная геометрическая фигура является фигурой постоянной ширины, поэтому угол захвата для валков с данным профилем определяется аналогично валкам цилиндрического сечения.

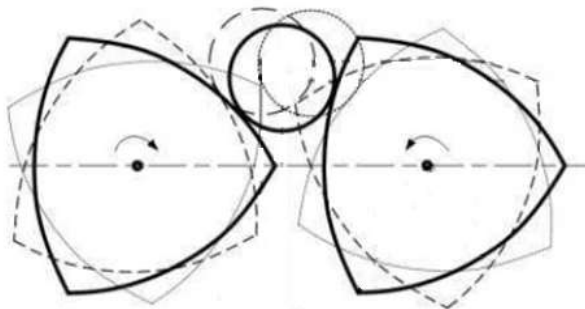


Рисунок 1 – Схема дробящего агрегата с валками в форме треугольника Рело
Основные преимущества использования валков с профилем в виде треугольника Рело:

- Площадь поперечного сечения валка с профилем треугольника Рело на 10 % меньше площади поперечного сечения валка с круглым сечением.
- Благодаря рационализации формы валков снижается крутящий момент привода дробящего агрегата и, как следствие, увеличиваются удельные нагрузки.
- В дробящем агрегате данного вида реализуется вертикальное возвратно-поступательное перемещение рудной массы, благодаря чему это перемещение происходит в плоскости. Кроме того повышается эффективность дезинтеграции: наряду с деформацией сжатия происходят истирание, растяжение и ударная деформация. Данные виды деформаций наблюдаются, благодаря реализующийся в рабочей зоне дробилки системы циклических (знакопеременных) сил.
- Использование валков с профилем в форме треугольника Рело предупреждает заклинивание негабаритных кусков рудной массы в щели между валками. Последний факт обусловлен отбрасыванием негабаритов разнонаправленными силами, возникающими в рабочей зоне дробилки.

Таким образом, в предложенном дробящем агрегате с формой валков в виде треугольника Рело реализуются деформации сжатия, истирания, растяжения и удара, что в свою очередь повышает эффективность рудоподготовительного передела, а также происходит снижение потребления электроэнергии ввиду симбатного уменьшения необходимой энергии на дезинтеграцию рудной массы.

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.П. Господариков

**ПРИМЕНЕНИЕ ЩЕЛОЧНОГО МОЮЩЕГО СРЕДСТВА И ОМАГНИЧЕННОЙ
ВОДЫ ДЛЯ СМЫВАНИЯ ПЫЛИ С КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ**

ISMAILOV R.E.
St. Petersburg Mining University

**USING ALKALINE DETERGENT AND MAGNETIC WATER TO FLUSH DUST FROM
MINING DUMP TRUCKS**

Основные источники загрязнения стационарного оборудования и подвижной техники пылью на горных предприятиях являются: пыль при производстве взрывных работ, транспортировании карьерных грузов, сдувании пыли с поверхностей отвалов и площадок, укладке горной массы в отвалы и склады.

Исследования НИИБТГ на горнорудных карьерах показали, что интенсивность пылевых выделений достигает: при бульдозерных работах – 623 мг/с, транспортировании горной массы автосамосвалами – 1190 мг/с, движении большегрузных автосамосвалов – 317 мг/с

Пыль оседает на кузовных деталях рабочей техники. Наиболее опасны мелкодисперсные частицы. Показано [1], чем меньше диаметр частиц, тем большими адгезионными свойствами они обладают. Пыли, у которых 60–70 % частиц имеют диаметр меньше 10 мкм, ведут себя как слипающиеся, пыли с размером частиц более 10 мкм обладают хорошей смываемостью.

При уборочно-моечных работах карьерных самосвалов удаляют грязь в кузове, салоне, а также с отдельных агрегатов и узлов транспортного средства, что необходимо для поддержания подвижного состава в работоспособном состоянии на протяжении всей его эксплуатации.

Рассмотрим карьер Лебединского ГОК, расположенного в Белгородской области. Данный карьер крупнейший в мире по добыче негорючих полезных ископаемых, его глубина более 400 м, максимальная ширина 5 км. Следует отметить, что Лебединский ГОК является крупнейшим в РФ и СНГ предприятием по добыче и обогащению железной руды. [2]. Состав пыли карьера состоит из более 9 наименований оксидов. Основной в химическом составе компонентов пыли является кристаллическая разновидность кварца SiO_2 97,78 %. Данный диоксид кислотный, в реакцию с водой не вступает. [3]

Поэтому, чтобы выполнить уборочно-моечные работы техники, эксплуатирующейся в карьерах с преобладанием кварцевой пыли, например, с применением автоматизированного комплекса для мойки большегрузных карьерных грузовиков RHP81, в составе моющего средства должно быть вещество, у которого pH больше 7. По данному критерию подходит щелочные моечные средства с добавлением поверхностно-активных веществ (мылонафт, ДБ, ОП-7, ОП-10 и др.). Согласно Руководству по эксплуатации карьерных самосвалов серии БЕЛАЗ-7513 пену моющего средства наносят при температуре от 10 до 400 С на открытые поверхности автомобиля не более чем на 2-3 минуты, т.к. щелочная среда отрицательно влияет на хромовые и пластиковые элементы кузова. [4]. Однако, этого времени недостаточно для достижения требуемой чистоты поверхностей самосвалов.

При трении между частицами или о внутренние поверхности моечного оборудования частицы пыли приобретают электрические заряды. С одной стороны, причиной налипания является остаточная наэлектризованность пыли от предыдущей стадии обработки и электризация её трением при транспортировке. С другой стороны, имеется естественная положительная заряженность металлической поверхности, связанная с переходом части электронов металла в газовую фазу на границе металла с воздухом. В результате её на поверхности металла возникает электродвижущая сила, вызванная этими положительными зарядами. Она представляет собой барьер, который противостоит положительному заряду частиц транспортируемой пыли и уменьшает эффективность стекания этого заряда на землю, а отрицательно

заряженные частицы притягиваются металлической поверхностью и налипают на неё. Это способствует появлению электрических сил адгезии. При разработке теории адгезии твердых тел академик Б.В. Дерягин [5] доказал, что адгезия определяется в основном электростатическими силами, которые превышают силы межмолекулярного сцепления. Вследствие этого адгезия пыли на металлических поверхностях достаточно прочна. Силы адгезии исследованных порошков на поверхности стали 12Х18Н10Т лежат в интервале $0,5-2,5 \cdot 10^{-6}$ Н в зависимости от чистоты обработки поверхности стали. Максимальная адгезия наблюдается при 7–8 классах чистоты обработки металла.

По нашим предположениям, это связано с тем, что микропрофиль поверхности стали становится соизмерим с размером частиц пыли. В этом случае площадь контакта частиц пылевидных продуктов с поверхностью будет большая, нежели чем при других классах чистоты.

Исследования [6] установлено положительное влияние магнитной обработки технической воды на ее смывающую способность осевших электростатических частиц на открытых металлических поверхностях, особенно на смыв кварц-содержащих частиц.

Это может, по нашему мнению, являться основанием применения метода магнитной обработки воды для мойки карьерных самосвалов.

Магнитное устройство может устанавливаться в систему автоматизированной мойки РНР81 без внесения изменений в конструкцию оборудования. Система магнитов монтируется по оси оборудования водоподготовки, так чтобы на проходящую воду действует магнитное поле определенной конфигурации, которое распределяется по потоку. Магнитные элементы помещаются в корпус из нержавеющей стали и, поэтому, очень долговечны и не требуют обслуживания.

Список литературы:

1. КТ Сервис. Современное состояние карьерного транспорта. // <http://www.probelaz.ru/ru/help/articles/36.html> (дата обращения 20.02.2021).
2. Самые крупные карьеры России. Часть №1 <http://www.mining-portal.ru/publish/samyie-krupnyie-kareryi-rossii--chast----1> (дата обращения 21.02.2021)
3. Исследование адгезионных свойств пылевидных продуктов. /Е.А. Рудыка, П.С. Бредихин, И.Н. Матющенко/ Воронежский государственный технический университет. Вестник ВГУИТ, №2, 2012. С. 211-213
4. Карьерные самосвалы серии БЕЛАЗ-7513. Руководство по эксплуатации 75131-3902015 РЭ. Республика Беларусь. 2016. 234 с.
5. Дерягин Б.В., Кротова Н.А., Смилга В.П. Адгезия твердых тел. – М.: Наука, 1973. 375 с.
6. Магнитная обработка воды. /СВАРОГ/- М.: <http://www.svarog-uv.ru> (дата обращения 21.02.2021)

Научный руководитель: доцент В.Н. Федотов

УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МНОГОКРАТНОЙ ПРОХОДИМОСТИ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА

KAZAKOV Y.A.

St. Petersburg Mining University

TRAFICABILITY CONDITIONS OF MINING TRANSPORT UNIT

Карьерный транспорт предназначен для перемещения горной массы от забоев до пунктов разгрузки. Он является связующим звеном в технологическом процессе. От четкой работы карьерного транспорта зависит эффективность разработки месторождения. Перемещение карьерных грузов является трудоемким процессом, от четкости организации которого зависит экономичность всех других процессов открытых разработок [1].

Технологический процесс добычи торфяного сырья карьерным способом начинается в весенний период и предусматривает комплекс работ по подготовке участка к выполнению вскрышных и добычных работ [3].

При осуществлении технологического процесса выработки торфяных месторождений в условиях проходимости техники по слабым грунтам необходимо учитывать многократность проезда оборудования.

Многократная проходимость технологического оборудования по слабым грунтам торфяных месторождений необходима при добыче торфяного сырья карьерным способом. Суть данного способа заключается в применении экскаватора и горнотранспортного агрегата. В основе слаженной работы комплекса оборудования положена бесперебойная работа машин [1].

При передвижении горнотранспортных машин по слабым грунтам наблюдается образование колеи, повторный проезд по которой снижает поверхностную прочность грунта. При увеличении массы горнотранспортного агрегата увеличивается давление на грунт, что снижает проходимость горных машин. Для многократной проходимости необходимы значения давления колеса на грунт в диапазоне 30 кПа – 60 кПа, в зависимости от частоты перемещения оборудования [2].

Таблица 1 – Рекомендуемые значения давлений на грунт для машин высокой проходимости

Грунтовые условия	ММР, кПа		
	для многократных проходов (идеальное значение)	удовлетворительное значение	приемлемо для одного прохода
Влажный мелкозернистый грунт	150	200	300
Торфяники	30	50	60
Тундра и европейские болота	5	10	15
Снег	10	25...30	40

Основным способом снижения влияния массы горнотранспортного агрегата на прочность поверхности грунта является увеличение площади контактной поверхности колёс горнотранспортного агрегата с поверхностью грунта. Чем больше площадь пятна контакта, тем меньше давление на грунт.

Для обеспечения многократной проходимости горнотранспортного агрегата по слабым грунтам в процессе совершения технологических операций транспортирования торфяного сырья в условиях карьера следует применять низкопрофильные флотационные шины, обеспечивающие увеличенное пятно контакта с грунтом.

Вид, тип и размеры флотационных шин выбирается в зависимости от допустимых пределов давления шин на грунт (таблица).

Список литературы:

1. Михайлов Александр Викторович , Казаков Ю. А. Анализ парка машин при карьерной добыче торфа. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. №20. pp. 1-16.
2. Котович С.В. Двигатели специальных транспортных средств. Часть I: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). – М., 2008. – 161 с.
3. Карта трудового процесса «Возведение земляного полотна на болотах с полным выторфовыванием экскаватором ЭО-4111Б»// Сборник карт трудовых процессов на строительство автомобильных дорог. Выпуск IV, Москва, 2001. 2 с.
4. A V Mikhailov et al 2017, Excavating and loading equipment for peat mining. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 87 022014.

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.В. Михайлов

КУЗНЕЦОВА В.О.

Тульский государственный университет

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОДОРОДНОЙ СРЕДЫ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

KUZNETSOVA V.O.

Tula State University

ANALYSIS OF THE EFFECT OF A HYDROGEN MEDIUM ON THE STRESS-STRAIN STATE OF A SPHERICAL SHELL MADE OF TITANIUM ALLOY

В работе строится математическая модель, которая описывает влияние изменения концентрации агрессивной водородосодержащей среды на напряжённо-деформированное состояние сферической оболочки, выполненной из титанового сплава, нагруженной равномерно-распределённой нагрузкой. В статье использовалась модель, обладающая тройной нелинейностью, представленная в нормированных пространствах напряжений. Прогобы оболочки приняты большими, закрепление оболочки жёсткое. Разработан алгоритм решения задачи наводороживания оболочек из титанового сплава. Решение производилось двухшаговым методом последовательных возмущений параметров с использованием пакетов прикладных программ MatLab и Maple. Для решения системы разрешающих дифференциальных уравнений использовался метод конечных разностей. Произведено сравнение полученных результатов с результатами решения задачи по классической теории и теории И.Г. Овчинникова.

Рассмотрим упругое равновесие оболочки толщиной h , воспринимающей поперечную осесимметричную равномерно-распределённую нагрузку q под воздействием агрессивной водородной среды с концентрацией λ . Средняя поверхность оболочки – это часть сферы, характеризуемая радиусом R (м). По контуру оболочка жестко закреплена.

Примем кинетический потенциал деформаций в виде:

$$W_1 = (A_e(\lambda) + B_e(\lambda)\xi)\sigma^2 + (C_e(\lambda) + D_e(\lambda)\xi + E_e(\lambda)\eta\cos 3\varphi)\tau^2 + [(A_p(\lambda) + B_p(\lambda)\xi)\sigma^2 + (C_p(\lambda) + D_p(\lambda)\xi + E_p(\lambda)\eta\cos 3\varphi)\tau^2]^n, \quad (1)$$

где $A_e(\lambda)$, $B_e(\lambda)$, $C_e(\lambda)$, $D_e(\lambda)$, $E_e(\lambda)$, $A_p(\lambda)$, $B_p(\lambda)$, $C_p(\lambda)$, $D_p(\lambda)$, $E_p(\lambda)$ – физические функции потенциала квазилинейной и нелинейной частей, зависящие от концентрации водорода. Для сплава ВТ1-0 Функции механических характеристик материала принимают вид [1]:

$$V_{ek}(\lambda) = e_{0k} + e_{1k} \cdot \lambda + e_{2k} \cdot \lambda^2; \quad V_{pk}(\lambda) = p_{0k} + p_{1k} \cdot (p_{2k})^\lambda; \quad (2)$$

$$A_e(\lambda) = V_{e1}(\lambda); \quad B_e(\lambda) = V_{e3}(\lambda); \quad C_e(\lambda) = V_{e2}(\lambda); \quad D_e(\lambda) = V_{e4}(\lambda);$$

$$E_e(\lambda) = V_{e5}(\lambda); \quad A_p(\lambda) = V_{p1}(\lambda); \quad B_p(\lambda) = V_{p3}(\lambda);$$

$$C_p(\lambda) = V_{p2}(\lambda); \quad D_p(\lambda) = V_{p4}(\lambda); \quad E_p(\lambda) = V_{p5}(\lambda), \quad (3)$$

где e_{ik} , p_{ik} – коэффициенты полиномов $i = 0..3$; $k = 1..3$.

Для полой сферической оболочки справедливо постоянство главных радиусов кривизны её средней поверхности в пределах плана: $R_1 = R_2 = R$.

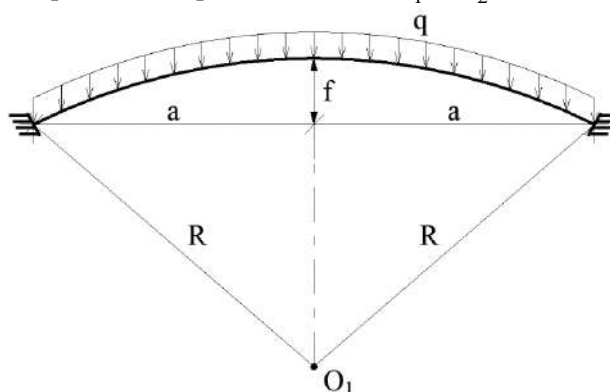


Рисунок 1 – Схема задачи

Тогда главные кривизны оболочки принимают значение $k_1 = k_2 = k = 1/R$. Далее рассматриваются пологие оболочки, в этом случае можно пренебречь разницей между длиной дуги средней поверхности и её проекцией на плоскость [2]. При этом используются следующие зависимости:

а) составляющие деформаций в срединной поверхности:

$$\varepsilon_r = u_{,r} - kw + 0,5(w_{,r})^2; \quad \varepsilon_\varphi = \frac{u}{r} - kw, \quad (4)$$

где $\varepsilon_r, \varepsilon_\varphi$ – радиальные и окружные относительные деформации в средней поверхности; u, w – радиальные перемещения и прогибы; k – главная кривизна; r – радиальная координата;

б) составляющие изгибной деформации (кривизны):

$$\chi_r = -w_{,rr}; \quad \chi_\varphi = -\frac{w_{,r}}{r}. \quad (5)$$

в) составляющие тензора деформаций с помощью параметров деформации $\varepsilon_r, \varepsilon_\varphi$ и кривизны χ_r, χ_φ средней поверхности запишем в виде:

$$e_r = \varepsilon_r + z\chi_r; \quad e_\varphi = \varepsilon_\varphi + z\chi_\varphi, \quad (6)$$

где z – вертикальная координата, отсчитываемая от срединной поверхности оболочки, направленная к центру кривизны.

Подставляя соотношения (4)-(5) в (6), получим выражения для компонентов тензора деформаций через перемещения и прогибы:

$$e_r = u_{,r} - kw + 0,5(w_{,r})^2 - zw_{,rr}; \quad e_\varphi = \frac{u}{r} - kw - z\frac{w_{,r}}{r}. \quad (7)$$

Взаимосвязь деформаций с напряжениями получена с помощью применения формул Кастильяно к потенциалу W_1 :

$$e_k = \frac{\partial W_1}{\partial \sigma_k}; \quad \gamma_{ij} = \frac{\partial W_1}{\partial \tau_{ij}}; \quad (i, j, k = 1, 2, 3) \quad (8)$$

$$e_{ij} = 2C_e(\lambda)\sigma_{ij}/3 + 2(A_e(\lambda) - C_e(\lambda))\sigma\delta_{ij}/3 + T_{ij}(\lambda), \quad (9)$$

где $T_{ij}(\lambda)$ – нелинейная составляющая уравнений состояния.

Связь между деформациями и напряжениями представим в виде:

$$\begin{Bmatrix} e_r \\ e_\varphi \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} \sigma_r \\ \sigma_\varphi \end{Bmatrix} \quad [A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}; \quad (10)$$

Обращая соотношения (11), получаем зависимость напряжений от деформаций:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_r \\ \sigma_\varphi \end{Bmatrix} = [B] \begin{Bmatrix} e_r \\ e_\varphi \end{Bmatrix} \quad [B] = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix}, \quad (11)$$

где $[B] = [A]^{-1}$. Здесь $A_{11}, A_{12}, B_{11}, B_{12} \dots$ – компоненты симметричной матрицы $[A]$ и $[B]$ – функции, включающие константы потенциала W_1 .

Усилия и моменты найдём через напряжения традиционным способом:

$$N_r = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_r dz; \quad N_\varphi = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_\varphi dz; \quad M_r = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_r z dz; \quad M_\varphi = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_\varphi z dz \quad (12)$$

Связь моментов и усилий с компонентами деформаций оболочки приведём к виду:

$$\begin{aligned} M_r &= K_{11}(\lambda)\varepsilon_r + K_{12}(\lambda)\varepsilon_\varphi + D_{11}(\lambda)\chi_r + D_{12}(\lambda)\chi_\varphi; \\ M_\varphi &= K_{21}(\lambda)\varepsilon_r + K_{22}(\lambda)\varepsilon_\varphi + D_{21}(\lambda)\chi_r + D_{22}(\lambda)\chi_\varphi; \\ N_r &= C_{11}(\lambda)\varepsilon_r + C_{12}(\lambda)\varepsilon_\varphi + K_{11}(\lambda)\chi_r + K_{12}(\lambda)\chi_\varphi; \\ N_\varphi &= C_{21}(\lambda)\varepsilon_r + C_{22}(\lambda)\varepsilon_\varphi + K_{21}(\lambda)\chi_r + K_{22}(\lambda)\chi_\varphi. \end{aligned} \quad (13)$$

Внутренние усилия и моменты оболочки при условии $zk \ll 1$ подчиняются уравнениям равновесия:

$$\begin{aligned} M_{r,r} - M_{\varphi,r}/r + 2M_{r,r}/r + k(N_r + N_\varphi) + N_r w_{,rr} &= -q; \\ N_{r,r} + (N_r - N_\varphi)/r - k[M_{r,r} + (M_r - M_\varphi)/r] &= 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Используя условия равновесия (14), а также выражения для усилий и моментов (13), получим систему двух нелинейных дифференциальных уравнений относительно функций u и w , связанных с уровнем наводороживания λ . Для линеаризации этих уравнений используем двухшаговый метод последовательных возмущений параметров:

$$\delta e_r = \frac{\partial e_r}{\partial \sigma_r} \delta \sigma_r + \frac{\partial e_r}{\partial \sigma_\varphi} \delta \sigma_\varphi + \frac{\partial e_r}{\partial \lambda} \delta \lambda; \quad \delta e_\varphi = \frac{\partial e_\varphi}{\partial \sigma_\varphi} \delta \sigma_\varphi + \frac{\partial e_\varphi}{\partial \sigma_r} \delta \sigma_r + \frac{\partial e_\varphi}{\partial \lambda} \delta \lambda; \quad (15)$$

$$\delta \varepsilon_r = \delta u_{,r} - k \delta w + w_{,r} \delta w_{,r}; \quad \delta \varepsilon_\varphi = \frac{\delta u}{r} - k \delta w; \quad \delta \chi_r = -\delta w_{,r}; \quad \delta \chi_\varphi = -\frac{\delta w_{,r}}{r} \quad (16)$$

Зависимости приращений деформаций в точке через приращения деформаций срединной поверхности $\delta \varepsilon_r$ и $\delta \varepsilon_\varphi$ и кривизн срединной поверхности $\delta \chi_r$ и $\delta \chi_\varphi$ представим следующим образом:

$$\delta e_r = \delta \varepsilon_r + z \delta \chi_r; \quad \delta e_\varphi = \delta \varepsilon_\varphi + z \delta \chi_\varphi. \quad (17)$$

Используя выражения (15) – (17), получим соотношения, связывающие приращения деформаций и перемещений:

$$\delta e_r = \delta u_{,r} - k \delta w + w_{,r} \delta w_{,r} - z \delta w_{,rr}; \quad \delta e_\varphi = \frac{\delta u}{r} - k \delta w - z \frac{\delta w_{,r}}{r}. \quad (18)$$

Уравнения равновесия сферической оболочки в приращениях имеют вид:

$$\begin{aligned} \delta M_{r,rr} - \delta M_{\varphi,r}/r + 2\delta M_{r,r}/r + k(\delta N_r + \delta N_\varphi) + \delta N_r w_{,rr} + N_r \delta w_{,rr} &= -\delta q; \\ \delta N_{r,r} + (\delta N_r - \delta N_\varphi)/r - k[\delta M_{r,r} + (\delta M_r - \delta M_\varphi)/r] &= 0. \end{aligned} \quad (19)$$

Систему полученных ранее разрешающих дифференциальных уравнений в приращениях (19) следует дополнить граничными условиями: ввиду осесимметричности задачи, в центре оболочки радиальные перемещения, поворот нормали к срединной поверхности и их приращения равны нулю ($w_{,r} = 0$, $u = 0$, $\delta w_{,r} = 0$, $\delta u = 0$).

При химической адсорбции молекулы водорода распадаются на атомы, диффундирующие вглубь материала [4]. Плотность потока J пропорциональна пространственному градиенту концентрации λ , тогда уравнение диффузии принимает вид:

$$J = -D \text{grad} \lambda = -D \frac{\delta \lambda}{\delta z}, \quad (20)$$

где D - коэффициент диффузии, z - координата в направлении диффузии.

Для титановых сплавов коэффициент диффузии не зависит от концентрации, поэтому из первого закона Фика следует второй закон в виде:

$$\frac{\partial \lambda(z,t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \lambda(z,t)}{\partial z^2}, \quad (21)$$

где t – текущее время.

В качестве решения уравнения (21) для процесса односторонней диффузии принимаем известные аналитические решения, представленные в работе [5]:

$$\begin{aligned} \lambda(z,t) = \lambda_1 + (\lambda_2 - \lambda_1)z/h + (2/\pi) \sum_{i=1}^{\infty} \sin(i \cdot \pi \cdot z/h) \exp(-F_0 \pi^2 i^2) \times \\ \times [\lambda_2 \cos(i \cdot \pi) - \lambda_1] / i, \end{aligned} \quad (22)$$

где $F_0 = Dt/h^2$ – число Фурье; i – число членов ряда; λ_1 и λ_2 – краевые условия для концентрации среды сверху и снизу оболочки; h – толщина оболочки; z – координата точки по толщине оболочки.

Краевые условия представлены следующим образом:

а) при воздействии среды со стороны приложения поперечной силовой нагрузки:

$$\lambda(-h/2, t) = \lambda_\infty = \lambda_1; \quad \lambda(+h/2, t) = 0 = \lambda_2, \quad (23)$$

здесь λ_∞ – равновесная концентрация водородосодержащей среды.

Начальные условия примем в виде $\lambda(z, 0) = 0$.

Заменив производные полученными конечными разностями в программном комплексе MATLAB, приходим к результатам решения задачи в процессе односторонней диффузии со стороны приложения поперечной силовой нагрузки, которые приведены на рисунках 2-5:

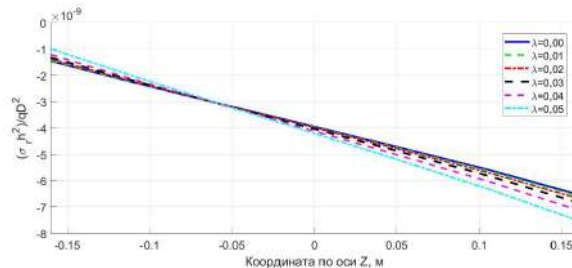


Рисунок 2 – Напряжения σ_r в точке 1/2 диаметра оболочки (по толщине)

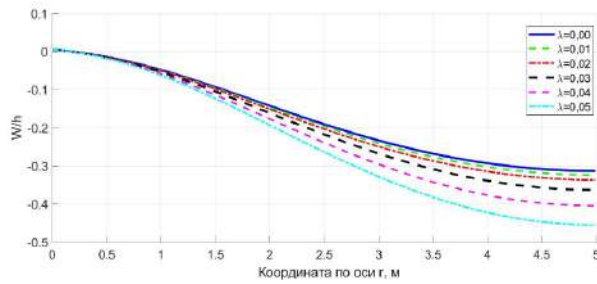


Рисунок 3 – Прогибы в оболочке

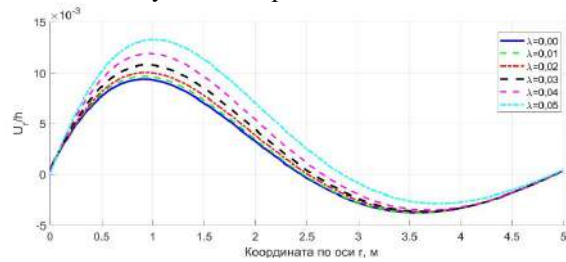


Рисунок 4 – Горизонтальные перемещения вдоль радиуса

На рисунках 2-4 изображены графики зависимости напряжений σ_r по толщине оболочки от степени концентрации агрессивной водородосодержащей среды, а также графики прогибов и горизонтальных перемещений оболочки.

Сравнив в программном комплексе MATLAB полученные результаты по разработанной модели с результатами, полученными по теории И.Г. Овчинникова, делаем вывод, что отличие вызвано не учётом в классической теории влияния агрессивной среды при сложных видах напряжённого состояния.

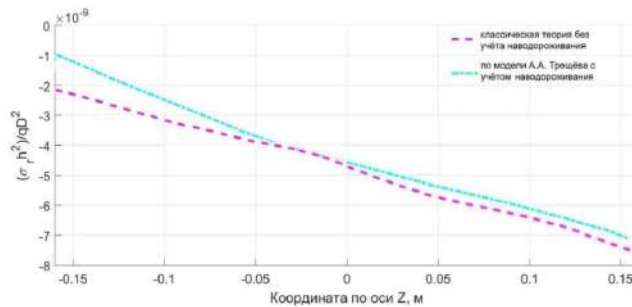


Рисунок 5 – Напряжения σ_r в точке 1/2 диаметра оболочки (по толщине)

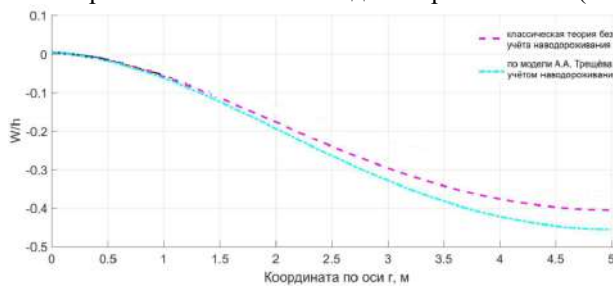


Рисунок 6 – Прогибы в оболочке

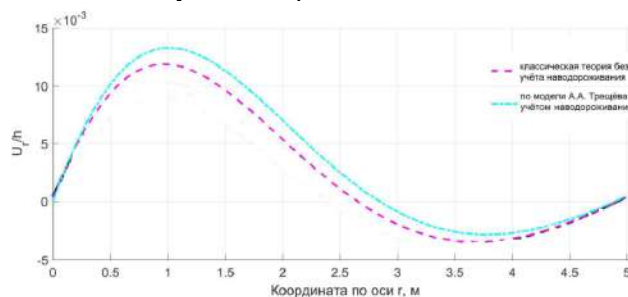


Рисунок 7 – Горизонтальные перемещения в оболочке

Из графиков 5-7 видно, что расхождение значений максимальных прогибов и перемещений с учетом и без учета наводороживания значительное – 16,5 %, напряжений – до 50%, что не допустимо, так как превышает предельное значение погрешности для строительных конструкций, равное 5%.

Большое число экспериментальных исследований свидетельствует о необходимости разработки новых моделей, описывающих напряженно-деформированное состояние тел с учетом наведенной чувствительности свойств материалов к наводороживанию. Учёт воздействия агрессивной водородной среды в данной работе базируется на нелинейных определяющих соотношениях, учитывающих наведённую чувствительность к воздействию водорода в широком диапазоне изменения видов напряжённого состояния.

Список литературы:

1. Кириллова Л.А. Напряженно-деформированное состояние гибкой круглой пластины в водородосодержащей среде с учетом наведенной неоднородности. Дисс. к.т.н. Саратов, 1990. 163 с. [диссертация].
2. Колачев Б.А. Механические свойства титана и его сплавов / Б.А. Колачев, В.А. Ливанов, Л.А. Буханова. – М.: Металлургия, 1974. 544 с.
3. Овчинников И.Г. Модифицированная модель деформирования и разрушения материала, подвергающегося облучению // Строительная механика и расчёт сооружений, 2014. №1 С. 29-35.
4. Овчинников И.Г., Анализ экспериментальных данных по влиянию водорода при нормальных температурах на механические свойства металлов и сплавов и построению модели взаимодействия конструктивных элементов с водородом. Ч.1. Проблема воздействия водорода на металлы и пути ее решения. Закономерности проникания водорода в конструктивные элементы / И.Г. Овчинников, А.Б. Рассада. – Саратов: Сарат. политехн. ин-т., 1989. 28 с.
5. Трещев А.А. Теория деформирования и прочности материалов с изначальной и наведенной чувствительностью к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения: монография. - М.; Тула; РААСН; ТулГУ, 2016. - 236 с. [монография].

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.А. Трещев

МАКСИМОВ Д.Д.

Санкт-Петербургский горный университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМц

MAKSIMOV D.D.

Saint-Petersburg Mining University

QUALITY ASSURANCE OF SURFACES OF COMPLEX PROFILE OF PRODUCTS FROM ALLUMINUM ALLOY

В настоящее время обеспечение необходимого качества поверхности или части изделия является ключевым требованием при механической обработке. Поэтому окончательная обработка изделия становится наиболее важной частью технологического процесса изготовления детали. Окончательная обработка изделия существенно влияет на технические, производственно-технологические и эксплуатационные показатели качества изделия, так как существует прямое соотношение между точностью обработки, шероховатостью поверхности и сроком службы изделия.

Актуальным является создание новых и совершенствование известных методов и технологических процессов финишной обработки с целью обеспечения формообразования,

точности и требуемых показателей качества рабочих поверхностей деталей. Решение указанных задач кроется в использовании инновационных технологий, основанных на управляемом характере взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью заготовки [1-6].

При текущем техническом прогрессе у широкого спектра предприятий появилась острая потребность в таком способе окончательной обработки поверхности заготовки, который обеспечит низкую шероховатость поверхности Ra (до 0,01 мкм). Существует ряд способов окончательной обработки поверхности заготовки, связанных с применением абразивов: абразивная обработка, обработка с использованием в качестве абразива магнитно-реологической жидкости и магнитно-абразивная обработка с использованием магнитно-абразивного порошка.

К числу перспективных методов финишной обработки эластичным инструментом относится магнитно-абразивная обработка (МАО). Особенностью способа является ориентированное абразивное резание (рис. 1).

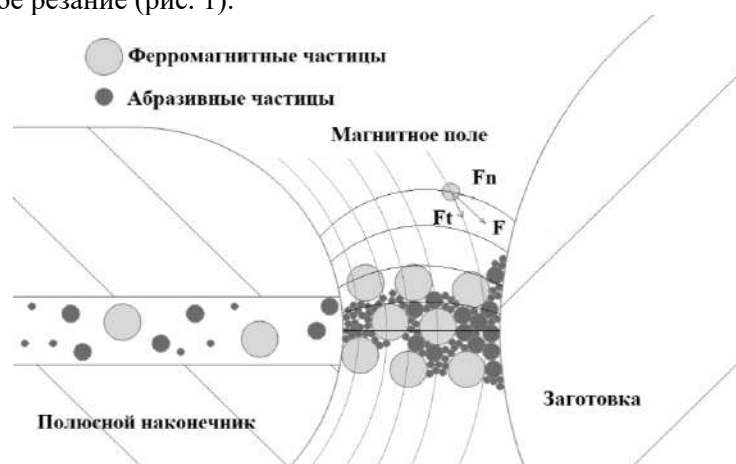


Рисунок 1 - Схема взаимодействия полюсного наконечника с магнитно-абразивным порошком и заготовкой

Одним из преимуществ применения магнитно-абразивной обработки является отсутствие необходимости изготовления полирующего абразивного инструмента. Это позволяет в 2,5...3,5 раза снизить затраты на инструмент и оснастку.

К другим преимуществам магнитно-абразивной обработки над традиционными методами абразивно резания относят: обеспечение шероховатости Ra до 0,01 мкм, пониженную температуру резания. Все перечисленные выше преимущества позволяют получать необходимую поверхность надлежащего качества и микроструктуры поверхностного слоя [3,6].

Создание способа и технологии магнитно-абразивной обработки деталей, имеющих сложную геометрическую форму, – это актуальная задача, требующая всеобъемлющего, комплексного подхода. Для её решения необходимо применить современные методы компьютерного моделирования магнитного поля в рабочем пространстве установки, которые помогут определить не только динамику сил резания в процессе обработки, но и подобрать оптимальное сочетание режимов резания, эффективность использования ферромагнитного порошка различного размера, возможность применения СОЖ. [1,2].

Список литературы:

1. Акулович, Л.М. Основы магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей / Л.М. Акулович, Л.Е Сергеев, В.Я. Лебедев. – Минск: БГАТУ, 2012. – 316 с.
2. Maksarov V V, Keksin A I. Technology of magnetic-abrasive finishing of geometrically-complex products // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science Vol. 327, 2018, 042068.
3. Бабич, В.Е. Технология финишной магнитно-абразивной обработки сборного породоразрушающего инструмента: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Бабич Виталий Евгеньевич. – ГНУ «Физико-технический институт» НАН Беларуси. – Минск, 2009. – 158 с.
4. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с.

5. Жданович, В.И. Исследование процесса магнитно-абразивной обработки наружных цилиндрических поверхностей: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Жданович Венедикт Иванович. – Физико-технический ин-т АН БССР. – Минск, 1974. – 23 с.

6. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн.: Наука и техника, 1981. – 328 с.

Научный руководитель: д.т.н., профессор, декан, зав. каф. В.В. Максаров

МИНИН А.О.

Санкт-Петербургский горный университет

ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

MININ A.O.

St. Petersburg Mining University

FEATURES AND METHODS OF MACHINING TITANIUM ALLOYS

Титановые сплавы являются одним из основных конструкционных материалов, которые применяются в настоящее время в разных отраслях промышленности. Широкое применение данных сплавов связано с их свойствами – высокая удельная прочность, коррозионная стойкость во многих агрессивных средах, немагнитность, хорошая жаропрочность при температурах эксплуатации до 500-600°C. Наиболее эффективное использование титановых сплавов возможно при снижении затрат на производство полуфабрикатов и изделий. Весомый вклад в стоимость изделия вносят технологические операции при изготовлении полуфабрикатов такие как фасонное литье, пластическая деформация, сварка, механическая и термическая обработка.

Титан и его сплавы плохо обрабатываются резанием, что обусловлено рядом физико-механических свойств титана. Титановые сплавы отличаются высоким отношением предела текучести к временному сопротивлению разрыва. Это соотношение составляет для титановых сплавов 0,85-0,95, в то время как для сталей оно равно 0,65-0,75. В результате, при механической обработке титановых сплавов возникают большие удельные усилия, что приводит к высоким температурам в зоне резания, обусловленным низкой тепло- и температуропроводностью титана и его сплавов, затрудняющей отвод тепла из зоны резания. Из-за сильной адгезии и высоких температур титан налипает на режущий инструмент, что вызывает значительные силы трения. Налипание и приваривание титана на контактируемые поверхности режущего инструмента приводят также к изменению его геометрических параметров. Отклонение геометрических параметров режущего инструмента от оптимальных их значений приводит к дальнейшему повышению усилий обработки и температуры в зоне резания и износа инструмента. Температура в зоне резания наиболее сильно повышается с увеличением скорости резания, в меньшей степени - с увеличением подачи. Глубина резания по сравнению со скоростью и подачей оказывает еще меньшее влияние. Трудоемкость механической обработки титановых сплавов в 3-4 раза больше, чем для углеродистых сталей, и в 5-7 раз выше, чем для алюминиевых сплавов.

Коэффициент относительной обрабатываемости по отношению к стали 45 составляет 0,35-0,48 для титана и сплавов ВТ5 и ВТ5-1 и 0,22-0,26 для сплавов ВТ6, ВТ20 и ВТ22. При механической обработке титановых сплавов рекомендуются малые скорости резания при небольших подачах с обильной подачей охлаждающей жидкости. Для обработки титановых сплавов резанием применяют режущий инструмент из более износостойких быстрорежущих сталей, чем для обработки сталей, отдавая предпочтение твердым сплавам. Однако даже при соблюдении всех описанных мероприятий режимы резания, особенно скорости, должны быть снижены по сравнению с обработкой сталей в 3-4 раза для обеспечения приемлемой стойкости инструмента, особенно при обработке на станках с ЧПУ. При высоких температу-

рах, которые развиваются в зоне резания, титановая стружка и обрабатываемая деталь окисляются. Окисление стружки создает проблемы, связанные с её очисткой при вовлечении отходов в плавку и других способах её утилизации. Окисление поверхности обрабатываемых деталей в недопустимой степени может привести к снижению эксплуатационных характеристик.

Важной особенностью механической обработки деталей из титановых сплавов является необходимость обеспечения ресурсных, в особенности усталостных, характеристик, которые в решающей степени обусловлены качеством поверхностного слоя, образующегося после обработки резанием. Вследствие низкой теплопроводности и высокой химической активности обрабатываемого материала применение шлифования как процесса финишной обработки для титановых сплавов ограничено. При шлифовании титановых сплавов легко образуются прижоги, которые существенно снижают усталостную прочность. Кроме того, при шлифовании в поверхностном слое возникают остаточные напряжения растяжения и дефектные структуры, также снижающие усталостную прочность. Поэтому шлифование, если оно используется при обработке деталей из титановых сплавов, должно проводиться при пониженных скоростях и по возможности заменяться лезвийной обработкой либо низкоскоростными методами абразивной обработки, такими, например, как хонингование. Если же применяется шлифование, оно должно выполняться при строго регламентированных режимах с последующим контролем на отсутствие прижогов и сопровождаться упрочнением поверхностным пластическим деформированием (ППД).

Титановые сплавы обладают свойствами, способными существенно влиять как на процесс резания, так и на режущий материал. Если инструмент и режимы резания выбраны правильно, а также при хорошей жесткости станка и надежности закрепления заготовки, процесс обработки титана будет высокоэффективным. Многих проблем, которые традиционно возникают при обработке титана, можно избежать. Нужно лишь преодолеть то влияние, которое свойства титана оказывают на процесс обработки.

Научный руководитель: доцент Е.Г. Злотников

МИТРОФАНОВА К.С.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОТВЕТСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В ПРОЦЕССЕ
УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫМ
ИНСТРУМЕНТОМ**

MITROFANOVAK.S.

Kuzbass State Technical University

**ENSURING THE QUALITY OF CRITICAL MACHINE PARTS IN THE PROCESS OF
STRENGTHENING THE PROCESSING OF COMPLEX TOOLS**

Известно, что для повышения качества ответственных деталей машин, в том числе изделий горно-шахтного оборудования (штоков гидроцилиндров, валов редукторов, деталей гидроаппаратуры и др.) в основном применяются дорогостоящие технологии, обладающие высокой энергоемкостью (химико-термическая обработка (ХТО); обработка, высокоэнергетическими источниками и другие).

В свою очередь, данные технологии не удовлетворяют быстрорастущим требованиям, предъявляемым эксплуатационным свойствам детали. Кроме того, применяемые технологии не всегда способны одновременно увеличить прочностные и пластические свойства обрабатываемого материала. В связи с этим появляется необходимость в разработке высокоэффективных, недорогих упрочняющих технологий.

Одним из технологических методов, обеспечивающих наличие комплекса благопри-

ятных свойств, в том числе, значительного упрочнения поверхностного слоя (ПС) деталей машин является поверхностное пластическое деформирование (ППД).

В настоящее время ППД развивается в ряде направлений. Одним из таких направлений является создание эффективных схем обработки с большим гидростатическим давлением в очаге деформации (ОД) и большим количеством участков квазимонотонной деформации, с целью измельчения структуры, увеличения упрочнения и пластичности без разрушения ПС детали.

На кафедре «Технология машиностроения» КузГТУ (г. Кемерово, Россия), при решении вопроса о создании эффективных схем обработки был разработан ряд сложнопрофильных деформирующих инструментов. Одним из таких инструментов является мультирадиусный ролик (МР-ролик) (рис.1).

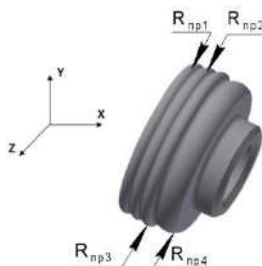


Рисунок 1 – 3D-изображение мультирадиусного ролика (МР- ролик)

Особенностью МР-ролика является наличие 4-х последовательно инденторов: $R_{пр1}=1\text{мм}$; $R_{пр2}=1\text{мм}$; $R_{пр3}=1\text{мм}$; $R_{пр4}=3\text{мм}$, расположенных относительно друг друга с некоторым смещением в радиальном направлении.

В процессе упрочнения (рис.2), такое расположение инденторов приводит к сложной кинематике внедрения МР- ролика в поверхность заготовки.

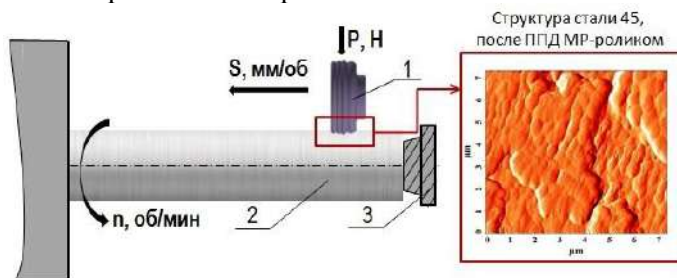


Рисунок 2 – Схема ППД МР-роликом: 1 – МР-ролик; 2 – заготовка; 3 – поджимающий центр и 2ДСкан-изображение поверхности структуры стали 45, после ППД МР-роликом, полученное методом атомно-силовой микроскопии (АСМ)

В результате в очаге деформации создается высокое гидростатическое давление и возникает возможность измельчения структуры обрабатываемого материала.

Рядом предварительных исследований установлено, что обработка МР-роликом приводит к существенным структурным изменениям, в том числе, к увеличению микротвердости (до 264-360 HV, при исходной 160 HV) и глубины упрочненного слоя (до 1710 мкм). Методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) установлено, что при обработке ППД МР-роликом происходит сильная дефрагментация зёрен (глубина до 250 мкм), сопровождающаяся дроблением и расслоением пластинок цементита в перлитных зернах, при этом границы зёрен остаются целыми. Предварительные результаты металлографических исследований показали наличие в поверхностном слое наноразмерных зерен.

Таким образом, обработка ППД МР-роликом приводит к существенным структурным изменениям, что в результате благоприятно сказывается на качестве обрабатываемой детали.

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.Ю. Блюменштейн

МЯКОТНЫХ А.А.
Санкт-Петербургский горный университет

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭКСКАВАТОРА ЕКТ НА ОСНОВЕ
ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ЕГО ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ
ТРАНСМИССИИ**

МЯКОТНУКН А.А.
St. Petersburg Mining University

**IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF TECHNICAL
MAINTENANCE OF THE EKT EXCAVATOR BASED ON THE ASSESSMENT OF THE
CONTAMINATION OF THE WORKING FLUID OF ITS HYDRAULIC
TRANSMISSION**

С повышением сложности механизированного оборудования повысилась важность создания технического обслуживания с целью предотвращения отказов машин и поддержания ее в работоспособном и безотказном состоянии [1]. Цель такого технического обслуживания состоит в переходе с планового обслуживания на обслуживание по фактическому состоянию. Основной причиной отказов гидрофицированного оборудования является загрязненная рабочая среда трансмиссии, поэтому требуется усиленный контроль ее состояния. Существующие методы не позволяют решить данную задачу без остановок машины и без лабораторных исследований, на которые требуется значительное количество времени [2]. Поэтому актуальной задачей является создание бортовой системы контроля загрязненности рабочей жидкости, позволяющей производить ее замену по фактическому состоянию [3, 4, 5, 6].

Исследование, представленное в данной работе, опирается на предположение о том, что с повышением загрязненности рабочей жидкости трансмиссии изменяется величина звукового сигнала в акустико-эмиссионном диапазоне частот. Для решения такой задачи были проделаны серии экспериментов на лабораторном стенде в виде типовой установки гидравлической трансмиссии, который включает в себя бак с маслом, гидравлическую линию, шестеренный насос НШ-10, мотор-редуктор с регулятором скорости вращения, дроссель-регулятор, датчик, установленный на корпусе насоса вблизи точки зацепления шестерен насоса, тахометр часового типа ТЧ10-Р и ультразвуковой акустико-эмиссионный прибор АРП-11 с рабочим диапазоном частот 20-300 кГц.

В первую очередь была проведена градуировка скоростей вращения вала шестеренного насоса для каждого положения переключателя скоростей. Замер значений скоростей вращения вала мотор-редуктора в рад/с контролировалось тахогенератором. Эксперименты проводились на холостом ходу, а также с дроссельной нагрузкой 20-40 МПа. После определения скоростей вращения вала мотор-редуктора для определения эталонного значения регистрировались значения параметра акустической эмиссии на чистом масле, как на холостом ходу, так и при нагрузке. Далее были проведены две серии экспериментов, каждая из которых сопровождалась добавлением в масло абразива в виде электрокорунда, достигая массовой доли загрязненности масла в 1%, 2% и 3%, причем в первой серии эксперимента электрокорунд имел размер 40 мкм, а во второй 100 мкм. По окончании эксперимента данные по каждой серии сравнивали с эталонными значениями на различных скоростях, а также и друг с другом. Тем самым осуществлялась оценка влияния не только загрязненности рабочей жидкости на величину акустико-эмиссионного сигнала, но также и влияние размера абразивных частиц на этот сигнал.

Выполненный эксперимент подтверждает возможность создания бортовой системы контроля состояния рабочей среды гидравлической трансмиссии в условиях эксплуатации, а также возможность определения загрязненности рабочей жидкости трансмиссии по величине акустико-эмиссионного сигнала. Более того, была выявлена тенденция, что с повышением

загрязненности рабочей жидкости трансмиссии увеличивается и величина сигнала акустической эмиссии.

После проведенного исследования было решено создать установку [7], внедрение которой возможно для экскаватора ЕКТ. Техническим результатом является расширение информационных возможностей устройства для оперативной оценки степени загрязнения рабочей жидкости в любой момент времени при минимальных трудозатратах. Данное устройство включает в себя: камеру, электроакустический датчик, входной и выходной гидравлический канал с вентилями для регулировки течения жидкости, приводной двигатель, шестеренный насос, тройник и измерительный блок, в состав которого входит блок измерения, блок сравнения измерений, контроллер двигателя, блок управления вентилем и блок вывода результатов измерений. Такое устройство позволяет оценивать загрязненность рабочей жидкости трансмиссии в момент ее работы и может быть применено при оценке загрязненности жидких смазочных и рабочих сред как механических, так и гидравлических трансмиссий.

Список литературы:

1. Антоненко И.Н., Крюков И.Э. Информационные системы и практики ТОиР: этапы развития // Главный энергетик. Автоматизация. – 2011, №10. – С. 37-44
2. Bley T., Pignanelli E., Schutze A. Multi-channel IR sensor system for determination of oil degradation / J. Sens. Syst. – 2014. – Vol. 3. – P. 121-132.
3. Мякотных А.А., Князькина В.И., Падучин Д.А. К оценке загрязненности рабочих сред трансмиссий по их акустическому сигналу // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: программа 78-й между-нар. науч.-техн. конф. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогор. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. – 2020. – 141 с.
4. Григоров А.Б. Диэлектрический контроль загрязненности автомобильных трансмиссионных масел / Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – №11 (93). – С. 18-22.
5. Пунин А.В. Рылякин Е.Г. Влияние высокодисперсных частиц на эксплуатационные свойства рабочих жидкостей / Электронный научный журнал Инженерный вестник Дона, №1 (2015) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2835.
6. Мякотных А.А., Князькина В.И., Шибанов Д.А. Экспериментальная оценка загрязнения рабочей жидкости трансмиссии на изменение акустического сигнала насоса при его работе / А.А. Мякотных, В.И. Князькина, Д.А. Шибанов // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2020. – Т. 1. – С. 369-375.
7. Пат.2739147 Российская Федерация, МПК G01N 29/02 Устройство для оценки загрязненности жидкости трансмиссий / Иванов С.Л., Мякотных А.А., Сафрончук К.А., Князькина В.И., заявитель и патентодержатель Санкт-Петербургский горный университет – 2020118601; заявл. 05.06.2020; опубл. 21.12.2020, Бюл. № 36. – 7 с.

Научный руководитель: д.т.н., профессор С.Л. Иванов

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ И
ТОЧНОСТИ ФОРМЫ ОБТЕКАТЕЛЯ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА ДЛЯ САМОЛЕТА
ТВС-2МС**

NACHAROVA M.A.
St. Petersburg Mining University

**TECHNOLOGICAL ASSURANCE OF THE SURFACE QUALITY AND SHAPE
ACCURACY OF A FIBREGLASS FAIRING FOR TVS-2MS AIRCRAFT**

Стеклопластик – один из видов композитных материалов, которые в настоящее время получили достаточно широкое распространение, особенно в области автомобиле- и авиастроения. Ценность композитных материалов заключается в том, что им гораздо проще придать сложнопрофильные формы по сравнению с металлами, что обуславливает их области применения. В авиастроении, как нигде, требуется обеспечение высокой точности формы и качества поверхности комплектующих деталей, так как необходимо обеспечивать заданные аэродинамические характеристики самолета и сохранять их в процессе эксплуатации. В случае с композитными материалами (стеклопластиком) точность формы и качество поверхности обеспечивается в первую очередь за счет оснастки (формы), а также методом изготовления детали, чему и посвящено исследование.

В ходе исследования, в первую очередь, разрабатывается и изготавливается оснастка для обтекателя. В процессе проектирования возникает вопрос: как именно изготавливать оснастку, чтобы она соответствовала всем условиям качества. Ввиду сложности формы обтекателя становится, очевидно, что одного лишь чертежа с последующим изготовлением на универсальном станке недостаточно. Поставленную задачу помогают решить современные САПР системы и станки с ЧПУ. Таким образом, процесс изготовления оснастки будет состоять из следующих этапов:

1. Создание 3D модели оснастки в CAD системе и генерирование чертежа (AutoCAD, КОМПАС, SolidWorks, NX и др.);
2. Создание управляющей программы для изготовления оснастки на фрезерном станке с ЧПУ модели EMCO Concept Mill 250 с применением CAM системы (NX, ESPRIT, CATIA и др.);
3. Изготовление оснастки на станке в автоматическом режиме;
4. Доработка оснастки вручную (удаление углов).

Применение САПР систем при проектировании и изготовлении оснастки значительно сокращает время и себестоимость изготовления.

Качество поверхности необходимо не только для удовлетворения требований к изделию, но и для более простого извлечения изделия из формы. Чем меньше шероховатость или пористость поверхности оснастки, тем меньше смола проникает в поры или заполняет неровности. Таким образом, низкая шероховатость способствует исключению повреждений оснастки и изделия при его извлечении. А значит, оснастка может быть использована многократно, тем самым снижается себестоимость изготовления изделия из композита, особенно при серийном производстве.

По полученной модели изготавливается изделие двумя разными методами: методом ручного формования и методом вакуумной инфузии. В общем случае суть методов заключается в том, что армирующее вещество (стеклопластик) выкладывается в оснастку и заливается смесью смолы и отвердителя, матрица впитывает в себя смесь и отвердевает, получая заданную форму, после чего из оснастки извлекается. Однако имеются различия. Ручное формование – наиболее простой способ получения изделий из композитных материалов, все операции: укладка армирующего слоя, заливка смолой и ее распределение по форме вали-

ком, выполняются вручную рабочим. Вакуумная инфузия – метод формования при помощи вакуума. Отличается от метода ручного формования тем, что после укладки материалов в форму, форма помещается в вакуумный мешок и герметизируется, после чего откачивается воздух. Смола подается в мешок под давлением и за счет него же распределяется. Данный метод является более «чистым» по сравнению с методом ручного формования.

На следующем этапе проводился сравнение двух готовых изделий по параметрам шероховатости и точности формы, таким образом, выявляется наиболее подходящий по заданным параметрам метод изготовления обтекателя из стеклопластика. Далее проводилась экономическая оценка каждого из методов и общей экономической эффективности. По результатам исследования были сделаны следующие выводы. Во-первых, наиболее подходящим методом изготовления обтекателя является метод вакуумной инфузии. Несмотря на то, что метод весьма дорогостоящий по сравнению с методом ручного формования, так как требует большого количества расходных материалов и более высокой квалификации рабочего, в целом будет достигаться желаемый экономический эффект. Во-вторых, стеклопластик позволит снизить общую массу самолета, что приведет к снижению расхода топлива. Или же станет возможным увеличение общей массы полезной нагрузки, что также приведет к улучшению экономических показателей. В-третьих, проанализировав изготовление обтекателя из стеклопластика становится очевидно, что ключевым фактором является оснастка. Как точность формы, так и качество поверхности в большей степени (около 90%) будут зависеть от качества оснастки. Остальные 10% приходится на точное выполнение технологического процесса и метода изготовления самой детали.

Детали из композитных материалов могут быть использованы не только в области малой и гражданской авиации, где больше всего применяются в настоящее время, но и в военной авиации при создании, например, беспилотных летательных аппаратов. В России авиационная промышленность только начинает возрождаться. Процент применения композитных материалов в конструкции самолетов пока не так высок, как за рубежом (около 50%), поэтому тема исследования является актуальной и перспективной.

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.В. Максаров

НИКОЛАЕВ А.А., ТАГИРОВ А.Ф.

Уфимский государственный технический университет

КОМПЛЕКСНАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ОБРАБОТКА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

NIKOLAYEV A. A., TAGIROV A. F.

Ufa State Technical University

COMPLEX SURFACE TREATMENT OF TITANIUM ALLOYS

Разрушение деталей в процессе эксплуатации в результате изнашивания поверхности - очень распространенное явление в различных промышленных системах. Многослойные покрытия часто используются в качестве эффективного метода модификации поверхности для увеличения срока службы деталей. Большое количество научных работ были направлены на создание сверхтвердых покрытий. В то время как по мере увеличения твердости пленки становятся все более хрупкими, что приводит к зарождению трещин и более раннему разрушению. Таким образом, одной только сверхтвердости недостаточно для обеспечения оптимальных эксплуатационных характеристик, особенно при эрозии, износе, резании и работе на усталость, где высокая деформация сопровождается ударными и знакопеременными нагрузками.

Комбинация методов поверхностной упрочняющей обработки, вероятно, позволит сформировать плавный градиент физико-механических свойств (модуль упругости, микротвердость) и остаточных напряжений в системе «покрытие-подложка», которые благоприятно сказываются на ресурсе эксплуатации деталей, работающих в тяжелых условиях.

На сегодняшний день исследования в области комплексной обработки титановых сплавов направлены на измельчение зеренной структуры в объеме материала для повышения прочностных характеристик и последующим осаждением покрытий для повышения эксплуатационных свойств, такая комбинация методов приводит к увеличению адгезионной прочности покрытия [1-3]. В качестве предварительной обработки на УМЗ сплавы перед нанесением покрытий применяется ионная имплантация [4,5], такая обработка позволяет увеличить величину остаточных напряжений сжатия, повысить адгезионную прочность покрытия и усталостные характеристики титановых сплавов. Ионная имплантация наводит дефекты в материале, приводящие к формированию сжимающих остаточных напряжений и повышению микротвердости.

Одним из распространенных методов пластической деформации, применяемых для создания градиентной структуры с измельчением зерна, повышения прочностных и усталостных характеристик, является поверхностная пластическая деформация (ППД) [6-13]. Такая обработка позволяет измельчить зеренную структуру на регламентированную глубину, сохранив пластичность материала в основе. Однако, как и любая обработка, приводящая к измельчению зеренной структуры, повышает диффузионную активность при нагреве, что приводит к неконтролируемому насыщению поверхности кислородом с последующем растрескиванием оксидной пленки, поэтому необходимо проводить последующую обработку для защиты поверхности [14].

Большое внимание исследователи уделяют методам повышения физико-механических и эксплуатационных свойств титановых сплавов, основанных на модификации поверхности концентрированными потоками энергии. Среди данных методов широко распространены ионное азотирование и вакуумно-дуговое нанесение покрытий. Ионное азотирование позволяет значительно повысить микротвердость и износостойкость поверхности [15-23]. Стандартная технология азотирования титановых сплавов подразумевает обработку при температурах 750-1100 °С и длительные выдержки более 12 часов, что неизбежно приводит к росту зерна, трансформации структуры и образованию альфированного слоя, что приводит к снижению усталостной прочности [24]. Авторами работы [25] было установлено, что обработка при низких температурах не приводит к росту зерна и улучшает усталостные характеристики, за счет отсутствия протяженного нитридного слоя TiN характеризующийся высоким модулем упругости ($E=320$ ГПа), который приводит к зарождению усталостных трещин и хрупкому разрушению материала. Упрочненный слой после низкотемпературного азотирования при температуре 550°С состоит из диффузионной зоны (зоны твердого раствора внедрения азота в титан), а при температуре 600°С из диффузионной зоны с тонким слоем нитрида Ti₂N, модуль упругости которого равен $E=136$ ГПа (модуль упругости необработанного Ti-6Al-4V $E=108$ ГПа). В работах [26,27] было показано, что низкотемпературное азотирование позволяет формировать напряжения сжатия, при этом повышение температуры обработки с 450 °С до 600 °С приводит к уменьшению величины сжимающих напряжений. В ряде работ [28-32] показано, что комбинация ППД и азотирования позволяет значительно повысить микротвердость и интенсифицировать диффузию азота, что позволяет получать диффузионные слои до 200 мкм, при низких температурах обработки ($T \leq 600^\circ\text{C}$) и небольших выдержках ($t \leq 6$ ч), также утверждается о повышении адгезионной прочности нитридного слоя в условиях скольжения.

Вакуумно-дуговое нанесение покрытий значительно увеличивает эксплуатационные свойства поверхности титановых сплавов [33-35]. Однако при нанесении покрытий формируются растягивающие остаточные напряжения. В работах [36-40] показано, что чередование нанослоев покрытия разного элементного и фазового состава, позволяет формировать градиент модуля упругости и получать покрытия со сжимающими напряжениями, что благоприятно сказывается на усталостных характеристиках. Несмотря на полученные положительные результаты многослойные и однослойные покрытия без предварительного модифицирования поверхностного слоя, неудовлетворительно работают в условиях ударных и циклических воздействий, что связано с разностью физико-механических свойств в системе покрытие-подложка.

Для повышения усталостных характеристик, сопротивлению ударных нагрузок и создания плавного градиента физико-механических свойств в системе покрытие-подложка рассматривается так называемая «дуплексная обработка» [41-47], которая заключается в ионном азотировании с последующим нанесением покрытий вакуумно-дуговым методом. Дуплексная обработка позволяет значительно повысить адгезионную прочность, коррозионную стойкость износостойкость, ударную прочность покрытия. Комбинация азотирования и нанесения покрытия обеспечивает повышения усталостных характеристик по сравнению с нанесением однослойного покрытия, функциональную градиацию твердости и модуля упругости, увеличивая сопротивление поверхностным деформациям, возникающим при приложении циклических напряжений.

Таким образом анализ работ, опубликованных за последнее десятилетие, показал, что различные методы модификации поверхности могут в значительной степени улучшить свойства титановых сплавов, в особенности при их комбинировании. Для внедрения и продвижения современных технологий, основанных на комплексном воздействии, необходимо глубокое понимание механизма комбинированной модификации поверхности. Исходя из этого исследования, направленные на разработку научно-технических основ формирования градиента физико-механических свойств в системе покрытие-подложка с применением комплексной обработки титановых сплавов являются актуальными и вызывают определенный интерес у научного сообщества.

Список литературы:

1. Патент РФ №2628524 С2, С23С 14/02, Оpubл. 21.08.2017
2. Патент РФ №2635989 С2, В21J 5/06, Оpubл. 17.11.2017
3. Semenova I. P. et al. Enhanced strength and scratch resistance of ultra-fine grained Ti64 alloy with (Ti+ V) N coating //Reviews on Advanced Materials Science. – 2017. – Т. 48. – №. 1. – С. 62-70.
4. Валиев Р. Р. и др. Микроструктура и поведение покрытий из TiN на лопатках ГТД, изготовленных из титанового УМЗ сплава ВТ-6 //Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2011. – Т. 15. – №. 4 (44).
5. Semenova I. P. et al. Enhanced Creep Resistance of an Ultrafine-Grained Ti–6Al–4V Alloy with Modified Surface by Ion Implantation and (Ti+ V) N Coating //Advanced Engineering Materials. – 2020. – С. 1901219.
6. Даниленко Н. И. и др. Создание градиентной структуры при поверхностной интенсивной пластической деформации //Технологические системы. – 2014. – №. 1. – С. 31-38.
7. Столяров В. В. Роль внешних воздействий в наноструктурных титановых сплавах //Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2012. – Т. 76. – №. 1. – С. 108-108.
8. Ежелев А.В., Бобровский И.Н., Лукьянов А.А. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6-3. – С. 642-646.
9. Борозна В. Ю. Влияние ультразвуковой поверхностной обработки на структуру и свойства титановых сплавов //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – Т. 3. – №. 12.
10. Jelliti S. et al. Effect of surface nanocrystallization on the corrosion behavior of Ti–6Al–4V titanium alloy //Surface and Coatings technology. – 2013. – Т. 224. – С. 82-87.
11. Tevlek A. et al. Effects of severe plastic deformation on pre-osteoblast cell behavior and proliferation on AISI 304 and Ti-6Al-4V metallic substrates //Surface and Coatings Technology. – 2019. – Т. 366. – С. 204-213.
12. Bagherifard S. Enhancing the Structural Performance of Lightweight Metals by Shot Peening //Advanced Engineering Materials. – 2019. – Т. 21. – №. 7. – С. 1801140.
13. Zhang L. C., Chen L. Y., Wang L. Surface Modification of Titanium and Titanium Alloys: Technologies, Developments and Future Interests //Advanced Engineering Materials.

14. Thomas M. et al. The effect of shot peening on the microstructure and properties of a near-alpha titanium alloy following high temperature exposure //Acta Materialia. – 2012. – Т. 60. – №. 13-14. – С. 5040-5048.
15. Qian J., Farokhzadeh K., Edrissy A. Ion nitriding of a near- β titanium alloy: Microstructure and mechanical properties //Surface and Coatings Technology. – 2014. – Т. 258. – С. 134-141.
16. Мамонов А. М. и др. Применение вакуумного ионно-плазменного азотирования для повышения износостойкости медицинских имплантатов //Титан. – 2010. – №. 2. – С. 23.
17. Вершинин Д. С., Смолякова М. Ю. Низкотемпературное азотирование титана в плазме несамостоятельного дугового разряда низкого давления //Физика и химия обработки материалов. – 2011. – №. 5. – С. 15-20.
18. Ossowski M. et al. Cathodic cage plasma nitriding of Ti6Al4V alloy //Materials Science. – 2016. – Т. 22. – №. 1. – С. 25-30.
19. Золотов И. В., Рамазанов К. Н. Влияние азотирования в тлеющем разряде с полым катодом на структуру и свойства поверхности титановых сплавов ВТ6 и ВТ3-1 //Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2016. – Т. 20. – №. 2 (72).
20. Белоус В. А., Носов Г. И., Клименко И. О. Упрочнение титановых сплавов ионно-плазменным азотированием //Вопросы атомной науки и техники. – 2017.
21. Nishimoto A., Nakazawa K. Active Screen Plasma Nitriding of Titanium Alloy Using Titanium Double Screen //Materials Science Forum. – Trans Tech Publications, 2017. – Т. 891. – С. 11-17.
22. Поболь И. Л. и др. Исследование формирования упрочненных слоев на титановых сплавах методом ионно-плазменного азотирования //Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2019. – Т. 64. – №. 1. – С. 25-34.
23. Morgiel J. et al. TEM studies of low temperature cathode-plasma nitrided Ti6Al7Nb alloy //Surface and Coatings Technology. – 2019. – Т. 359. – С. 183-189.
24. Farokhzadeh K., Edrissy A. Fatigue improvement in low temperature plasma nitrided Ti-6Al-4V alloy //Materials Science and Engineering: A. – 2015. – Т. 620. – С. 435-444.
25. Kikuchi S., Yoshida S., Ueno A. Improvement of fatigue properties of Ti-6Al-4V alloy under four-point bending by low temperature nitriding //International Journal of Fatigue. – 2019. – Т. 120. – С. 134-140.
26. Агзамов Р. Д., Тагиров А. Ф., Николаев А. А. Исследование влияния режимов низкотемпературного ионного азотирования на структуру и свойства титанового сплава ВТ6 //Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2017. – Т. 21. – №. 4 (78).
27. Agzamov R. D. et al. Effect of low-temperature ion nitriding on microhardness, roughness and residual stresses in the surface layer of Ti-6Al-4V //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2019. – Т. 1393. – №. 1. – С. 012066.
28. Farokhzadeh K., Qian J., Edrissy A. Effect of SPD surface layer on plasma nitriding of Ti-6Al-4V alloy //Materials Science and Engineering: A. – 2014. – Т. 589. – С. 199-208.
29. Yao Q. et al. Enhanced toughness of nitrided layers formed on Ti-6Al-4V alloy via surface mechanical attrition pre-treatment //Vacuum. – 2017. – Т. 142. – С. 45-51.
30. Unal O., Maleki E., Varol R. Effect of severe shot peening and ultra-low temperature plasma nitriding on Ti-6Al-4V alloy //Vacuum. – 2018. – Т. 150. – С. 69-78.
31. Yao Q. et al. Influence of Ultrafine-Grained Layer on Gaseous Nitriding of Large-Sized Titanium Plate //Advanced Engineering Materials. – 2018. – Т. 20. – №. 1. – С. 1700455.
32. Takesue S. et al. Effect of pre-treatment with fine particle peening on surface properties and wear resistance of gas blow induction heating nitrided titanium alloy //Surface and Coatings Technology. – 2019. – Т. 359. – С. 476-484.
33. Martini C., Ceschini L. A comparative study of the tribological behaviour of PVD coatings on the Ti-6Al-4V alloy //Tribology International. – 2011. – Т. 44. – №. 3. – С. 297-308.
34. Oliveira V. et al. Improving corrosion resistance of Ti-6Al-4V alloy through plasma-assisted PVD deposited nitride coatings //Corrosion science. – 2014. – Т. 88. – С. 317-327.

35. Uddin G. M. et al. Experimental investigation of tribo-mechanical and chemical properties of TiN PVD coating on titanium substrate for biomedical implants manufacturing //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2019. – Т. 102. – №. 5-8. – С. 1391-1404.
36. Мубояджян С. А. и др. Исследование свойств нанослойных эрозионностойких покрытий на основе карбидов и нитридов металлов //Металлы. – 2011. – №. 4. – С. 91-101.
37. Ali R., Sebastiani M., Bemporad E. Influence of Ti–TiN multilayer PVD-coatings design on residual stresses and adhesion //Materials & Design. – 2015. – Т. 75. – С. 47-56.
38. Selivanov K. S. et al. Erosive wear behavior of Ti/Ti (V, Zr) N multilayered PVD coatings for Ti-6Al-4V alloy //Wear. – 2019. – Т. 418. – С. 160-166.
39. Shuai J. et al. Comparative study on crack resistance of TiAlN monolithic and Ti/TiAlN multilayer coatings //Ceramics International. – 2020. – Т. 46. – №. 5. – С. 6672-6681.
40. Rubshtein A. P. et al. Structure, wear and corrosion behaviours of Cr–Al–C and multilayer [Cr–Al–C/aC] n coatings fabricated by physical vapour deposition and plasma-assisted chemical vapour deposition techniques //Surface and Coatings Technology. – 2019. – Т. 377. – С. 124912.
41. Cassar G. et al. Evaluating the effects of plasma diffusion processing and duplex diffusion/PVD-coating on the fatigue performance of Ti–6Al–4V alloy //International journal of fatigue. – 2011. – Т. 33. – №. 9. – С. 1313-1323.
42. Cassar G. et al. Impact wear resistance of plasma diffusion treated and duplex treated/PVD-coated Ti–6Al–4V alloy //Surface and Coatings Technology. – 2012. – Т. 206. – №. 10. – С. 2645-2654.
43. Oliveira V. et al. Improving corrosion resistance of Ti–6Al–4V alloy through plasma-assisted PVD deposited nitride coatings //Corrosion science. – 2014. – Т. 88. – С. 317-327.
44. Scerri A. et al. Corrosion behaviour of triode plasma diffusion treated and PVD TiN-coated Ti–6Al–4V in acidified aqueous chloride environments //Surface and Coatings Technology. – 2015. – Т. 280. – С. 185-193.
45. Marin E. et al. Diffusive thermal treatments combined with PVD coatings for tribological protection of titanium alloys //Materials & Design. – 2016. – Т. 89. – С. 314-322.
46. Niu R. et al. Structure and high temperature tribological behavior of TiAlN/nitride duplex treated coatings on Ti6Al4V //Surface and Coatings Technology. – 2017. – Т. 309. – С. 232-241.
47. Dong M. et al. Structure and tribocorrosion properties of duplex treatment coatings of TiSiCN/nitride on Ti6Al4V alloy //Ceramics International. – 2019. – Т. 45. – №. 9. – С. 12461-12468.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Р.Д. Агзамов

НОВИКОВА С.К.

Уфимский государственный авиационный технический университет

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТА СО СПЕЦИАЛЬНЫМ
ПОКРЫТИЕМ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

NOVIKOVA S.K.

Ufa State Aviation Technical University

**DETERMINATION OF THE CUTTING PROPERTIES OF A TOOL WITH A SPECIAL
COATING BY THE METHOD OF COMPUTER SIMULATION**

В условиях современного автоматизированного производства проблема повышения износостойкости инструмента и управления этой характеристикой приобретает исключительное значение, так как износостойкость в итоге определяет и производительность операций механической обработки.

В настоящее время не существует достаточного количества методов по эффективному использованию режущих инструментов в производственных условиях, хотя любому современному предприятию эти методы просто необходимы. Выходом из сложившейся ситуации видится разработка комплексных методик с использованием компьютерных систем, на основе научного подхода, которые обобщают известные теоретические наработки и с минимальными затратами времени позволяют добиться хороших результатов благодаря использованию механизмов прогнозирования и компьютерного анализа.

Применение оптимальной марки инструментального материала всегда являлось одной из важных задач обработки металлов резанием. Известно, что при обработке жаропрочных сплавов за счет замены одной марки инструментального материала на другую удавалось повысить стойкость инструмента до 10 раз, при одновременном повышении уровня оптимальных скоростей резания. Следовательно, только применением оптимальных марок инструментальных материалов можно в значительной степени повысить производительность и снизить себестоимость обработки.

Несмотря на значительное количество опубликованных работ, разработанных нормативов на механическую обработку жаропрочных материалов (НИАТ, ЦНИИТМАШ и др.), производители оказываются в затруднительном положении при появлении новых инструментальных и обрабатываемых материалов. Отсутствие научно обоснованных рекомендаций по выбору инструментального материала и режимов резания новых жаропрочных материалов резко затягивает сроки их освоения. Очевидно, для сокращения этих сроков необходимы новые, более совершенные методы решения подобных задач.

В настоящее время наиболее распространенным способом выбора рациональной марки инструментального материала является использование рекомендаций, опубликованных в отечественной и зарубежной литературе. но имеющиеся рекомендации не всегда отвечают всевозрастающим требованиям производства. Именно поэтому часто для решения конкретных технологических задач необходимо проводить дополнительные экспериментальные исследования.

Повышение работоспособности режущего инструмента можно обеспечить благодаря улучшению свойств поверхностного слоя инструментального материала, при котором рабочая поверхность инструмента наиболее эффективно сопротивляется характерным видам износа. Подобный материал должен обладать значительным запасом прочности при изгибе, сжатии и выдерживать ударные нагрузки. Одной из наиболее важной проблемой долговечности инструмента является, что после деформации инструмента его отправляют на заточку, перед тем, как заточить, снимают слой покрытия. Это ведет к снижению срока службы инструмента. Решение данной проблемы: вторичное покрытие.

Совершенствование технологии нанесения покрытий для режущего инструмента, разработка новых модификаций защитных покрытий позволяют существенно повышать работоспособность инструмента и расширять область его эффективного применения. По ряду

требований, защитное покрытие, в конечном счёте, должно соответствовать высокой степени износостойкости. Следовательно, оно должно быть термически стойким и прочно сцепляться с телом инструмента. Покрытие выбирается с учётом типа обрабатываемого материала и технологии использования конкретного инструмента.

В настоящее время не существует достаточного количества методов по эффективному использованию режущих инструментов в производственных условиях, хотя любому современному предприятию эти методы просто необходимы. Выходом из сложившейся ситуации видится разработка комплексных методик с использованием компьютерных систем, на основе научного подхода, которые обобщают известные теоретические наработки и с минимальными затратами времени позволяют добиться хороших результатов благодаря использованию механизмов прогнозирования и компьютерного анализа. Применительно к напряжённому состоянию деталей и режущих инструментов эти методы могут дать предварительную оценку режущих свойств инструмента, спрогнозировать возможную деформацию детали, выбрать наилучший инструмент для обработки конкретной детали, предложить рекомендации по назначению режимов резания, до того, как деталь будет изготовлена или отправлена в производство. Компьютерные модели намного проще и удобнее анализировать в силу их возможности проводить вычислительные эксперименты, которые по сравнению с реальным экспериментом требуют меньших финансовых затрат и времени.

Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяют выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемого объекта-оригинала, в частности исследовать реакцию моделируемой системы на изменения ее параметров и начальных условий.

Для разработки процесса моделирования и проверки адекватности использовали рекомендуемые режимы резания, определенные в процессе проведения литературного обзора точения жаропрочного сплава на никелевой основе ХН73МБТЮ резцом из материала ВК8. Ключевую роль в данной работе занимает режущий инструмент с покрытием. В качестве износостойкого покрытия был выбран нитрид титана TiN толщиной 2 микрона. Данное моделирование проводилось в ПО *Deform*.

В ходе проведения исследования были получены результаты проведения симуляции процессов резания заготовок из сплава ХН73МБТЮ пластинами ВК6 на скоростях 20,25,30 м/мин и аналогичные процессы с использованием пластин ВК6 с износостойким покрытием TiN .

Компьютерное моделирование дало картину распределения износа инструмента по задней поверхности, которое позволяет проследить рост величины износа с увеличением скорости резания. На основе полученных данных и приведённых выше графиков можно проследить то, что износ инструмента с покрытием ниже, чем износ инструмента без него. Натурные эксперименты находятся на стадии планирования, поэтому на данный момент проверить сходимость полученных результатов не представляется возможным.

На сегодняшний день актуальной задачей видится прогнозирование режущих свойств инструментальных материалов и покрытий. Одним из методов, позволяющих на стадии технологической подготовки производства спрогнозировать процесс резания без проведения дорогостоящих экспериментов, а так же дающих возможность назначить режимы резания для определенного сочетания обрабатываемого и инструментального материалов, тем самым сократив время технологической подготовки, является метод компьютерного моделирования.

Научный руководитель: к.т.н, доцент С.Х.Хадиуллин

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРНОПРОХОДЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

ANALYSIS OF THE FEATURES OF MINING AGGREGATES

В работе рассматриваются особенности механизмы проходческих систем. Произведен анализ конструкции проходческих агрегатов, приведены их преимущества и недостатки. по сравнению с новых видов – геоходом.

Государственный горный надзор в течение многих годов осуществляет на объектах добычи, переработки минерального сырья и объектах подземного строительства.

Каждый год на угольных шахтах Федерации России около 6000 км проводится подготовительных выработок, также сооружается около 30 различных горных выработок.

В последнее время на опасных производственных объектах горной отрасли число случаев смертельного и группового травматизма сократилось и является минимальным за последние 15 лет на объектах ведения горных работ, но при этом количество аварий увеличилось [1].

Динамика объемов добычи горной массы, случаев аварийности и смертельного травматизма постоянно изменяется как показано на рисунке 1 по данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

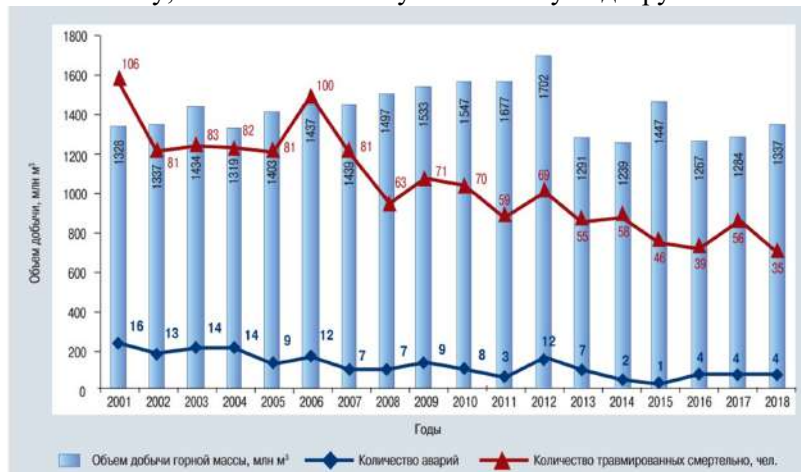


Рисунок 1 – Динамика изменения объемов добычи горной массы (по данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору)

Из динамики изменения объемов добычи горной массы видно, что за последние годы увеличивается объем добычи горной массы. Подготовительные горные выработки выполняются различными горными машинами путём разрушения горной массы.

Все подготовительных горных выработок можно разделить на две группы: основные производственные процессы и вспомогательные производственные процессы.

Для проведения подготовительных выработок используются различные горные машины и механизмы. Средства механизации и автоматизации горных выработок можно разделить на две группы: для основных проходческих операций и для вспомогательных проходческих операций. Одним из основных таких проходческих систем является комбайны. Комбайны относительно сложные механизмы и предназначены для разраствения горных пород. Они бывают разного типа (рис.2).



Рисунок 2 – Прходческие комбайны

Комбайны первого типа применяют при проведении выработок любой формы, кроме круглой. Преимущества таких комбайнов считается относительная простота конструкции, возможность селективной выемки, способность проведения выработок различного сечения.

К недостаткам следует отнести неуравновешенность исполнительных органов в продольном и поперечном направлениях, неравномерность усилий подачи в крайних положениях орган, относительно низкую производительность по сравнению с комбайнами бурового действия.

Прходческие щиты являются подвижными сборными металлическими конструкции. Они обеспечивают безопасность работ при проведении проходческих операции. С развитием горной техники щиты в последние время считаются высокотехнологичные механизированные комплексы и имеют значительные конструктивные изменения.

По результатам проведенного ряд исследования [4,5,6,7] был предложен новый тип горнопроходческий агрегат – геоход, который значительно имеет больше преимущества по сравнению с традиционными типами. Геоход – машина, которая может перемещаться в геосреде. В отличие, от известной техники, в частности, проходческих щитов и комбайнов, которые широко используются при проходке тоннелей и строительстве метро, имеет совершенно иной принцип действия. Сами щиты и комбайны не используют геосреду для создания напорного усилия на породу как разрушающий модуль. Геоход руководствуется данным принципом за счёт того, что создаются дополнительные винтовые и продольные каналы. Именно усилие, создаваемое винтовыми движителями, специально установленными на него, как раз и может передаваться на породу. Существующая в настоящее время горнопроходческая техника не задействует геосреду в процессе работы. Поэтому она работает на небольших углах наклона и не может перемещаться в любом направлении подземного пространства, им также недоступны и отклонения от прямолинейного движения.

Список литературы:

1. Официальный сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) [Электронный курс] URL: <http://www.gosnadzor.ru/> (Дата обращения: 24.11.2020).
2. Тоннели и метрополитены. Учебник для вузов. В.Т. Храпов, Е.А. Демешко, С.Н. Наумов/Под ред. В.Г. Храпова. – М.: Транспорт, 1989. – 383 с.
3. Филиппов И.И. Тоннели, сооружаемые щитовым и специальными способами: Учеб. пос. М.: РГОТУПС, 2004. – 212 с.
4. Геоходы– основа создания нового геотехнологического инструментария для формирования подземного пространства и подземной робототехники / В.В. Аксенов [и др.] // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: Сборник трудов V Международной научно-практической конференции. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2016. – С. 212-223.
5. Опыт участия в проекте по организации высокотехнологичного производства / В.В. Аксенов [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 8 (126). – С. 8-15.

6. Вальтер А.В. Факторы, обуславливающие погрешности поверхностей вращения крупногабаритных корпусов геолода / А.В. Вальтер // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 8 (126). – С. 19-25.

7. Опыт участия Юргинского технологического института (филиала) НИ ТПУ в проекте по организации высокотехнологичного производства (ППРФ №218) / В.В. Аксенов [и др.] // Технологии и материалы. – 2016. – № 2. – С. 10-17.

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.Б. Ефременков

РАТУШНЫЙ Н.Г.

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

ВЫБОР ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА С РАЗЛИЧНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ

RATUSHIY N.G.

Shukhov Belgorod State technological university

SELECTION OF A PROPOSAL FOR MODERNISATION OF A MINE EXCAVATOR WITH DIFFERENT BEARING RATIO

Карьерные экскаваторы с различной грузоподъемностью являются основным добычным оборудованием на золотодобывающих карьерах, на карьерах по добыче железной руды и цветных металлов, на карьерах по добыче нерудных полезных ископаемых, а также угольных разрезах всего мира.

Анализ их эксплуатации позволил выявить и выделить в общий недостаток - повышенный износ гусеничного трака при большом коэффициенте использования экскаваторов. Поэтому модернизация конструкции гусеничного трака с целью увеличения его срока службы и ремонтпригодности является актуальной задачей.

Для выбора прототипа для проведения модернизации проведено патентное исследование в отделе интеллектуальной собственности БГТУ им. В.Г. Шухова, в Белгородской Государственной Библиотеке, а также в интернете на сайте Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (www.fips.ru). В результате отобраны три патента: RU2574486, US6929335, RU2646712, соответствующие единой цели изобретения.

В результате визуального анализа рассмотренных изобретений предлагается выбрать прототип для проведения модернизации конструкцию трака по патенту RU2646712.

Проверку правильности нашего предположения проведем с помощью моделирования в автоматизированной системе «Solid Works» – статический анализ, позволяющий определить распределение напряжения, перемещения, коэффициента запаса прочности и увидеть графическое изображение эпюры деформаций.

Так предлагается заменить существующий трак гусеницы экскаватора на трак по патенту RU2646712.

Исследованиям подвергли конструкцию гусеничного трака экскаватора P&H 4100-ХРС, изготовленного из стали для отливок J91109 с твердостью 180-220 НВ ($\sigma_b=650$ МПа, $\sigma_r=350$ МПа) и предложенную конструкции гусеничного трака по патенту RU2646712, изготовленного из высоколегированной стали 110Г13Л с твердостью 180-220 НВ ($\sigma_b=650$ МПа, $\sigma_r=350$ МПа) и накладкой, изготовленной из легированной стали для отливок 35ХГСЛ с твердостью 494 НВ ($\sigma_b=780$ МПа, $\sigma_r=550$ МПа).

В начале работы по имеющимся чертежам на гусеничный трак построили 3D-модели.

Далее, посредством интегрированного приложения «SolidWorks simulation» выполнили статический анализ гусеничного трака, находящегося в нижней ветви гусеницы экскаватора P&H 4100-ХРС и контактирующего по нижнему основанию с ровной поверхностью

грунта, а по поверхности беговой дорожки с поддерживающим катком гусеничного оборудования.

Анализ исследований компьютерного моделирования показал, что трак по патенту US6929335 испытывает максимальное напряжения 26МПа, в то время как трак по патенту RU2646712 испытывает максимальное напряжения 9МПа, что говорит о лучшем распределении нагрузки по всей конструкции трака в патенте RU2646712. Соответственно максимальное значение перемещения каждой точки системы трака по патенту RU2646712 в 2 раза меньше чем по патенту US6929335, что говорит о меньшей деформации нагружаемой части трака. Графическое изображения эпюры деформации говорит о том, что трак по патенту US6929335 имеет повышенный износ по сравнению с износом накладки трака по патенту RU2646712. Надежность работы трака также определяется по минимальному значению распределения коэффициента запаса прочности. Чем выше это значение, тем надежность работы трака выше. Исследования показали, что минимальное значение распределения коэффициента запаса прочности по патенту RU2646712 составляет 35, в то время как по патенту US6929335 составляет 13, что 2,7 раза меньше.

Полученные результаты компьютерного моделирования подтверждают правильность выбора конструкции трака по патенту RU2646712 как прототипа для проведения модернизации.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.Г. Дмитриенко

РУДСКИХ И.В.

Санкт-Петербургский горный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ANSYS ДЛЯ АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИЙ ПРОЕКТИРУЕМЫХ СЕКЦИЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

RUDSKIKH I.V.

St. Petersburg Mining University

USING ANSYS FOR STRUCTURAL ANALYSIS PROJECTED SECTIONS OF POWERED ROOF SUPPORTS

Использование вычислительной техники изменило подход к конструированию и проектированию машин и механизмов. Использование современных САД комплексов ускорило процессы исследования машиностроительных конструкций.

Использование данных комплексов дает возможность проводить исследование различных характеристик без использования экспериментальных образцов для извлечения параметров исследуемого объекта, а так же их дорогостоящего изготовления

В качестве объекта исследования принята секция механизированной крепи с телескопическим перекрытием и основанием [1].

Секция состоит из перекрытия, козырька, забойного перекрытия, призабойного портала, гидростоек, ограждающего щита, посадочного основания, забойного основания, портала основания, забойного портала основания, направляющей балки, забойного конвейера, забойного гидродомкрата основания, шарниров забойного гидродомкрата, гидродомкратов посадочного основания, гидродомкратов перекрытий.

Адаптивность [2] позволит согласовать степень изменения кинематических параметров с силовыми и прочностными характеристиками крепи, для лучшего управления горным давлением.

Стоит отметить что направление совершенствования адаптационных свойств в начале своего развития, однако для построения сравнительных характеристик СМК в изменчивых ГГУ необходимы исследования в различных средах конечного-элементного моделирования

Анализ СМК состоит в следующем:

- Построение существующих вариантов развития адаптивных СМК таких как:
- Секция механизированной крепи с направляющей и опорной балками [3];
- Секция механизированной крепи с телескопическим основанием и перекрытием [4];
- Секция гидрофицированной крепи с телескопическим перекрытием [1].
- Задача рабочих нагрузок
- Сбор данных построение сравнительных характеристик разных вариантов исполнения СМК

Список литературы:

1. Патент РФ – № МПК E12D 23/04. Секция механизированной крепи с телескопическим перекрытием и основанием / Габов В. В.; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» ; Заяв. 27.09.2017; Клишин В.И.
2. Адаптация механизированных крепей к условиям динамического нагружения. – Новосибирск: Наука, 2002. 200 с.
3. Патент РФ – № 169381 МПК E12D 23/04, E12D 23/06. Секция механизированной крепи с направляющей и опорной балками/ Габов В. В.; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» - №2016142172; Заяв. 26.10.2016; Оpubл. 16.03.2017, Бюл. № 8.
4. Патент РФ – № 176896 МПК E12D 23/04, E12D 23/06. Секция механизированной крепи с телескопическим основанием и перекрытием/ Габов В. В., Морозов В.А., Стебнев А.В.; федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» - №2017133717; Заяв. 27.11.2017; Оpubл. 01.02.2018, Бюл. № 4

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.В. Габов

САЛПАГАРОВ Э.М.

Санкт-Петербургский горный университет

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ МАРКИРОВКИ В
ГОРНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ**

SALPAGAROV E.M.

St. Petersburg Mining University

**THE PERSPECTIVES OF USING LASER MARKING IN MINING
ENGINEERING**

На сегодняшний день маркировка деталей является одним из наиболее значимых процессов на производстве, так она позволяет контролировать объем выпускаемой продукции и следить за ее качеством. Маркировка изделия не должна влиять на работоспособность и эксплуатационные свойства маркируемого изделия.

В наши дни существует большое количество маркировки: ударно-механическая, электрохимическая маркировка, окрашивание, приклеивание этикеток, маркировка лазером и т.д.

Лазерная маркировка — развивающееся и очень перспективное технологическое направление. Для высокой эффективности и возможности внедрения лазерной маркировки в различные отрасли требуются полные и достоверные данные об изменении свойств и структуры маркируемых материалов[1].

Маркировка происходит за счет воздействия лазерного луча на изделие, за счет которого происходит нагрев с возможным оплавлением или частичным испарением материала. Из-за этого на участке воздействия лазерного луча появляется отпечаток. Из чего следует, что перемещая луч по поверхности изделия, можно получить видимое изображение [2].

Перспективными областями для использования лазерной маркировки можно считать нефтегазовую и горнодобывающую промышленности. Объектами обязательными для маркировки могут являться прямые участки трубопровода, баки для хранения нефтепродуктов или механизмы добывающего и транспортировочного оборудования. Данное оборудование работает в условиях повышенных давлений, температур и в агрессивных средах, из чего следует, что маркированная поверхность не должна отличаться по свойствам от основного материала.

В работе [3] проводились исследования о влиянии лазерной маркировки на свойства стали. По данным исследования можно сказать, что лазерная обработка изменяет структуру обработанной поверхности, что приводит к понижению коррозионной стойкости, что повышает шанс образования центров коррозии. Важно заметить, что стойкость лазерной маркировки к воздействию различных агрессивных сред определяется не только химическим составом реактивов, но и химическим составом стали. Так для использования лазерной маркировки рекомендуется продолжать исследования для поиска оптимальных режимов маркировки, без значимых изменений структуры обработанной поверхности.

В ходе исследования металлических конструкционных сплавов было установлено, что устойчивое считывание кодов на латуни наблюдается до 200°C, далее наблюдается изменение цвета фона и потемнение между элементами кода. На нержавеющей стали устойчивое считывание кода возможно до 400°C, при дальнейшем нагреве фон сливается с линиями кода из-за чего считывание становится невозможным. Считывание кода с поверхность алюминия надёжно вплоть до температуры плавления. Оценка химической устойчивости нанесённых кодов показала их высокую устойчивость к слабым растворам кислот и щелочей на алюминии и стали, в то время как на латуни происходит быстрая деградация кода уже при pH=9.7 с изменением цвета фона, в кислой среде при pH= 1.0 происходит изменение цвета элементов кода.

Главным преимуществом маркировки изделий является то, что она позволяет контролировать жизненный цикл изделий, получать данные по их количеству. При наличии всех необходимых данных полностью исключаются ошибки на этапе закупки, что приводит к оптимизации затрат и экономии средств. Так же нанесение на поверхность логотипа предприятия и создание на его поверхности лицевой карты изделия позволяют обеспечить защиту маркируемой продукции от подделок и одновременно хранить определенный объем технической информации, необходимой для обеспечения его надежной и долгосрочной эксплуатации, непосредственно на самом изделии. Нанесенная информация на поверхность изделия будет храниться без изменения на протяжении всего срока эксплуатации, а в случае аварийного разрушения позволят экспертам составить наиболее точное заключение о причине разрушения изделия.

К основным недостаткам можно отнести влияние сильнодействующих очищающих щелочных растворов на обработанную зону, которые провоцируют рост питтинг-коррозии в местах начала лазерного воздействия. Основной причиной образования питтинг-коррозии служат ионы хлора Cl⁻ содержащиеся в растворах. Поэтому не рекомендуется использовать хлорсодержащие моющие средства на промышленных изделиях из нержавеющей стали [3].

Список литературы:

1. Сивенков А. В., Коновалов К. И., Зверькова Е. И. Влияние лазерной маркировки на изменение структуры и свойств стали аустенитного класса // International Scientific Review. 2016 № 11(21)

1. Ганзуленко О.Ю., Ларионова Е.В., Петкова А.П. Технология лазерной маркировки серийных изделий из металлических и полимерных материалов в целях их учета и идентификации // Металлообработка. 2014. №1 (79).

2. Кончус Д.А., Сивенков А.В., Михайлов А.В., Пряхин Е.И. Влияние лазерной маркировки на коррозионную стойкость нержавеющей стали // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2020. №1.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.В. Сивенков

СЕВАГИН С.В.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ С
ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ШТОКОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ
ГОРНЫХ МАШИН**

SEVAGIN S.V.

National University of Science and Technology "MISIS"

**RESEARCH OF EFFECTIVE METHODS OF FINISHING TREATMENT WITH THE
PURPOSE OF INCREASING WEAR RESISTANCE OF RODS OF HYDRAULIC
CYLINDERS OF MINING MACHINES**

В горных машинах достаточно широко применяются объемные гидроприводы поступательного движения, в частности, поршневые гидроцилиндры, выходным и наиболее нагруженным звеном которых является шток. Одной из важнейших и актуальных задач, стоящих перед горным машиностроением, является производство штоков с высокими эксплуатационными свойствами, что определяет необходимость усовершенствования технологии их изготовления.

Для повышения износостойкости рабочих поверхностей штоков традиционно применяют поверхностную закалку с последующим хромированием. При этом параметры точности исполнительных поверхностей достигаются в процессе круглого шлифования, проводимого перед осаждением покрытий, а требуемую шероховатость поверхности в базовом варианте технологии изготовления получают, как правило, отделкой полированием после хромирования.

Известно, что в вопросах обеспечения высокой износостойкости детали определяющее значение имеют как физико-механические свойства материала поверхностного слоя, так и геометрическая точность, шероховатость и микрорельеф рабочей поверхности, формируемые отделочной обработкой.

Исследование геометрической точности цилиндрических образцов из стали 40Х после осаждения покрытия показало, что в ряде случаев хромирование приводит к появлению недопустимой погрешности формы в виде овальности. При этом полученный допуск формы оказывается практически равным допуску на размер, что недопустимо для штоков, точность поверхностей которых соответствует IT7-IT8. Традиционной обработкой полированием устранить формируемую погрешность не представляется возможным. В связи с этим отделочную обработку хромированных образцов выполняли в одном случае твердым точением резцами, оснащенными неперетачиваемыми пластинами из кубического нитрида бора, в другом – алмазным выглаживанием. Так, в результате обработки точением, были обеспечены требуемые параметры геометрической точности цилиндрических образцов, при этом шероховатость Ra обработанных поверхностей варьировалась в пределах 0,32...0,26 мкм. При алмазном выглаживании, выполненном сразу после хромирования, шероховатость поверхностей Ra составила 0,4...0,32 мкм, наряду с формированием регулярного микропрофиля, при степени упрочнения поверхностного слоя, равной 20–26%.

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.У. Мнацаканян

**КОНТРОЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ ПО ПАРАМЕТРАМ
ПРЕДЕЛЬНОЙ КРИВОЙ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ**

SOKOLOV R.A.
IUT

**CONTROL OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL ACCORDING TO
THE PARAMETERS OF THE LIMITING MAGNETIZATION CURVE**

Как известно свойства объектов в твердом конденсированном состоянии во многом определяются их кристаллической структурой, химическим составом и наличием дефектов всех видов. Влияние неоднородностей (по величине, распределению и т.д.) данных параметров приводит к проявлению отклонения требуемых от объекта свойств в локальной области, что существенно сказывается на его надежности и сроке эксплуатации. Одними из основных свойств к которым должны быть предъявлены жёсткие требования являются механические свойства материала, определяющие срок его эксплуатации. Эти свойство необходимо контролировать для обеспечения безопасной и бесперебойной работы оборудования, работающего на опасных производственных объектах. Эксплуатация оборудования, изготовленного из конструкционных сталей на опасных производственных объектах в большинстве случаев происходит при постоянных внешних нагрузках имеющих многосоставную природу, которые приводят к интенсификации процессов разрушения материала.

В работе рассматривается возможность использования гармонически составляющих временного сигнала поученного при обработке максимальной кривой перемагничивания на термообработанных образцах, изготовленных из стали 09Г2С для контроля предела прочности и твердости. Данная связь может быть использована для разработки неразрушающего метода контроля механических свойств стали.

Образцы, на которых проводились исследования, были изготовлены из листового проката. Размеры образцов, участвующих в лабораторных исследованиях: 4,0 x 70,0 x 25,0 мм.

Образцы были термообработаны для получения различной структуры и фазового состава. Образцы были выдержаны при температуре 930 ± 20 °С в течении 15 минут, а затем подвергнуты закалке с охлаждением в воде. Закаленные образцы были отпущены в течении 1 часа с охлаждением на воздухе при температурах: 200, 350, 500, 650 °С.

Структура исследуемой стали была изучена при помощи растрового электронного микроскопа JEOL 6008A и оптического микроскопа Olympus GX53 при тысячекратном увеличении. Для выявления микроструктуры образцы были обработаны 3%-ым раствором азотной кислоты.

Определение химического состава исследуемых образцов производилось с помощью рентгенофлуорисцентного химического анализатора производства OXFORD INSTRUMENTS X – MET 5100.

Установлено, что для амплитуды тринадцатой гармоники конструкционной стали 09Г2С и твердости, и предела прочности наблюдаются удовлетворительные зависимости, подчиняющиеся полиному второй степени, что отражено на рисунках 1 и 2. Данные зависимости имеют схожий характер изменения и могут быть использованы для предсказания твердости и предела прочности. Замечено, что близкое расположение некоторых значений в общей регрессионной кривой для температур 200 и 350 С могут быть связаны с процессами уменьшения искажений в кристаллические решетки стали., что, возможно, связано с процессами распада мартенситных зерен и началом коагуляции и сфероидизации частиц цементита, которые существенным образом сказываются на механических свойствах стали.

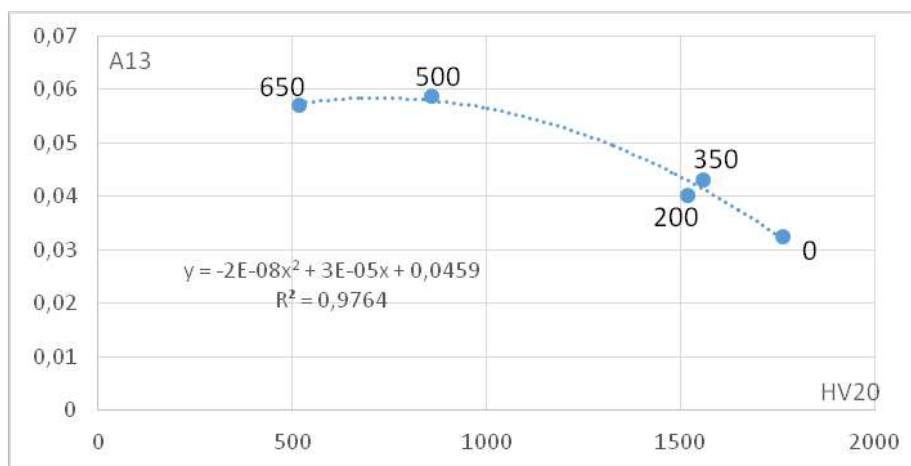


Рисунок 1 – Зависимость амплитудного значения тринадцатой гармоники от твердости определенной по Виккерсу

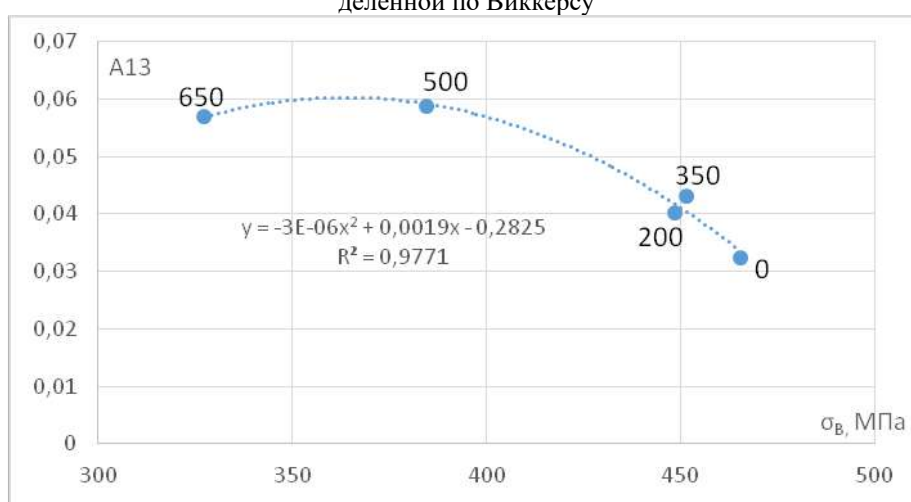


Рисунок 2 – Зависимость амплитудного значения тринадцатой гармоники от предела прочности

Полученные данные показывают, что для твердости и предела прочности конструкционной стали 09Г2С и амплитуды тринадцатой гармоники наблюдается удовлетворительная корреляция.

Изучение структуры исследуемых образцов показали, что совпадение точек в общей зависимости происходит при различных температурах 200 С и 350 С, что скорее всего связано с протекающими при данных температурах процессов превращений и с процессами уменьшения искажений в кристаллические решетки стали при термической обработки.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор В.Ф. Новиков

**ОТЛИЧИЯ ОБЩЕПРИНЯТОГО И АЛЬТЕРНАТИВНОГО МЕТОДОВ РАСЧЁТА
ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ И ПРИПУСКОВ
ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

SOROKOPUD N.I.
St. Petersburg Mining University

**DIFFERENCES BETWEEN GENERALLY ACCEPTED METHOD FOR CALCULATING
INTERMEDIATE DIAMETER DIMENSIONS AND ALLOWANCES OF
AXISYMMETRIC ITEMS AND ITS ALTERNATIVE VERSION**

При изготовлении какой-либо продукции в обязательном порядке должно обеспечиваться требуемое качество этой продукции. Технологическое обеспечение качественных показателей начинается уже на этапе проектирования изделия. Понятие качества во многом относится непосредственно к понятию точности выполнения изделий. В условиях автоматизированного производства для достижения требуемой точности обработки чаще всего используется метод автоматического получения размеров на настроенном оборудовании. Так как технологический процесс изготовления изделия, позволяющий реализовать данный метод, подразумевает наличие большого количества различных операций, все размеры и припуски на обработку поверхностей должны быть рассчитаны заранее на стадии проектирования технологического процесса. После отказа от применения опытно-статистического метода вследствие неэффективной траты материала при его использовании, для выполнения поставленных задач используется расчётно-аналитический метод, разработанный профессором В.М. Кованом и созданный на его основе альтернативный расчётный метод.

Метод проф. В.М. Кована, который считается общепринятым методом, использует для расчёта минимального припуска сумму шероховатости и глубины дефектного слоя, которые были получены на предшествующих рассматриваемому технологических переходах, и векторной суммы погрешности установки заготовки на действующем переходе и погрешности формообразования, полученной на предшествующем переходе. Все перечисленные элементы являются табличными значениями. Величину минимального припуска для вала можно рассчитать через половину разности минимального диаметра предыдущей и минимального диаметра рассматриваемой ступеней. Однако при рассмотрении общепринятого метода с точки зрения теории размерных цепей возникает ряд противоречий. При визуализации данного метода можно увидеть наличие припуска, меньшего по величине, чем минимальный припуск, и большего, чем максимальный. Помимо прочего, в величину минимального припуска, рассчитанную по общепринятому методу, входит половина допуска на размер (поскольку речь идёт о изделии типа «вал», рассматривается только половина допуска), хотя в формуле расчёта величина допуска не присутствует. Как следствие этой ошибки фактический припуск может оказаться меньше расчётного или быть равным нулю, что недопустимо при строгом выполнении требуемого качества.

В отличие от общепринятого, в альтернативном методе используются другие формулы расчёта минимального припуска. Вместо векторной суммы погрешности установки заготовки и погрешности формообразования используется векторная величина неравномерности припуска, включающая в себя погрешности установки и отклонения формы, и определяемая с помощью расчёта биений при проверке возможности автоматического обеспечения требуемого взаимного расположения. Расчётный, а не табличный способ получения величины, делает её более точной по отношению к конкретной поверхности. При расчёте минимального и максимального припуска через диаметры рассматриваемой и предшествующей ступеней учитываются положения теории размерных цепей. Формулы расчётов можно представить, как трёхзвенные цепи, где минимальный припуск является замыкающим звеном, и минимальный припуск для вала будет рассчитываться как половина разности минимального диаметра предыдущей ступени и максимального диаметра рассматриваемой ступени. Поскольку

метод согласован с теорией размерных цепей, он не противоречит её положениям, и при визуализации хорошо видно, что допуск на размер не входит в значение величины припуска. При расчёте номинального диаметра предшествующей ступени обработки помимо величины рассматриваемого диаметра и минимального расчётного удаляемого на операции припуска учитывается так же величина допуска, т.е. отклонения диаметра предыдущей ступени обработки. В результате альтернативный метод не имеет тех недостатков, которые наблюдаются в общепринятом методе. При правильно проведенных расчётах фактический минимальный припуск не примет значение меньше, чем у расчётного минимального припуска, будет не равен нулю, и, следовательно, величина припуска будет достаточной для обеспечения требуемой точности обработки.

Помимо прочего, величина минимального припуска, рассчитываемого альтернативным методом, меньше, чем та же величина, рассчитываемая общепринятым методом, при этом выполнение требуемого качества поверхности всё так же гарантируется. Как следствие, при назначении припуска альтернативным методом уменьшается перерасход материала, появляется возможность уменьшить количество проходов на операции. В результате снижается нагрузка на инструмент и уменьшается степень его износа, а также повышается производительность производства.

В заключении стоит отметить способы заполнения карт расчёта припусков. Метод профессора В.М. Кована подразумевает запись выполняемых операций в карту в хронологической последовательности их выполнения на производства, начиная от заготовительных, и заканчивая доводочными операциями. При этом расчёты ведутся в обратном порядке, от готовой детали до заготовки. В результате понимание карты заметно усложняется, и, помимо этого, в неё включаются данные, которые не используются в расчётах, что ведёт к ещё большему усложнению её восприятия. В свою очередь, альтернативный метод предполагает расположение операций в таблице в порядке, соответствующему порядку проведения расчётов, а также некоторую структуризацию записываемых параметров. Карта, заполненная таким образом, гораздо проще читается, что делает её более предпочтительной в работе с САПР ТП.

Всё вышеперечисленное делает карты расчёта альтернативным методом более простыми к восприятию, а также делает метод более предпочтительным в использовании в САПР ТП, поскольку его применение упрощает процесс создания программ и алгоритмов. Помимо прочего, как уже упоминалось, альтернативный метод не противоречит теории размерных цепей, поскольку основан на её постулатах, что несёт в себе ряд улучшений: гарантируется наличие припуска необходимой величины для получения поверхностей требуемого качества, при этом уменьшается перерасход материала, снижается износ инструмента, повышается производительность производства; метод более эффективен за счёт экономии материала и ресурса инструмента.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Д.Ю. Тимофеев

ТАРАСОВА А.А., АЛЕХНОВИЧ В.В., ГОГОЛИНСКИЙ К.В.
Санкт-Петербургский горный университет

АНАЛИЗ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ

TARASOVA A.A., ALEKHNOVICH V.V., GOGOLINSKII K.V.
St. Petersburg Mining University

MECHANICAL PROPERTIES OF POLYETHYLENE PIPES

Введение. Описаны и применены методы измерения механических свойств полиэтиленовых труб с представлением полученных результатов измерений в виде сравнительной диаграммы. Выбран и обоснован более предпочтительный метод оценки состояния трубопроводов, подтверждена гипотеза о твердости полиэтиленовой трубы от срока ее эксплуатации.

Сырьевая отрасль, базирующаяся на добыче и транспортировке нефтепродуктов, является ключевой для современной российской экономики, т.к. за ее счет формируется большая часть бюджета РФ. Отсюда вытекает необходимость в более тщательном контроле за состоянием материально-технической базы, обеспечивающей нормальное функционирование системы, а также инфраструктуры, обеспечивающей передачу продукта – непосредственно трубопроводов или труб в частности, так как они с течением времени подвергаются износу.

Была поставлена задача провести измерения механических параметров образцов полиэтиленовых труб из разных возрастных категорий тремя методами с целью определения наиболее информативного, а также подтверждения гипотезы о зависимости твердости материала от срока его эксплуатации.

Исследования механических свойств полиэтиленов проводились тремя методами: измерение твердости по Шору, динамический ударный метод и испытания на растяжение (определение предела текучести).

Метод измерения твердости по Шору заключается в измерении глубины вдавливания в материал плоского штампа или острого индентора [1] под действием заданной силы. Твердость при вдавливании обратно пропорциональна глубине вдавливания и зависит от модуля упругости и вязкоэластичных свойств материала [2].

Ударный динамический метод осуществляется при помощи прибора с чувствительным датчиком и блоком обработки данных с программным обеспечением. В процессе измерения фиксируются время удара и его активного и пассивного этапов, на основании которых получают значения твердости, скорости отскока и подлета и т.д. [3].

Испытание на растяжение (определение предела текучести) проводится на образце, изготовленном по ГОСТ 11262-2017 [4], устанавливаемом в разрывную машину, которая фиксирует образец и применяет к нему возрастающее усилие до разрушения материала.

Были проведены серии измерений образцов полиэтиленовых труб разного срока эксплуатации. Результаты измерений механических свойств полиэтиленовых труб тремя методами представлены на рис.1, 2, 3.

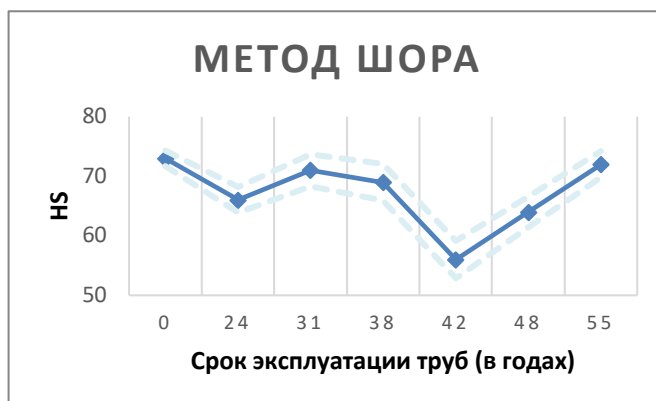


Рисунок 1 – Результаты измерения твердости статическим методом



Рисунок 2 – Результаты измерения твердости динамическим методом



Рисунок 3 – Результаты испытаний на растяжение

Выводы. В ходе проведенного анализа результатов измерений следует, что графики всех трех методов коррелируют между собой. Однако более предпочтительным является ударный динамический метод неразрушающего контроля, так как он обладает высокой информативностью, позволяет сохранить целостность конструкции и удобен в применении.

Твердость как механическое свойство зависит от материала, из которого были изготовлены полиэтиленовые трубы, а также от времени, в течение которого материал подвергался сжимающим нагрузкам изнутри и снаружи [5]. Таким образом, можно сделать вывод: неразрушающий контроль динамическим методом позволяет с высокой степенью точности в кратчайшие сроки получить информацию о состоянии трубопровода, что обеспечит надежность инфраструктуры в целом и максимальное продление ресурса полиэтиленовых труб.

Список литературы:

1. Потапов А. И., Кондратьев А. В., Уманский А. С. Косвенная оценка функции формы индентора для контроля физико-механических свойств методом инструментального индентирования / Контроль. Диагностика, № 2, 2017.

2. Сясько В. А., Уманский А. С., Никазов А. А., Бобкова Т. И. Контроль механических свойств портативными твердомерами: преимущества, ограничения, перспективы. // СПб.: Санкт-Петербургский горный университет, Т 1, 2019.
3. Колмаков А.Г. Методы измерения твердости. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.
4. ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012) Пластмассы. Метод испытания на растяжение
5. Сясько В.А. Метрологическое обеспечение динамических методов измерения твердости в Российской Федерации: существующие проблемы и пути их решения // В мире неразрушающего контроля 1 (63), 2014.

ТИТОВ В.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет

НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДАМИ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

TITOV V.V.

Ufa State Aviation Technical University

NANOCRYSTALLINE MATERIALS OBTAINED BY THE INTENSIVE PLASTIC DEFORMATION METHODS

Настоящий доклад подготовлен на основе обзора литературы и посвящен наноструктурным материалам полученным методами интенсивной пластической деформации (ИПД). Массивные нанокристаллические материалы, полученные ИПД, вызвали большой интерес исследователей материаловедов в последние годы [1, 2]. Путем значительных деформаций, например, холодной прокаткой или вытяжкой можно очень сильно измельчить структуру. Однако, полученные структуры являются обычно ячеистыми структурами или субструктурами с малоугловыми границами. В то же время методами ИПД можно сформировать наноструктуры с преимущественно большеугловыми границами зёрен. Для формирования наноструктур в объёмных образцах необходимо использовать специальные схемы деформации, позволяющие достичь больших степеней деформаций при относительно низких температурах (меньше 0.5 от температуры плавления $T_{пл}$). К настоящему времени большинство результатов получено с использованием двух методов интенсивной пластической деформации – деформации кручением (ИПДК) под высоким давлением [1] и равноканально-угловым (РКУ) прессованием [1]. Имеются также работы по получению нано- и субмикроструктур в ряде металлов и сплавов методом всестороннейковки, который также можно отнести к методам ИПД.

Конструкция установки деформации кручением под высоким давлением является развитием известной идеи наковален Бриджмена. В первых работах эти установки были использованы для исследований фазовых превращений в условиях интенсивных деформаций, а также изучения эволюции структуры и изменения температуры рекристаллизации после больших деформаций [1]. Новым и принципиально важным моментом явились доказательства возможности формирования методом интенсивной пластической деформации кручением (ИПДК) наноструктур с большеугловыми границами зёрен [1], что позволило рассматривать этот метод как новый способ получения наноструктурных материалов.

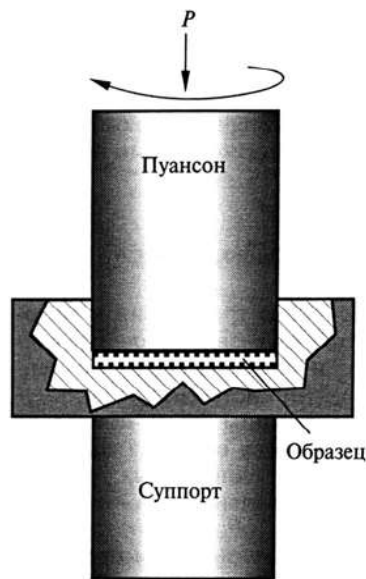


Рисунок 1 – Схема ИПДК

При деформации кручением под высоким давлением образец помещается между бойками и сжимается под приложенным давлением P в несколько ГПа. Нижний боёк вращается и силы поверхностного трения заставляют образец деформироваться сдвигом (Рис. 1). Внутренний объём материала образцов деформируется под действием сдвига внешних слоев образца в условиях квазигидростатического сжатия. В результате деформируемый образец, несмотря на большие степени деформации, не разрушается. Степень деформации образца зависит от числа оборотов бойков.

Для расчёта степени деформации при реализации схемы кручения под высоким давлением использовались различные соотношения. Так, в работе [3] для расчёта логарифмической степени деформации e использовали формулу:

$$e = \ln(\varphi r / l) \quad (1)$$

где φ - угол вращения в радианах, r и l – радиус и толщина диска соответственно.

Однако физическое обоснование данной формулы ограничено. В частности, согласно формуле (1), степень деформации при кручении под давлением в центре этих образцов равна нулю. В связи с этим, при исследовании процессов эволюции микроструктуры под воздействием ИПДК, часто более правильно рассматривать число поворотов или угол поворота наковален, а не величину деформации, рассчитанную с помощью аналитических выражений.

Образцы, полученные ИПДК, имеют обычно форму дисков размером от 5 до 20 мм и толщиной 0,1-0,5 мм. Существенное измельчение структуры наблюдается уже после деформирования с 0,5 оборотами наковален [1,2,4], но для создания однородной наноструктуры требуется, как правило, деформация в несколько оборотов [5].

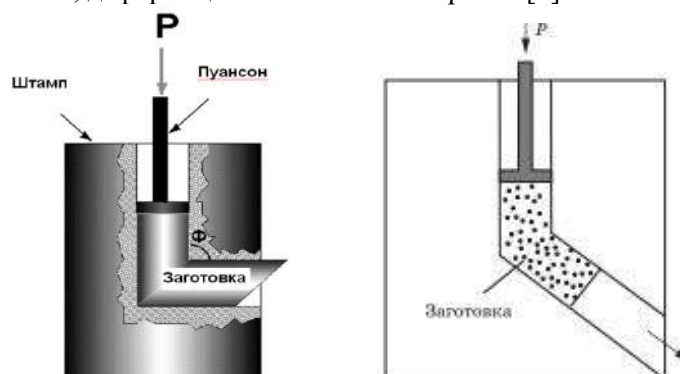


Рисунок 2 – Схема установки РКУП под углами а) 90° б) 120°

К числу наиболее популярных методов, с помощью которых можно получать УМЗ образцы, относятся интенсивная пластическая деформация кручением под давлением и равноканальное угловое прессование (РКУП) [1]. Наиболее эффективным методом ИПД, позволившим получить УМЗ структуру в массивных (диаметром от 10 до 60 и длиной от 100 до 350 мм) заготовках металлов и сплавов, является деформация РКУ прессованием [1].

Он заключается в деформации заготовок сдвигом в зоне пересечения каналов равного сечения (рис. 2). Его неоспоримым преимуществом является то, что при его реализации заготовка может подвергаться сколь угодно большим деформациям сдвига, практически не изменяя при этом своих размеров. При реализации РКУ прессования заготовка неоднократно прессуется в специальной оснастке через два канала с одинаковыми поперечными сечениями, пересекающимися обычно под углом от 90 до 120°. В случае труднодеформируемых материалов деформация осуществляется при повышенных температурах. Соотношение, позволяющее рассчитывать величину истинной деформации образца при РКУ прессовании за N проходов, имеет следующий вид (2):

$$\varepsilon_{N=N} = N \left\{ \frac{2ctg(\phi/2 + \psi/2) + \psi \cos \varepsilon c(\phi/2 + \psi/2)}{\sqrt{3}} \right\}, \quad (2)$$

где N - число проходов, ϕ - внутренний угол, ψ - внешний угол. В процессе РКУ-прессования для структурообразования весьма важными являются направление и число проходов заготовки через каналы. В работах [1] были рассмотрены различные маршруты заготовок (рис. 3).

1. Маршрут А. Ориентация заготовки остается неизменной при каждом проходе.
2. Маршрут В_с. После каждого прохода заготовка поворачивается вокруг своей продольной оси на угол 90°.
3. Маршрут В_а. После каждого прохода заготовка поворачивается вокруг своей продольной оси на угол 90° по часовой и против часовой поочередно.
4. Маршрут С. После каждого прохода заготовка поворачивается вокруг своей продольной оси на угол 180°.

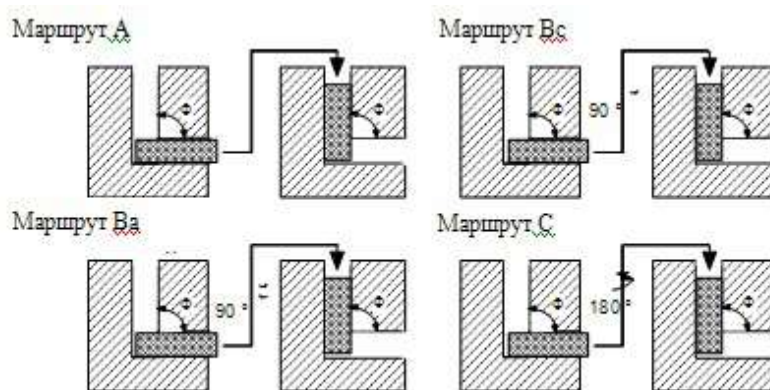


Рисунок 3 – Маршруты РКУП

Данные маршруты различаются направлением сдвига в очаге деформации при вторых проходах заготовки. Влияние маршрутов РКУ прессования, а также угла сопряжения каналов на формирование УМЗ структуры в металлах и сплавах и наиболее эффективное сочетание вышеуказанных параметров, приводящее к образованию более равноосных зёрен с границами преимущественно большеугловой разориентации, исследованы в работах [1].

Как показали исследования, в чистых металлах при действии ИПД зерно обычно измельчается до размеров около 100-200 нм, в зависимости от вида металла. При ИПД многокомпонентных сплавов формируется наноструктурное состояние со значительно меньшим размером зёрен, а в некоторых случаях достигается аморфное состояние. Следует, однако, отметить, что закономерности формирования тех или иных структур при ИПД различных материалов ещё далеко не определены. Интенсивная пластическая деформация и формиро-

вание наноструктурного состояния приводит к повышению механических свойств (прочности, предела текучести, твёрдости, предела усталости) а так же различных других служебных свойств материалов (магнитных, эффектов памяти формы, сверхпластичности, и т.д.). Соответственно, интенсивная пластическая деформация и формирование наноструктурного состояния в металлах и сплавах имеет большой научный и практический интерес, в том числе и для производства ряда деталей машин и оборудования горнодобычи.

Список литературы:

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000. 272с.
2. Валиев Р.З., Корзников А.В., Мулюков Р.Р. Структура и свойства субмикроразмерных материалов. – ФММ, 1992, № 4, с. 71 - 94.
3. Смирнова Н.А., Левит В.И., Пиллюгин В.П., Кузнецов Р.И., Давыдова Л.С., Сазонова В.А. Эволюция структуры гцк монокристаллов при больших пластических деформациях. – ФММ, 1986, т.61, с. 1170 - 1177.
4. Valiev R.Z., Krasilnikov N.A. and Tsenev N.K. Plastic deformation of alloys with submicrograined structure. - Mat. Sci. Eng., 1991, A137, p. 35.
5. Valiev R.Z., Ivanicenko Yu.V., Rauch E.F., Baudalet B. Microstructure evolution in armko-iron due to severe plastic deformation. - Acta Mater, 1996, v. 44, p. 4705 - 4712.

Научный руководитель: д. ф.-м. н., в.н.с. Д.В.Гундеров

УТЕНКОВА Т.Г.

Санкт-Петербургский горный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ЭЛЕКТРООСМОСА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАЛИПАНИЯ САПРОПЕЛЯ К МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ ПО ОБЕЗВОЖИВАНИЮ САПРОПЕЛЯ

UTENKOVA T.

Saint-Petersburg Mining University

THE APPLICATION OF THE EFFECT OF ELECTROOSMOSIS TO REDUCE THE ADHESION OF SAPROPEL TO THE METAL SURFACES OF THE PIÈCE TRAVAILLANTE OF THE MACHINE FOR SAPROPEL DEWATERING

Электроосмос – это процесс переноса жидкости под влиянием внешней разности потенциалов, приложенной к коллоидному раствору, относительно твердой стенки [1].

Использование явления (эффекта) электроосмоса для устранения налипания грунта к металлическим поверхностям рабочих органов почвообрабатывающих и строительно-дорожных машин известно еще с начала XX века [2,3,4,5]. В настоящее время электроосмос используется для переноса жидкости и индуцирования движения микро и нано структур в различных средах [6,7,8]. В зависимости от среды электроосмотическое движение может быть направлено к отрицательному или к положительному электроду.

Известно применение явления (эффекта) электроосмоса для смачивания поверхности лыжи самолета при его взлете с влажного грунта. В результате электроосмотического смачивания удалось снизить прилипание грунта к поверхности лыжи. При этом эффективность электроосмоса зависит от формы и расположения электродов, силы тока и влажности грунта [9]. Применение напряжения меньше 80 Вольт – целесообразно, применение напряжения свыше 80 Вольт наоборот способствует увеличению скорости сброса прилипшего грунта. При увеличении мощности источника постоянного тока скорость сброса влажного грунта возрастает [10].

Машина по обезвоживанию сапропеля состоит из гибкой плоской ленты, выполненной из материала, который не проводит ток, замкнутой на приводном и натяжном барабанах. Над верхней ветвью ленты установлены водоотделители, представляющие из себя барабаны, обтянутые слоем пористого материала. После каждого водоотделителя установлен узел промежуточной обработки сапропеля, состоящий из валика-контакта, подключенного к положительному полюсу источника постоянного тока, и ножей-переворачивателей, закрепленных на раме и подключенных к отрицательному полюсу источника постоянного тока. В результате электроосмоса сапропель вблизи положительно заряженного валика-контакта подсушивается, а вблизи отрицательно заряженных ножей-переворачивателей переувлажняется, что позволяет устранить прилипание сапропеля к ножам-переворачивателям. Кроме того, электроосмос позволяет создать градиент влажности с ориентацией более влажного слоя сапропеля в сторону контакта с водоотделителем.

Список литературы:

1. Писаренко А.П., Поспелова К.А., Яковлев А.Г. Курс коллоидной химии М.: Высшая школа, 1969. 248 с.
2. Долгов С.И. Электросмазка почвообрабатывающих орудий // Химизация социалистического земледелия. 1932. №6
3. Жузе В.Р., Савичев В.С. Влияние электрического тока на изменение тягового усилия при пахоте // Тр. Саратовского ин-та мех. С. Х. им. М.И. Калинина Т.3. М.: Издательство Народного Комиссариата Земледелия СССР, 1937.
4. Широков Б.И. Влияние электроосмоса на физические свойства почвы и тяговое сопротивление плуга при пахоте // Повышение износостойкости лемехов: Сб. М.: Машгиз, 1956.
5. Байбаков А.З. Физическое взаимодействие почвы с металлической поверхностью (трение, прилипание) при обработке почвы и пути возможного снижения // Сб. тр. Грозненской опытно-мелиорат. Ст. ЮЖНИИГиМ, 1962.
6. Amir Hossein Vakili, Mohammad Kaedi, Mehdi Mokhberi, Mohamad Razip bin Selamat, Mahdi Salimi. Treatment of highly dispersive clay by lignosulfonate addition and electroosmosis application. Applied Clay Science. Volume 152, February 2018, Pages 1-8
7. R. Parnamae. S. Mareev. V. Nikonenko. S. Melnikov. N. Sheldeshov. V. Zabolotskii. H.V.M. Hamelers. M. Tedesco. Bipolar membranes: A review on principles, latest developments, and applications. Journal of Membrane Science. Volume 617, 1 January 2021, 118538
8. Xiang He, Bing Zhu, Wei Jia Xie, Yu He, Jian Song, Yi Zhang, Chi Sun^a Hao Li, Qi Yu Tang, Xin Xin Sun, Yanni Tan, Yong Liu. Amelioration of imiquimod-induced psoriasis-like dermatitis in mice by DSW therapy inspired hydrogel. Bioactive Materials. Volume 6, Issue 2, February 2021, Pages 299-311
9. Гура Г.С. Электроосмотическое смачивание металлической поверхности трения при скольжении по грунту // Вестник РГУПС. 2002. №3. С. 13-19
10. Лофицкий В.Н., Рельтов Б.Ф. Борьба с налипанием грунта к кузовам автосамосвалов и ковшам экскаваторов. Л.: Изд. ВНИИ гидротехники, 1953, 27 с.

Научный руководитель: д.т.н., профессор С.Л. Иванов

**ТРЕБОВАНИЯ К МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ СИСТЕМ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

SHAMAITIS A.S.
St. Petersburg Mining University

**METROLOGICAL ASSURANCE REQUIREMENTS FOR ECOLOGICAL MONITORING
SYSTEMS OF ATMOSPHERIC AIR**

В настоящий момент не существует требований к метрологическому обеспечению систем экологического мониторинга атмосферного воздуха в городских поселениях, вследствие чего технические характеристики, состав и качество измерений действующих систем экологического мониторинга разнятся на территории Российской Федерации. Для целей анализа и принятия решений по результатам полученных измерений необходимо разработать общие требования к метрологическому обеспечению систем экологического мониторинга в соответствии с основными принципами «Обеспечения единства измерений» и стандартизации.

В рамках работы произведен анализ нормативно правовой документации, регламентирующий процесс организации систем экологического мониторинга атмосферного воздуха, также был проведён подробный анализ действующей системы экологического мониторинга атмосферного воздуха города Санкт-Петербург и краткий анализ систем мониторинга, установленных в регионах РФ с целью установлению необходимого перечня параметров контроля и выявления несоответствий требованиям нормативно правовой документации.

Для установления единого перечня вредных веществ, мониторинг которых является обязательным на территории РФ, проведены исследования состояния атмосферного воздуха в особенности, установления конкретных загрязнителей, присутствующих в приземном слое городского поселения. Для этого был использован интернет ресурс - карта «SOS! Воздух» [1]. Это интерактивный краудсорсинговый ресурс, на котором отмечены объекты, связанные с риском загрязнения воздуха по всей России: автодороги с разной интенсивностью движения, производственные и коммунальные зоны. С помощью этой карты, также можно узнать расположение постов мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, и адреса, где жители жалуются на качество воздуха. Проведя анализ действующих систем экологического мониторинга был установлен перечень вредных веществ, необходимый к мониторингу: NO_x , CO_x , SO_2 , O_3 , PM_{10} и $\text{PM}_{2,5}$, CH_2O (формальдегид), H_2S , $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ (бензапирен). Ни одна из действующих систем не ведёт мониторинга всех вышеперечисленных веществ, наиболее полными системами являются Московская и Петербургская, это обусловлено тем, что они организованы не региональными центрами, а внутренними городскими организациями. Самым редко контролируемым веществом оказался Озон (O_3), хотя в тех местах, где были зафиксированы высокие концентрации окислов азота, с высокой долей вероятности возникает озон при условии наличия ультрафиолетового излучения, являющимся основным катализатором реакции превращения. Вывод о необходимости модернизации действующей системы мониторинга основывался на результатах проведенных маршрутных натурных наблюдений, с использованием поверенного оборудования: Газоанализатор портативный ЭКОЛАБ и метеометр МЭС – 200А. Результаты наблюдений были обработаны и построены карты с изолиниями концентраций вредных веществ, построенных по результатам анализа данных, полученных со стационарных автоматизированных систем мониторинга, рисунок 2 и данных, полученных в ходе маршрутных натурных наблюдений.

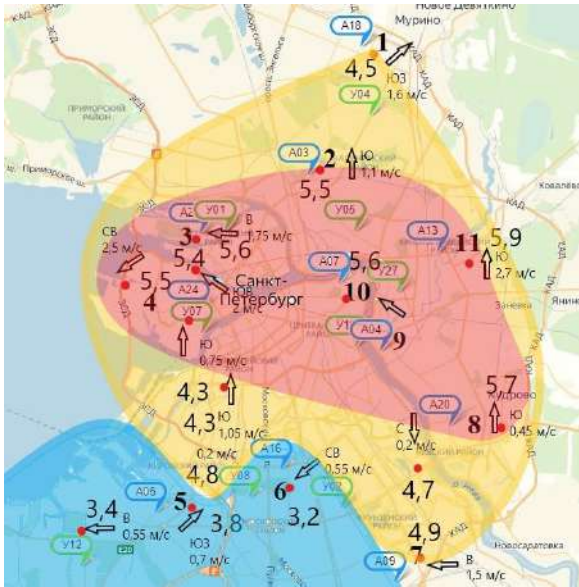


Рисунок 1 – Карта города, с обозначенными метеопараметрами

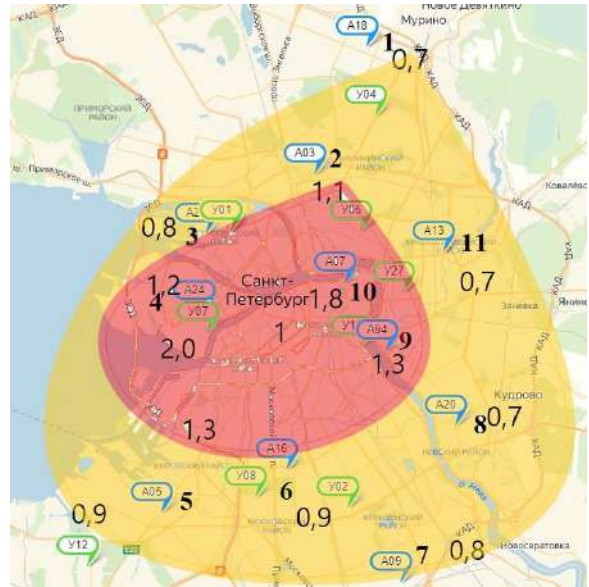


Рисунок 2 – Карта города, с обозначенными концентрациями, полученными стационарным способом

Для достоверного построения карты выбросов вредных веществ по всей территории России, необходимо обеспечить выполнения единых требований к метрологическому обеспечению стационарных постов мониторинга атмосферного воздуха. В соответствии с действующей нормативной документацией в области экологического мониторинга метрологические характеристики системы отбора проб в стационарных постах должны соответствовать требованиям ГОСТ 17.2.4.02-81 [2] Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ, погрешность метода не должна превышать $\pm 25\%$ во всем диапазоне измеряемых концентраций, метод должен обеспечивать измерение с указанной погрешностью концентрации загрязняющего вещества в пределах величин от 0,8 до 10 ПДК. Настоящий стандарт не распространяется на общие требования к методам с использованием приборов автоматического контроля, поэтому обратимся к другому нормативному документу. РД 52.04.840-2015 [3] Применение результатов мониторинга качества атмосферного воздуха, полученных с помощью методов непрерывных измерений, в котором указано, что относительная погрешность измерения в диапазоне от ПДК_{с.с.} до 10 ПДК_{м.р.} не более 25 %, что также соответствует требованиям 17.2.4.02.-81 [4], поэтому тут присутствует противоречие между двумя нормативными документами.

РД 52.04.840-2015 регламентирует величину полноты данных мониторинга для стандартных периодов: (сутки, месяц, год) устанавливаются следующие типовые нормативы полноты и качества рядов первичных данных, получаемых в автоматическом непрерывном режиме измерений:

- допустимая полнота ряда данных с учетом потерь данных, вызванных штатными операциями по обслуживанию средства измерения, не менее 75 % - 7,5 дней или в случае опубликования ежедневных среднесуточных данных, не допускается прерывание автоматизированных измерений более чем на 7 суток в месяц

Количество автоматизированных постов в измерительной системе должно соответствовать требованиям ГОСТ 17.2.3.01-86 [5], а именно — 1 пост - до 50 тыс. жителей, 2 поста - 100 тыс. жителей, 2-3 поста - 100-200 тыс. жителей, 3-5 постов - 200-500 тыс. жителей, 5-10 постов - более 500 тыс. жителей, 10-20 постов (стационарных и маршрутных) - более 1 млн. жителей.[4]

В населенных пунктах устанавливают один стационарный или маршрутный пост через каждые 0,5-5 км с учетом сложности рельефа и наличия значительного количества источников загрязнения, принимая во внимание данное условие появляется необходимость в увеличении количества требуемых стационарных постов до 35.

Для организации системы мониторинга и прогнозирования распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе необходимо осуществлять мониторинг на прилегающих территориях населённых пунктов, на расстоянии до 150 км. Данное расстояние обусловлено величиной, равной половине пути от одной системы мониторинга до другой. Мониторинг атмосферного воздуха должен вестись непрерывно, с целью дальнейшего применения полученных данных измерений в научно-практических задачах, например, моделирование распространения вредных веществ с последующей идентификацией возможного источника загрязнения. В силу этих фактов, неисправности, возникающие во время эксплуатации и функционирования автоматизированных стационарных постов должны быть устранены в кратчайшие сроки, чтобы система не терпела потери значительного объёма информации, который необходим, для целостности картины состояния качества атмосферного воздуха.

Должен быть установлен перечень минимального объёма контролируемых вредных веществ и описание обязательных к контролю вредных веществ, так как если опираться на РД 52.04.186-89, то не обязательно везде вести учёт одних и тех же вредных веществ, что затрудняет видение картины перемещения ореолов от одного города к другому. В процессе анализа действующих систем мониторинга были выбраны следующие вещества, как первой необходимости, мониторинг которых должен вестись в обязательном порядке:

NO_x, CO_x, SO₂, O₃, PM₁₀ и PM_{2,5}, CH₂O формальдегид, H₂S, C₂₀H₁₂ бенз(а)пирен, растворимые сульфаты в воздухе. Данный список обусловлен частотой обнаружения в различных регионах Российской Федерации.

Для доступности использования данных в научных и исследовательских работах, система мониторинга должны быть оснащена блоком хранения и обработки полученных данных, на информационных порталах региональных ведомств, ответственных за системы мониторинга атмосферного воздуха должны быть представлена информация и вредных веществах, присутствующих в атмосфере, как минимум отображены среднесуточные значения. При соблюдении данных требований, внесённые изменения в действующие системы мониторинга качественных показателей воздуха примут стандартизованную форму, будут иметь единый минимальный перечень контролируемых веществ, с одинаковой заданной максимально допустимой относительной погрешностью и в минимально необходимом количестве.

Список литературы:

1. Карта «SOS! Воздух» - интерактивный краудсорсинговый ресурс [Электронный ресурс] // URL: <https://maps.greenpeace.org/airpollution/>
2. ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ [Текст]. – Введ. 01.07.1982 М.: ИПК Издательство стандартов, 2004,– 23с
3. РД 52.04.840-2015 Применение результатов мониторинга качества атмосферного воздуха, полученных с помощью методов непрерывных измерений [Текст]. – Введ.01.03.2016 М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2016 – 76с
4. ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ [Текст]. – Введ. 01.07.1982 М.: ИПК Издательство стандартов, 2004,– 23с
5. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов [Текст]. – Введ. 01.01.1987М.: Стандартиформ, 2005– 32с

Научный руководитель: д.т.н., профессор В.А. Сясько

ШЕМЕТОВ Е.Г.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
МЕХАНОАКТИВАЦИИ ЖЕЛЕЗОКИСНЫХ ПИГМЕНТОВ**

SHEMETOV E.G.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF INNOVATIVE EQUIPMENT FOR
MECHANOACTIVATION OF IRON PIGMENTS**

В связи с санкционной политикой США и Евросоюза, нестабильности курса валют в России идет тенденция к повышению цен на ввозимые высокотехнологичные порошкообразные материалы из-за рубежа, к которым предъявляют высокие требования к их дисперсности. Так в производстве красок, пластмасс и кабельной промышленности высококачественные наполнители (пигменты, тальк, мел) должны составлять 90% частиц менее 10 мкм, а остальные 10% не крупнее 40 мкм. При создании композиционных материалов для защиты от радиации частицы смеси компонентов органосиликата свинца и полимеров не должны превышать 5 мкм. Повышенный спрос на пигмент негативно сказывается на качестве его производства, основными показателями которого являются цвет, массовая доля оксида железа, укрывистость (дисперсность), стойкость к воздействию агрессивных сред и маслосъемность. Также насыщение рынка пигмента России сдерживает повышенные требования к его потребительским свойствам, а именно к химическому и гранулометрическому составу, содержанию в его составе оксида железа, соединения хлора и серы. Поэтому разработка инновационных технологий и оборудования для механоактивации железосодержащих пигментов является актуальным.

Основными потребителями пигментов являются производители лакокрасочных и строительных материалов, пластмассы, резинотехнических изделий. Особенно важное значение приобретают природные высококачественные пигменты для покраски подводной части кораблей, обладающими антикоррозийными свойствами, защищающие поверхность подводной части корабля от коррозии и налипания ракушек.

Предпосылкой к созданию производства железосодержащих пигментов в Белгородской области является наличие богатых железных руд на Яковлевском месторождении - единственном месторождении в России, где в больших объемах сосредоточены так называемые «красковые» руды.

В БГТУ им. В.Г. Шухова проведены исследования по изучению вещественного состава и физико-механических характеристик «красковых» руд Яковлевского месторождения и разработана технология по их переработки на основе механоактивации, позволяющей компенсировать поставки из-за рубежа и обеспечить комплексное и экономически выгодное их использование.

Под механоактивацией понимают обработку порошкообразных материалов в энергонагруженных аппаратах, сопровождающуюся изменением кристаллической решетки обрабатываемого материала, которая связана с образованием различных дефектов структуры (дислокаций, вакансий) или новых поверхностей раздела.

В университете ведётся разработка механоактивирующих агрегатов на основе комбинированного воздействия струйной энергии на измельчаемый материал (струйная мельница с плоской помольной камерой торообразной формы) для получения сверхтонких порошков менее 5 мкм. Дисперсность пигмента, оказывает большое влияние на свойства красок и образующих ими покрытий. Чем тоньше частица, тем меньше при прочих равных условиях способность краски расслаиваться при хранении, возрастает маслосъемность, количество раствора пленкообразователя, необходимого для смачивания пигмента и укрывистость краски. Дисперсность пигмента оказывает влияние на гладкость поверхности красочных покрытий.

В ходе выполнения работы был проведен анализ помольных агрегатов для получения сверхтонких порошков, на основании которого разработано конструктивно-технологическое решение блока помола струйной мельницы для получения порошка со средним размером частиц готового продукта 5-10 мкм. Проведены теоретические исследования поведения рабочего энергоносителя и рассмотрены основы поведения частиц в камере помола торообразной формы струйной мельницы, которые позволяют определить профиль тангенциальных скоростей потока и граничный размер частицы с радиусом её равновесной траектории, при заданной высоте камеры помола. Аналитически получено соотношение для определения тангенциальной скорости воздушного потока в зоне помола с учетом количества воздуха, подаваемого при выходе из сопла подачи энергоносителя и рассмотрено влияния конструктивных параметров струйного помольного устройства, а именно исследование влияния габаритов помольной камеры на истирающее воздействие частиц различного диаметра. На основании проведенных исследований была разработана электронно-цифровая модель струйного помольного устройства в САД системе и проведено исследование потоков воздуха электронно-цифровой модели струйного помольного устройства в программном продукте САЕ, где была установлена скорость потока воздуха на выходе из сопла, скорость потока воздуха при выходе из вертикальной разгонной трубки. Изготовлена лабораторная установка, включающая в себя струйную мельницу с помольной камерой торообразной формы, пневмокласифициционной системы, пылеулавливающего и обеспыливающего устройства. Проведены постановочные эксперименты по помолу «красковых» руд Яковлевского месторождения Белгородской области с целью получения железистоокисного пигмента. Получен порошок железистоокисного пигмента удовлетворяющий стандартам по дисперсности. Конструкция мельницы защищена патентом на полезную модель №190985.

Научный руководитель: к.т.н., доцент В.Г. Дмитриенко

ЩЕГЛОВА Р.А.

Санкт-Петербургский горный университет

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ БУРОВЫХ ШТАНГ

SHCHEGLOVA R.A.

Saint-Petersburg Mining University

ANALYSIS OF THE INCREASING QUALITY OF DRILLING RODS THREADED SURFACES PROBLEM

На современном этапе формирования рыночной экономики основой эффективного функционирования и развития горной промышленности страны является подземная добыча полезных ископаемых. При бурении скважин в породах для интенсификации вращательного бурения используют вращательно-ударный способ, который представляет собой комбинацию двух основных механических способов – ударного и вращательного. Особенностью вращательно-ударного способа бурения является то, что породоразрушающий инструмент внедряется в породу под действием осевой нагрузки, крутящего момента, а также ударов, наносимых с помощью специальных механизмов с определенной частотой [7].

Наиболее нагруженными элементами в процессе функционирования оборудования для вращательно-ударного способа бурения оказываются резьбовые соединения. Анализ работы современных конструкций резьбовых соединений буровых штанг показывает, что суммарные нагрузки, действующие в соединении, складываются из нагрузок, вызванных действием крутящего момента, усилия предварительного поджатия (статические нагрузки) и нагрузок, возникающих при прохождении продольной волны [4]. Все это в совокупности

приводит к разрушению резьбовых соединений, которое сопровождается простоем оборудования и финансовыми затратами на внеплановый ремонт.

Для повышения эксплуатационных свойств резьбовых соединений могут быть применены конструктивные или технологические мероприятия. Конструктивные изменения в резьбовых соединениях зачастую приводят к усложнению конструкции, повышению себестоимости, размеров и массы соединения [6]. Вследствие этого необходимо особое внимание уделить технологическим мероприятиям, позволяющим улучшить состояние сопрягаемых резьбовых поверхностей и, как следствие, повысить эксплуатационные свойства резьбовых соединений, в частности усталостную прочность и износостойкость.

Из теории и практики машиностроения известно [5], что эксплуатационные свойства изделий, такие как усталостная прочность, износостойкость и т.д., зависят от качества поверхностей (шероховатость, микротвердость и т.д.), формируемого на этапе изготовления изделий. Окончательное качество поверхностей изделий обеспечивается применением финишных методов обработок, среди которых наибольшее распространение получили абразивные методы. Однако при обработке поверхностей большинству из методов присущ ряд существенных недостатков, которые ограничивают возможность их применения. Именно поэтому необходимо прибегать к поиску новых более эффективных методов финишной обработки. Одним из них является магнитно-абразивная обработка, с помощью которой магнитно-абразивный порошок под действием магнитного поля приобретает вид «эластичной щетки» и за счет различного сочетания движений полюсных наконечников, заготовки или полюсных наконечников и заготовки производит окончательное формирование качественных характеристик поверхностей изделия.

В исследованиях научных коллективов по магнитно-абразивной обработке [1, 2, 3] установлено, что за достаточно непродолжительное время (60 - 210 сек) снижается шероховатость с $Ra = 0,4...0,44$ до $Ra = 0,03...0,035$ мкм, уменьшается волнистость в 8...10 раз (с 2...3 до 0,2...0,3 мкм) и гранность в 1,25...2 раза (с 2...3 до 0,8...2,0 мкм), повышается (по сравнению с обработкой кругом, бруском, лентой) контактная прочность и износостойкость деталей в 2...3 раза, а также увеличивается относительная опорная длина профиля поверхности до 75...85% [3].

Вследствие вышеизложенного, на кафедре машиностроения Санкт-Петербургского горного университета было принято решение на окончательной стадии изготовления резьбовых соединений буровых штанг произвести магнитно-абразивную обработку наружных и внутренних резьбовых поверхностей с целью снижения шероховатости и увеличения площади контакта витков резьбового соединения, удаления дефектного слоя, образованного на предшествующей операции, и формирования нового – упрочненного, и, как следствие, повышения усталостной прочности и износостойкости резьбового соединения.

Экспериментальные исследования планируются провести на специально подготовленных образцах из конструкционной легированной стали 40X на установке для магнитно-абразивной обработки, которая расположена на кафедре машиностроения в лаборатории станков с ЧПУ Санкт-Петербургского горного университета. Для формирования магнитно-абразивной щетки в рабочем пространстве электромагнитной системы будет использоваться магнитно-абразивный материал на основе карбида титана и железа ($TiC+Fe$). Технологические параметры процесса магнитно-абразивной обработки будут варьироваться в следующих диапазонах: зернистость порошка $\Delta = 160...315$ мкм; магнитная индукция $B = 0,6...1,0$ Тл; время обработки $t = 60...210$ с. Контролируемыми параметрами будут являться шероховатость Ra и микротвердость Hv резьбовых поверхностей, а также количество снимаемого материала.

Список литературы:

1. Maksarov V V, Keksin A I. Technology of magnetic-abrasive finishing of geometrically-complex products // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science Vol. 327, 2018, 042068.
2. Maksarov V V, Keksin A I. Forming conditions of complex-geometry profiles in corrosion-resistant materials // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science Vol. 194, 062016.

3. Сакулевич Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. /Сакулевич, Ф.Ю.// Мн.: Наука и техника. 1981. 328 с.

4. Саруев Л.А., Васенин С.С., Кузнецов И.В. Распространение продольных волн через соединительные элементы бурового инструмента // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. №4. С. 568-579.

5. Суслов, А.Г. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений // В.П. Федоров, О.А. Горленко и др. / Под общей ред. А.Г. Суслова – М.: Машиностроение. 2006. 448 с.

6. Троценков С.А. Повышение износостойкости резьбовых соединений буровых труб: дис. ... 15.03.02 / Троценков, С.А.// Красноярск. 2016. 82 с.

7. Щадрина А.В., Саруев Л.А. Исследование возможностей вращательно-ударного способа бурения для разведочных скважин малого диаметра из подземных горных выработок //Иzv.вузов.Геология и разведка. 2011. №5. С. 62-65.

Научный руководитель: д.т.н., профессор, декан, зав. кафедрой В.В. Максаров

ЩИПЦОВА Е.К.

Санкт-Петербургский горный университет

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛОВ ТРУБ
ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПУТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ**

SHCHIPTSOVA E.K.

St. Petersburg Mining University

**DETERMINATION OF TECHNICAL STATE OF PIPE MATERIALS OF
POLYETHYLENE GAS PIPELINES BY STUDYING THEIR PHYSICAL AND
CHEMICAL PROPERTIES**

Введение. Наибольшими запасами природного газа среди всех стран мира обладает Российская Федерация. Его транспортировка осуществляется как по стальным, так и по полиэтиленовым трубопроводам. Полиэтиленовые (ПЭ) трубопроводы в последние десятилетия получили широкое распространение для транспортировки газового топлива как альтернатива металлическим трубопроводам при строительстве региональных распределительных сетей для трубопроводов низкого и среднего давления. Причиной послужили достоинства полиэтиленовых газопроводов: отсутствие внешней и внутренней коррозии и, как следствие этого, отсутствие изоляции, гидравлическая гладкость внутренней поверхности, высокая долговечность, малая масса, гибкость и др.

Для полиэтиленовых газопроводов нормативный срок службы должен быть не менее 40 лет. В настоящее время протяженность газопроводов, превысивших срок эксплуатации и требующих диагностики с целью определения текущего технического состояния и оценки возможности продления сроков службы, составляет менее 10 км. А в течение ближайших 25 лет (к 2046 году) составит уже более 1600 км.

При всех преимуществах полиэтиленовых трубопроводов неизбежным является старение материала трубопроводов, которое со временем приводит к ухудшению функциональных свойств, снижению эксплуатационных характеристик и снижению безопасности при эксплуатации. В связи с этим актуальной является задача оценки технического состояния полиэтиленовых трубопроводов и принятие решения о полной замене или продление их срока эксплуатации. Для этого необходимо провести исследования материалов этих трубопроводов и оценить их техническое состояние.

Постановка задачи. Полиэтиленовые трубопроводы, используемые для транспортировки газа, подвергаются полномасштабным испытаниям, которые определяют свойства труб и проводятся в соответствии с ГОСТ Р 58121.2-2018 (ИСО 4437-2:2014).

Применение полномасштабных методов испытаний, используемых при контроле качества новой трубы, связано с необходимостью отбора образцов труб эксплуатируемого трубопровода общей длиной несколько десятков метров, что технически сложно и экономически неэффективно. Поэтому целесообразно применять маломасштабные испытания.

В работе решалась задача определения технического состояния полиэтиленового трубопровода в зависимости от его возраста с использованием методов исследования физико-химических свойств, применяемых на малоразмерных образцах.

Методы исследования. Для изучения физико-химических свойств на малоразмерных образцах были выбраны методы дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), инфракрасной спектроскопии и рентгеновской структурографии. На данный момент времени были получены и проанализированы результаты ДСК исследуемых образцов.

С помощью метода ДСК определяют такие физико-химические свойства как время окислительной индукции и температура окислительной индукции, которые позволяют оценить техническое состояние трубопровода.

Метод ДСК заключается в определении времени, в течение которого, или температуры, до достижения которой антиоксидантная стабилизирующая система, присутствующая в образце для испытания, препятствует окислению при выдержке образца в изотермическом режиме при заданной температуре или его нагреванию с постоянной скоростью в атмосфере кислорода или воздуха. Время или температура окислительной индукции представляет собой оценку уровня (или степени) стабилизации испытуемого материала.

Полученные результаты. Результаты ДСК представлены на рисунке 1.

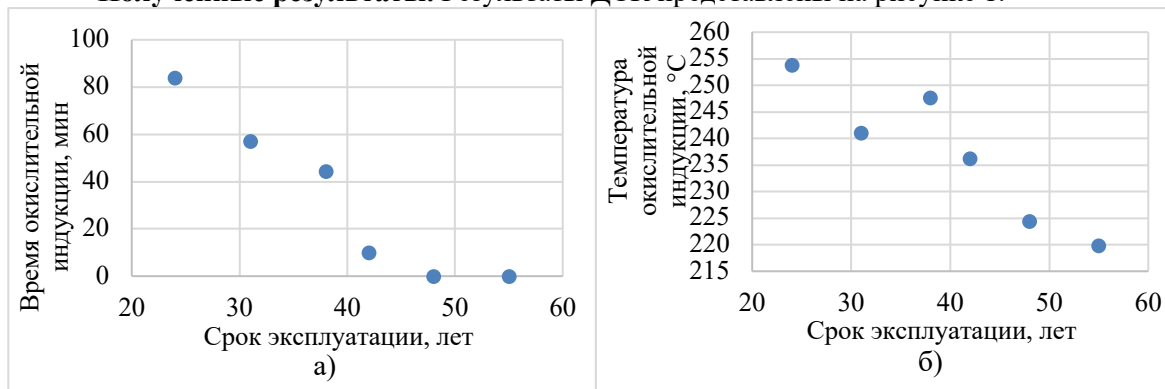


Рисунок 1 – Графики зависимостей а) времени окислительной индукции и б) температуры окислительной индукции от срока эксплуатации ПЭ трубопроводов

По ГОСТ Р 58121.2-2018 (ИСО 4437-2:2014) термостабильность (время окислительной индукции) полимеров должна быть не меньше 20 мин. Из графика, изображенного на рисунке 1а, видно, что у труб старше 40 лет этот показатель ниже или равен 0. Значения температуры окислительной индукции также уменьшаются со временем, и данная зависимость коррелирует со временем окислительной индукции.

Проведенные исследования по определению времени и температуры окислительной индукции показали уменьшение содержания стабилизаторов во время эксплуатации. К 40 годам эксплуатации практически весь стабилизатор, находящийся в полиэтилене срабатывает, что необходимо учитывать при определении срока дальнейшей эксплуатации.

Выводы. В ходе проведенных исследований были получены следующие выводы. Образцы труб возрастом более 40 лет не соответствуют требованиям ГОСТа по физико-химическому показателю – время окислительной индукции. Из этого следует, что такие трубы должны быть заменены, либо их эксплуатация должна выполняться с соблюдением специальных условий. Образцы трубопровода из полиэтилена старше 40 лет начинают терять устойчивость к окислению на воздухе, поэтому стандартные методы открытой сварки для этих труб не могут применяться при дальнейшей эксплуатации трубопровода. Таким обра-

зом, данные трубопроводы являются неремонтопригодными при обычных методах сварки, например, при сварке встык.

Научный руководитель: д.т.н., профессор К.В. Гоголинский

Секция 14. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА В МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОМ КОМПЛЕКСЕ

БАБЫРЬ К.В.

Санкт-Петербургский горный университет

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТЫ ОТ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ

BABYR K. V.

St. Petersburg Mining University

THE DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR THE PROTECTION OF SHORT-TERM AGAINST SINGLE-PHASE EARTH FAULTS IN ELECTRICAL NETWORKS OF MEDIUM CLASS VOLTAGE

К основным потребителям электроэнергии среднего класса напряжения относятся предприятия, занимающиеся добычей, транспортировкой и переработкой углеводородов и твердых полезных ископаемых [1]. Электроприемники таких компаний, являются потребителями первой категории электроснабжения, по этой причине необходимо выбирать надежные и селективные средства релейной защиты и автоматики (РЗА).

По результатам проведенного анализа данных по эксплуатации сетей среднего класса напряжения было установлено, что наиболее частым возникающим аварийным режимом является режим однофазного замыкания на землю (ОЗЗ), порядка 80 % от общего количества повреждений приходится на ОЗЗ. Режим ОЗЗ сопровождается перенапряжениями высокой кратности, распространяющимися по всей электрически связанной сети, вследствие чего увеличивается риск получения травм обслуживающего персонала, выхода из строя ответственного электрооборудования, останова технологических процессов.

Появлению устойчивых ОЗЗ предшествует режим кратковременных однофазных замыканий на землю (КрОЗЗ) [3]. Сигналы тока нулевой последовательности, в режиме КрОЗЗ, изменяются в течение нескольких сотых секунд и сопровождаются значительными бестоковыми паузами. По этой причине одиночные КрОЗЗ не являются опасными для электрической сети, но цепочка из постоянно исчезающих и появляющихся КрОЗЗ приводит к переходу аварийного режима в режим устойчивого однофазного замыкания на землю или междуфазного короткого замыкания, которое сопровождается немедленным отключением и значительными экономическими ущербами, по причине повреждения электрооборудования. В условиях существования КрОЗЗ в сети обеспечение надежного и селективного действия существующих защит от ОЗЗ представляется весьма сложной задачей по причине неспособности существующих средств РЗА выявлять и отличать опасные КрОЗЗ от неопасных.

В этой связи организация эффективной защиты от однофазных замыканий на землю, обладающей необходимой селективностью и неизменностью действия в условиях возникающих КрОЗЗ является одной из приоритетных задач в части обеспечения надежности и безопасности электроснабжения потребителей минерально-сырьевого комплекса.

В результате проведенных исследований был разработан алгоритм, позволяющий определять опасные и неопасные КрОЗЗ, который впоследствии был интегрирован в логику работы защиты от однофазных замыканий на землю блока микропроцессорной релейной защиты (БМРЗ) компании ООО НТЦ «Механотроника». Алгоритм позволяет сигнализировать о появлении кратковременных однофазных замыканий на землю, а также отключать защищаемое присоединение, при наличии опасных КрОЗЗ. Благодаря функции гибкой логики, присутствующей в микропроцессорных устройствах компании ООО НТЦ «Механотроника», данная схема не блокирует выполнение основных алгоритмов защиты от ОЗЗ, что позволяет беспрепятственно интегрировать разработанную логическую схему на всю серию блоков БМРЗ.

Далее были проведены экспериментальные исследования разработанной логической схемы на стенде комплексной проверки, включающей в себя стенд демонстрационный БМРЗ-152-КЛ-01 компании НТЦ «Механотроника» и испытательный программно-технический комплекс (ПТК) РЕТОМ-51 компании НПП «Динамика» (рис.1).

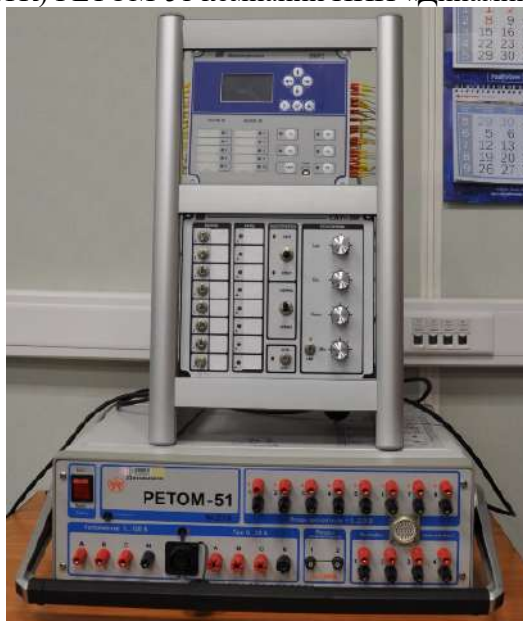


Рисунок 1 – Стенд комплексной проверки для экспериментального исследования.

Экспериментальные исследования эффективности действия разработанного алгоритма защиты проводились с различными параметрами сети электроснабжения, при этом значения уставок защиты от ОЗЗ по току, напряжению и времени оставались неизменными для каждого опыта. Эксперименты проводились как в условиях существования КрОЗЗ в сети, так и в условиях существования устойчивых ОЗЗ

Анализ полученных результатов показал, что разработанный алгоритм защиты позволяет не только сократить время на отключения опасного КрОЗЗ, но и не производит ложного срабатывания при устойчивом ОЗЗ. Это означает, что разработанный алгоритм защиты от кратковременных замыканий на землю можно использовать совместно со стандартным алгоритмом защиты от ОЗЗ, разработанным компанией ООО НТЦ «Механотроника».

Список литературы:

1. N.V Babyr, A.I Korolev and T.V Neupokoeva, „ Enhancement of Powered Cleaning Equipment with the View of Mining and Geological Conditions”, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 194, Automation of production and technology of mechanical engineering, November 2018, DOI: 10.1088/1755-1315/194/3/032004.
2. Bukhtoyarov V.F. and Mavritsyn A.M, “Protection from ground faults of electrical installations of quarries”. - Moscow: Nedra, p. 184, 1986.
3. Pelenev D.N., Abramovich B.N., Babyr K.V., “Increase Effectiveness Functioning of Protection against Single-Phase Ground Fault Electrical Networks Medium Voltage”, Conference: 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), January 2020, DOI: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039469.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Б.Н. Абрамович

БОБОЕВ Х.Д.
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ В КАРЬЕРНЫХ СЕТЯХ
НАПРЯЖЕНИЕМ 6 КВ**

BOBOEV Kh.D.
South Ural State University (NRU)

**DETERMINATION OF INSULATION PARAMETERS IN QUARRY NETWORKS WITH
A VOLTAGE OF 6 KV**

Значение изоляции для карьерных распределительных сетей общеизвестно, однако указанные сети, в отличие от распределительных электрических сетей промышленных предприятий, испытывают воздействие не только климатических факторов, но и электрических и физических, свойственных только открытым горным работам.

В частности, рыхление породы взрывом, перемещение питающих линий вслед за фронтом ведения работ, коммутационные перенапряжения, обусловленные частым срабатыванием коммутационных аппаратов и др.

Указанные выше особенности вызывают значительно количество однофазных замыканий на землю в карьерных распределительных сетях, число которых, в ряде случаев, превышает на два порядка число подобных замыканий в распределительных электрических сетях промышленных предприятий.

Процесс старения изоляции может быть выявлен контролем её состояния. В практике эксплуатации карьерных распределительных сетей применяются два вида контроля изоляции: периодический и непрерывный. В докладе рассматривается первый вид контроля изоляции, осуществляемый косвенным методом.

Преимущество косвенного метода общеизвестно, однако учитывая значительную несимметрию в карьерных распределительных электрических сетях, нами предлагается косвенный метод определения параметров изоляции карьерных распределительных электрических сетей относительно земли, основанный на подключении к одной из фаз дополнительной емкости.

Для исследования влияния различных факторов на результаты измерения параметров изоляции косвенным методом нами была разработана компьютерная модель карьерной распределительной сети, которая позволила получить данные для различных методик косвенного метода измерения параметров изоляции фаз сети относительно земли и, тем самым, обоснованно выбрать ту методику, что обеспечивает наименьшую погрешность при определении искомых параметров.

Последнее особо важно, когда те или иные параметры используются для выбора уставок срабатывания защит от однофазных замыканий на землю. На рисунке 1 приведена схема измерения указанным вашим методом.

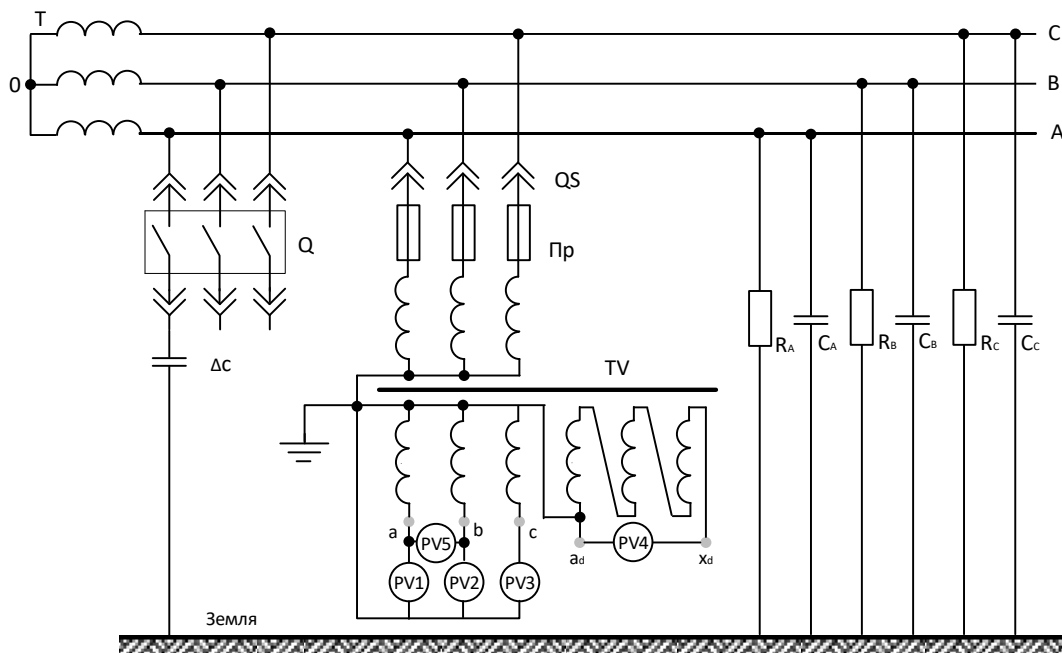


Рисунок 1 – Схема измерения при подключении к сети дополнительной ёмкости

Здесь приняты следующие обозначение:

- U_A, U_B, U_C – фазные напряжения соответственно фаз А, В и С;
- R_A, R_B, R_C – активные сопротивления изоляции фаз сети относительно земли;
- C_A, C_B, C_C – ёмкости фаз сети относительно земли;
- 0 – потенциальная точка нейтрали сети;
- TV – трансформатор напряжения типа НТМИ-6;
- PV1, PV2 и PV3 – вольтметры для измерения напряжений фаз сети относительно земли (Uф.01);
- PV4 – вольтметр, для измерения напряжения между нейтралью трёхфазной сети и землей (U01.0);
- PV5 – вольтметр, для измерения линейного напряжения сети (Ul);
- S – выключатель нагрузки, коммутирующий дополнительную ёмкость между фазой А электрической сети и землей;
- ΔC – дополнительная ёмкость, которая вводится между фазой А электрической сети и землей.

Проведенные исследования на компьютерной модели показали, что при несимметрии в сети, а также при изменении величин и характера нагрузки погрешность в определении параметров изоляции не превышает 8 %.

Подключение дополнительной ёмкости не приводит, практически, к перенапряжениям в сети, не создаёт опасной ситуации для персонала, а получаемые при этом данные хорошо совпадают с фактическими значениями.

Научный руководитель: д.т.н., профессор А.И. Сидоров

**СНИЖЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ТРАНСПОРТИРУЕМОЙ НЕФТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ
УПРАВЛЯЮЩЕГО МОНИТОРИНГА УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

VAYNER D.B.
Soloviev RSATU

**REDUCING THE VISCOSITY OF THE TRANSPORTED OIL WITH USE OF CONTROL
MONITORING BY ULTRASONIC IMPACT**

В настоящее время постоянно растет доля добываемой высоковязкой нефти, это вызывает существенные проблемы с ее перекачиванием по магистральным нефтепроводам и, соответственно, ростом ее себестоимости.

Поскольку нефть и ее фракции по своим коллоидно-химическим свойствам являются нефтяными дисперсными системами со сложной внутренней организацией, они способны изменяться под воздействием различных внешних факторов. Так, при перекачивании нефти с учетом дисперсности нефтяной системы может использоваться смешение нефтяных потоков, введение активных добавок, применение физических методов: тепловой подогрев, возбуждение в нефтяной среде упругих колебаний различной природы – магнитных, ультразвуковых, механических, электрических, сверхвысокочастотное излучение (СВЧ).

Ряд методов повышения текучести нефти давно нашли практическое применение несмотря на существенные энергетические и материальные затраты. Методы на основе устройств, создающих упругие колебания, массового применения не нашли, хотя и имеют явно положительные эффекты и находятся в стадии исследовательских разработок. Это обусловлено тем, что перечисленные выше методы снижения кинематической вязкости в целом имеют свои недостатки:

- при термообработке используются жаровые трубы, температура нефти на поверхности которых больше, чем в остальном объеме, что приведет к ухудшению ее характеристик и структурным изменениям;
- добавление поверхностно-активных веществ не является универсальным, так как требует постоянной коррекции поверхностно-активных веществ в зависимости от химического состава нефти;
- смешение с нефтью меньшей вязкостью экономически невыгодно, так как требует наличие легкой нефти на промыслах;
- применение ультразвуковых установок со сфокусированным излучением по всему объему нефтепродукта связано с большими энергозатратами;
- при воздействии высокочастотного электромагнитного поля для улучшения реологических свойств нефти при повышенном содержании смолисто-асфальтовых веществ может привести к повышению вязкости нефти из-за образования крупных ассоциатов.

На основании множества публикаций, посвященных снижению вязкости нефти, можно сделать вывод, что имеются различные направления создания новых способов снижения вязкости и совершенствования устройств на основе известных способов по пути снижения энергозатрат и увеличения физического эффекта.

Таким образом, следует более детально остановиться на ультразвуковом способе воздействия на нефть с целью снижения ее вязкости. По результатам экспериментальных исследований наиболее эффективной частотой является частота 19 - 22 кГц, более значительное увеличение частоты приводит к обратному эффекту. При воздействии ультразвуковых колебаний в фазе разряжения в структуре нефти возникают кавитационные пузырьки или каверны, которые в совокупности создают кавитационные области. В фазе сжатия под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения пузырек схлопывается, создавая значительное давление, высокую температуру и распространяя сферическую ударную волну.

Таким образом, кавитационная область представляет собой своеобразный трансформатор мощности, в котором сравнительно медленно накапливается энергия и освобождается в течение очень короткого времени, в результате чего мгновенная мощность во много раз превосходит среднюю, вводимую излучателем в кавитационную область. Кавитация разрывает связи между длинными молекулами парафина и смол, образующими некоторую гибкую решетку, тем самым снижая вязкость. Так как, связи между молекулами сравнительно малы, то нет необходимости в большой интенсивности воздействия акустических волн. Необратимое уменьшение вязкости нефти происходит уже при облучении ультразвуком в пределах 10 Вт/см^2 за определенное время. Однако, большая интенсивность излучения может привести к изменению физико-химического состава и даже к увеличению кинематической вязкости.

По результатам предварительного анализа можно сделать вывод что для построения акустической системы снижения вязкости нефти при перекачке по нефтепроводу, акустическая система должна состоять из ряда распределенных магнитострикционных преобразователей с контролируемой интенсивностью излучения с целью ограничения объемов кавитационных областей. Так как в нефтепроводе имеет место непрерывно движущийся поток нефти, а интенсивность излучения единичного генератора должна быть ограничена, то для облучения полного объема устанавливается ряд излучателей. Для образования кавитационной области соответствующего объема необходимо определенное время. Поэтому путем установления коротких периодов включения можно добиться того, чтобы количество пульсирующих полостей, образовавшихся за время включения было невелико, и при этом обеспечивалась максимальная передача энергии для разрыва связей между молекулами. Эффект создания необходимой средней мощности излучения на участке нефтепровода при работе кратковременных включений ультразвуковое поле создается рядом преобразователей, число которых равно скважности режима их включения. При этом, чтобы не происходило взаимного дополнения по времени ультразвуковых полей, создаваемых отдельными излучателями, они включаются так, чтобы соответствующие зоны пучностей давления не совпадали.

Дополнительно интенсивность излучения корректируется по результатам измерения вязкости нефти от входа в зону облучения, или исходная вязкость, и на выходе из зоны. Мониторинг информации с датчиков вязкости, температуры и скорости нефти поступает в блок обработки информации и по известным расчетным соотношениям формируется корректирующий сигнал. Применение в ультразвуковом генераторе широтно-импульсной модуляции позволяет изменять интенсивность и частоту излучения акустических колебаний для текущего режима обработки. Структурная схема распределенной ультразвуковой установки для снижения вязкости нефти представлена на рис. 1.

Вывод. Способ ультразвукового воздействия на нефть позволяет снизить ее кинематическую вязкость более чем в два раза, причем время релаксации составляет от нескольких часов до нескольких суток. Этот способ наименее затратный как по энергетической, так и по материальной составляющим. Для разрыва межмолекулярных связей в кавитационных областях требуется относительно небольшая интенсивность ультразвукового излучения. Для создания устойчивого эффекта снижения вязкости при перекачке нефти в нефтепровод предлагается включить группу распределенных по длине излучателей. Для создания в объеме нефти контролируемых кавитационных областей излучатели работают по определенному алгоритму чередующихся включений излучателей. Постоянный мониторинг информации с датчиков вязкости, скорости и температуры позволяет дополнительно изменять интенсивность излучения и контролировать объемы областей кавитации. Таким образом применение распределенной ультразвуковой установки с мониторингом реологических параметров нефти позволит уменьшить мощности магистральных насосов при требуемой подаче, а так же минимизировать применение традиционных методов снижения вязкости.

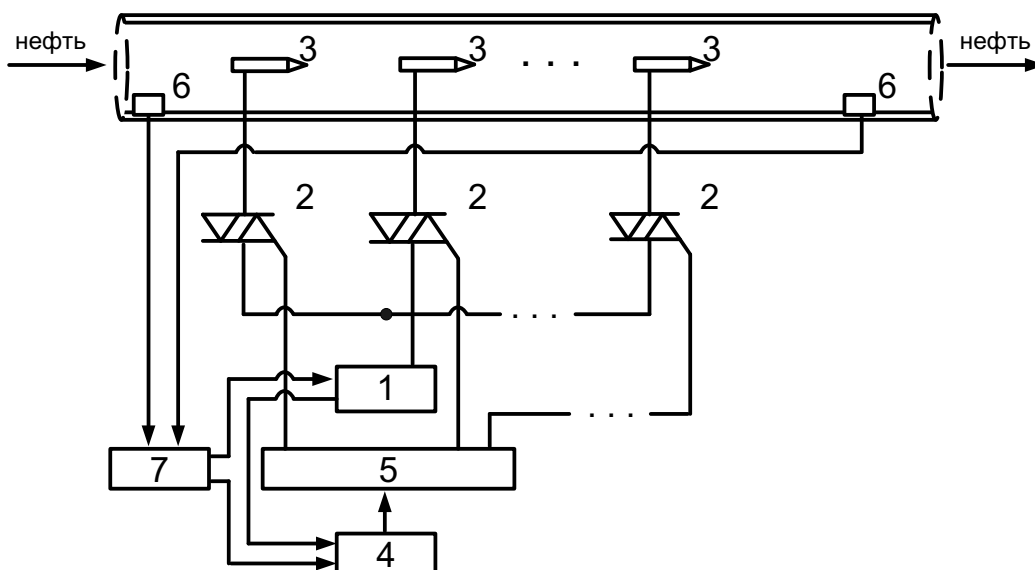


Рисунок 1 – Структурная схема распределенной ультразвуковой установки
 1 - Ультразвуковой генератор; 2 - Управляющие ключи переменного тока; 3 - Магнитострикционные преобразователи; 4 - Синхронизатор; 5 - Распределитель импульсов управления; 6 - Блок датчиков измерения вязкости скорости температуры нефти; 7 - Блок обработки информации.

Научный руководитель: к.т.н., доцент. А.В. Манин

ВОРОГУШИНА Н.И.

Новосибирский государственный технический университет

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
 ПАРООРГАНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ И
 РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА АРКТИКИ**

VOROGUSHINA N.I.

Novosibirsk State Technical University

**ASSESSMENT OF EFFICIENCY AND JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF
 STEAM-ORGANIC TECHNOLOGY FOR ENERGY SUPPLY AND DEVELOPMENT OF
 THE MINERAL RESOURCES COMPLEX OF THE ARCTIC**

В работе исследуется технология энергообеспечения зоны Арктики при применении цикла на низкокипящих рабочих телах. В XXI веке Арктика является одной из важнейших территорий геополитических интересов России, в которой она всячески пытается укрепить позиции. Развитие Арктики открывает перспективы добычи природных ресурсов, использование Северного Морского пути для создания мощного минерально-сырьевого комплекса и решение вопросов обороноспособности. Несмотря на сложности добычи арктических месторождений, они позволят укрепить финансовое благополучие той страны, которая приложит к этому максимум усилий. Именно поэтому важно создать энергоэффективные объекты для энергоснабжения потребителей Арктики, горнодобывающей промышленности, добычи углеводородного сырья.

Сейчас энергообеспечение районов Арктики происходит, как правило, при помощи дизельных электростанций, они имеют низкую эффективность и высокую себестоимость производства энергии, а топливо для них доставляют раз в год по северному завозу, осуществляемого по Северному Морскому пути. Предлагается использовать энергию ветра, солнечные батареи. Однако применение ветроустановок требуют их специфического изго-

товления, особых материалов, которые можно использовать при экстремально низких температурах, это делает их производство гораздо дороже, а их закупка осуществляется за рубежом. Касаемо солнечных батарей, следует иметь в виду, что в течение полугода в Арктике имеет место полярная ночь.

В данном исследовании разрабатывается пароорганическая технология, которая эффективна при низких отрицательных температурах окружающей среды. Установка работает на основе двух циклов Ренкина, одним, традиционно реализующимся на водяном паре, и другим, где используются органические жидкости: пентаны, хладоны, фторуглероды, силиконовые масла с низкой температурой кипения при атмосферном давлении. Технические решения на основе Органического цикла Ренкина (далее – ОЦР) могут применяться при реализации геотермальных электростанций [1], при утилизации теплового потока, сбрасываемого от двигателя внутреннего сгорания [2,3], при утилизации других низкопотенциальных сбросных тепловых потоков разных технологических циклов и производств [4].

Принципиальная тепловая схема исследуемой установки представлена на рисунке 1. Сгенерированный водяной пар высоких параметров вырабатывает мощность в своем контуре и направляется в теплообменный аппарат (ТО), где конденсируется и своим теплом генерирует пар низкокипящего рабочего тела (хладагента / R-агента). Далее R-пар вырабатывает мощность в R-турбине (R) ОЦР-контура и отправляется в R-регенератор. Последний элемент повышает эффективность использования хладагента, так как после расширения R-пар остается в перегретом состоянии, благодаря термодинамическим свойствам органических жидкостей. Он способен поднять температуру своей жидкой фазы после конденсации в воздушном конденсаторе (ВК) за счет охлаждения воздухом с температурой окружающей среды, что также повышает к.п.д. Метод расчета эффективности такой схемы представлен в работе [5].

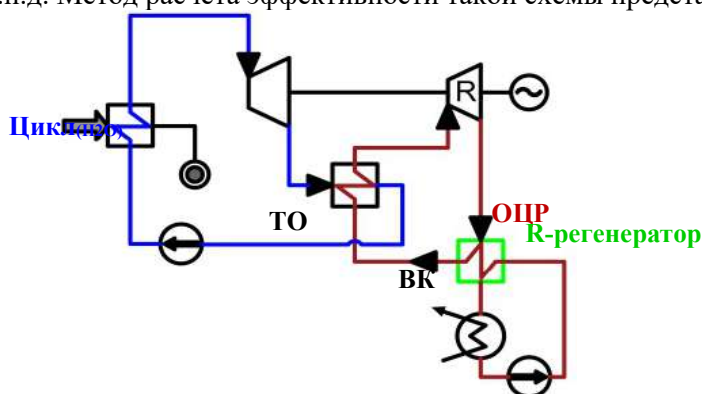


Рисунок 1 – Принципиальная тепловая схема пароорганической технологии с регенератором в ОЦР-контуре

Обращаем внимание, что водяной конденсатор не используется, теплота отработавшего водяного пара утилизируется посредством теплообмена с низкокипящим рабочим телом. Этот факт исключает из процесса энергопроизводства градирни, вместе с тем это устраняет проблему стоков в воду, выброса в атмосферу водяных паров, которые являются самыми активными парниковыми газами, а это уже шаг в мерах борьбы с глобальным потеплением, что актуально для Арктической зоны. Конденсация рабочего тела во втором контуре происходит за счет охлаждения воздухом в воздушном конденсаторе, т.е. нет необходимости в оборотной воде вообще, что является большим плюсом для хрупкой экосистемы Арктики.

Для получения наибольшей эффективности такой технологии был проведен анализ на 30 рабочих телах, результаты термического к.п.д. и расхода хладагентов представлены на рисунке 2.

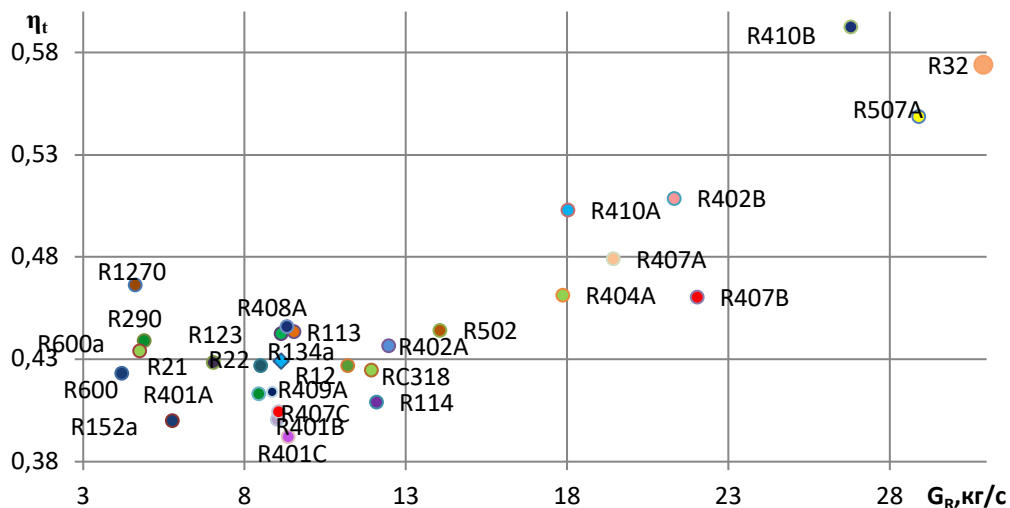


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости η_t от расхода R-агента

В таком техническом решении термический к.п.д. схемы обеспечивается на уровне 38 – 59 % для разных R-агентов. Для удобства расчета расход водяного пара в первом контуре (Цикл H_2O) принят за 1 кг/с, т.е. 1 кг/с водяного пара можно генерировать до 29 кг/с R-пара, другие нюансы данного расчета также представлены в работе [5].

Результаты, представленные на рисунке 2, получены при условии температуры окружающей среды: $t_{окр} = +30$ °С, что дает понять, показатели η_t – пессимистичны, и при понижении температуры воздуха будут повышаться, ведь теплоперепад на ОЦР-турбину увеличится.

Проведен расчет схемы (рис. 3), представленной на рисунке 1 на основе озонобезопасного фреона R32, который показал хорошую эффективность $\eta_t = 0,574$ при $t_{окр} = +30$ °С. Теперь же взят диапазон температур воздуха: $-30...+30$ °С.

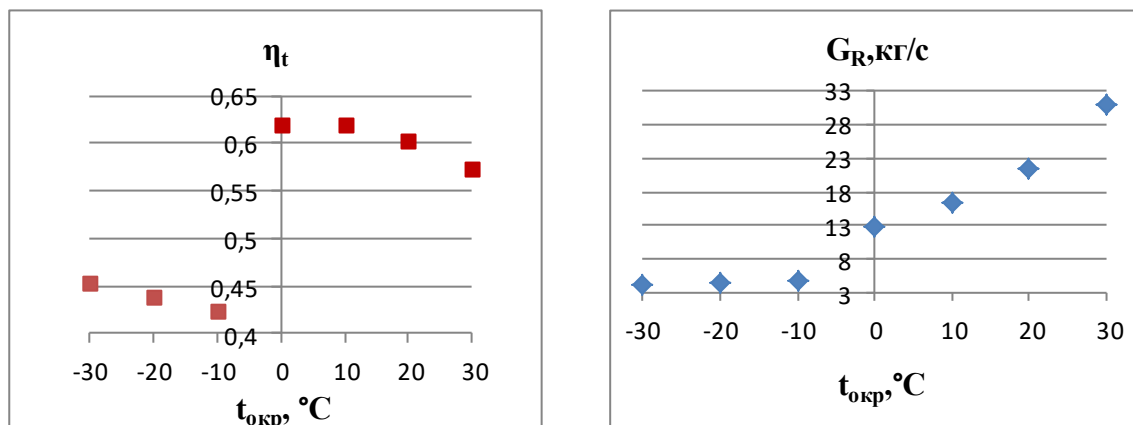


Рисунок 3 – Зависимость к.п.д. и расхода пара хладагента R32 от температуры воздуха

Таким образом, добились максимальной термической эффективности $\eta_t = 0,6194$ при температуре воздуха $t_{окр} = 0$ °С. На графиках имеется скачок, объясняемый тем, что в точках $-30, -20, -10$ °С подогретый R-агент после регенерации находится в жидком состоянии, а в правой части графика (положительные температуры воздуха) он уже является перегретым паром, что отражается на расходе хладагента и мощности ОЦР-контур.

Затем были исследованы влияние начальной температуры водяного пара, температуры пара хладагента на к.п.д. цикла, вместе с зависимостью от температуры воздуха. Получилось, что при увеличении начальной температуры водяного пара на 10°С термическая эффективность возрастает на 2% относительных. Термическая эффективность падает на 2% относительных при увеличении температуры R-пара на 6°С. Падение температуры окружающей среды на 10°С обеспечивает рост эффективности на 5% относительных. Такие выводы сде-

ланы при осреднении по всем рассматриваемым рабочим телам и в относительных величинах в схеме без R-регенератора, для которой не характерен скачок в показателях как на рис. 3.

Также в работе установлено, что эффективность такого двухступенчатого цикла возрастает по мере усложнения тепловой схемы. Всего в исследовательской работе рассмотрено 7 принципиальных технических решений, где применяется разная комбинация внутренней и внешней регенерации, а также дополнительным внешним подводом теплоты, реализованным за счет теплоты уходящих газов, что позволяет утилизировать ещё один низкопотенциальный поток и поднять к.п.д. На данном этапе необходимо определить самое термодинамически выгодное рабочее тело для расчета реальной тепловой схемы при необходимых параметрах, не забывая про требуемые условия экологичности хладагентов.

Кроме прочего, процессы в двухступенчатом цикле Ренкина происходят так, что пар расширяется только в сухих зонах, а это означает снятие проблемы влажнопаровых ступеней турбины, увеличение срока службы такого оборудования. Высокая плотность органических жидкостей позволяет сократить габариты энергоустановки, следовательно, уменьшить металлоемкость. Все эти преимущества вместе с высокой эффективностью при отрицательных температурах делает эту технологию перспективной для исследования и применения в условиях крайнего севера, для развития энергообеспечения территории Арктики и её богатых месторождений.

Список литературы:

1. Gaia M. The Altheim Rankine cycle TURBOGENERATOR, 1 MW organic rankine cycle power plant powered by low temperature geothermal water. In: Geothermische Vereinigung, Geeste, editor. Geothermische Energie, vol. 36/37(3/4); 2002.
2. Peris B., Navarro-Esbri J., Moles F. Bottoming organic Rankine cycle configuratious to increase Internal Combustion Engins power output from cooling water waste heat recovery/ Applied Thermal Engineering, 2012. – pp. 364-371.
3. Wenzhi G., Junmeng Z., Guanghua L., Qiang B., Liming F. Perfomance evaluation and experiment system for waste heat recovery of diesel engine/ Energy, 2013. - №55. – pp. 226-235.
4. Pantaleo A., Ciliberti P., Camporeale S., Shah N. Thermo-economic assessment of small scale biomass CHP: steam turbines vs ORC in different energy demand segments/ Energy Procedia, 2015. - №75 – pp. 1609 – 1617.
5. Ворогушина Н.И. Метод расчета эффективности сочетания пароводяного и Органического циклов Ренкина при внутренней регенерации R-агентов / Н.И. Ворогушина; науч. рук. П.А. Щинников // Материалы Всероссийской конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации.», Новосибирск, 2020 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. – С. 179-183.

Научный руководитель: д.т.н., профессор П.А. Щинников

ГУБАРЕВ Н.А.

Казанский государственный энергетический университет

**РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ 110-220 кВ**

GUBAREV N.A.

Kazan State Power Engineering University

**ROBOTIC COMPLEX FOR MONITORING THE STATE OF ELECTRICAL
EQUIPMENT OF ELECTRICAL SUBSTATIONS 110-220 KV**

Основным требованием для предотвращения аварий на электрических подстанциях является регулярный осмотр и диагностика оборудования. Осмотр оборудования и сооружений на подстанциях без постоянного дежурного персонала должен проводиться не реже одного раза в месяц, в сумме за год - 12-ти [1]. Тепловизионное же обследование для трансформаторов номинальным напряжением 110-220 кВ проводится раз в два года, а для остального оборудования проводится по возможности [2]. Таким образом, несмотря на то, что регулярный осмотр в комплексе с тепловизионным обследованием позволяет выявить дефекты оборудования на ранних этапах, частота проведения данных мероприятий мала. Внедрение роботизированного комплекса мониторинга электрооборудования позволит решить данные проблемы, повысив качество выполнения мониторинга посредством автоматизирования процессов диагностики и оценки состояния электрооборудования.

Разрабатываемая система (рис. 1) позволит совместить тепловизионный и ультрафиолетовый мониторинг, благодаря установке на робота инфракрасных и ультрафиолетовых камер. Для навигации на подстанции робот будет оснащён лазерной системой ориентирования. Данная система является наиболее дешёвой и точной, по сравнению с технологиями машинного зрения и навигации по GPS. Благодаря однотипности подстанций типа 4Н и 5Н будут разработаны шаблоны маршрутов робота (рис.2) [3]. На подстанции размещается станция подзарядки, на которой робот производит подзарядку аккумуляторов и находится в режиме ожидания. Инспекция будет проводиться как по требованию оператора, так и по заранее запланированному графику, составленному согласно статистике отказов. Отснятый материал будет анализироваться системами АСУ, которые позволят автоматизировать систему мониторинга и анализа полученных данных.

Робот-инспектор конструктивно состоит из шасси, пантографа и устройств диагностики оборудования. Шасси будет оснащено приводом, позволяющим преодолевать все препятствия на подстанции и не создавать излишних вибраций на корпус. На шасси устанавливаются блоки управления и передачи данных. Также, монтируется система лазерного ориентирования и FPV камеры. Для изоляции электроники от магнитного поля и наводок от подстанционного оборудования, корпус выполняется из магнитонепроницаемых материалов. Пантограф делает робота компактным и предназначен для чёткого позиционирования устройств диагностики. На пантограф устанавливаются камеры ультрафиолетового с длиной волны 7.5 – 13.5 мкм и инфракрасного спектра, 7.5-14 мкм [4,5]. Совместная установка на робота камер ультрафиолетового и тепловизионного спектров позволит проводить комплексный анализ состояния оборудования.

Станция зарядки устанавливается на территории подстанции и помимо подзарядки аккумуляторов выполняет роль связующего звена между диспетчером и роботом, производя передачу данных с устройств диагностики и состояние робота оператору или диспетчеру.

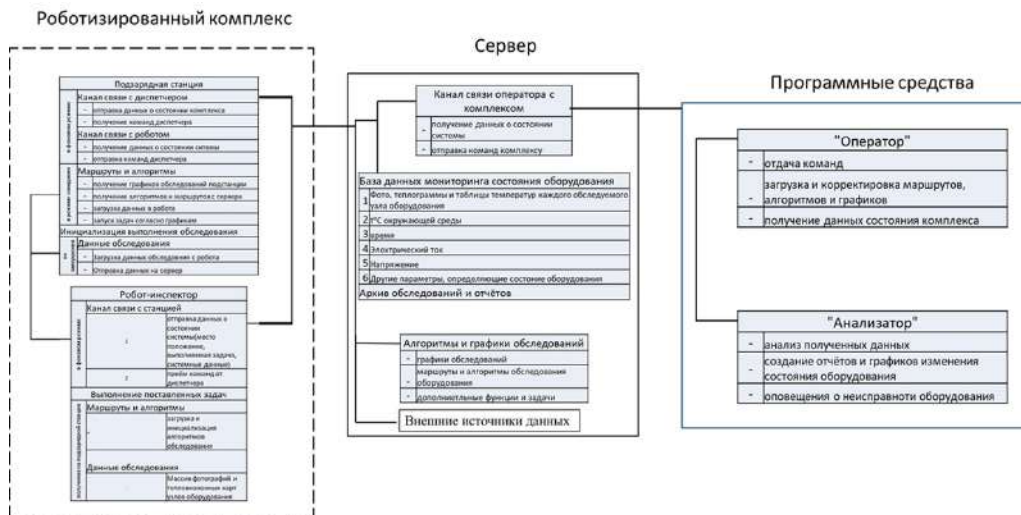


Рисунок 1 – Структура комплекса



Рисунок 2 – Маршрут обследований электрооборудования

Использование разработанного комплекса позволит увеличить объём работ по контролю состояния электрооборудования, при сохранении нынешних затрат на обслуживание подстанции, и осуществлять передачу данных о выявленных дефектных участках в диспетчерское управление, что приведёт к ускорению корректировки графика ремонтных работ и переходу к ремонтам по состоянию.

Список литературы:

- СТО 70238424.17.220.20.007-2009 Системы и устройства диагностики состояния оборудования подстанций и ЛЭП. Условия создания. Нормы и требования [электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/1200093698> (дата обращения 17.02.2020).
- РД 153-34.0-20.363-99 Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и В Л [Электронный ресурс]. <http://www.thermoview.ru/pdf/rd.pdf> (дата обращения 15.02.2020).

3. Типовые решения для подстанций 35, 110 кВ [Электронный ресурс]. www.abs-vniir.ru (дата обращения 17.02.2020).

4. Тепловизионная камера для дронов FLIR Duo Pro R 360 [Электронный ресурс] <https://spectraltechnology.ru/upload/iblock/499/499d2218445d4b4ac7d69ed48ca6f800.pdf> (дата обращения 15.02.2020).

5. УФ камера DayCOR micROM HD [Электронный ресурс]. <https://www.pergam.ru/files/topdfydavcor-microm-hd228560.pdf> (дата обращения 17.02.2020).

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.Х. Сабитов

ГУРЕВИЧ И.А.

Санкт-Петербургский горный университет

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ИМЕЮЩИХ КОНСТРУКТИВНЫЕ ДЕФЕКТЫ ИЛИ ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОТРЕБЛЯЕМЫХ ТОКОВ

GUREVICH I.A.

St. Petersburg Mining University

EVALUATION OF THE ENERGY EFFICIENCY OF OPERATION OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS WITH STRUCTURAL DEFECTS OR DEFECTS BASED ON THE ANALYSIS OF THE HARMONIC COMPOSITION OF THE CONSUMED CURRENTS

Вопросы энергосбережения и энергоэффективности обретают в настоящее время всё большую актуальность. Одним из основных потребителей электрической энергии в промышленности являются асинхронные электродвигатели. В процессе эксплуатации по в них могут возникать различные неисправности, которые могут проявиться моментально в виде аварии или развиваться в течении длительного времени. В последнем случае, при невозможности своевременного выявления и устранения дефектов, потери энергии в двигателе увеличиваются в сравнении с нормальным режимом его работы. В связи с этим оценка влияния тех или иных неисправностей или дефектов конструкции двигателя на эффективность преобразования в нём энергии является актуальной научной задачей.

Различные повреждения двигателя, в частности повреждение подшипников, появление эксцентриситета (динамического, статического или смешанного), образование трещин или обрывов в стержнях ротора, межвитковые короткие замыкания и обрывы фаз влекут за собой возникновение дополнительных гармонических составляющих в спектре потребляемого двигателем тока. Типичные частоты характерных гармоник определены ГОСТ ISO 20958:2013. Следует отметить, что на определённом этапе эксплуатации указанные выше повреждения двигателя не приводят к его немедленной неработоспособности. Кроме того, в ряде случаев двигатель может продолжать эксплуатироваться некоторое время при наличии повреждений, если немедленный ремонт невозможен, затруднителен или экономически не оправдан. Например, подобные ситуации возможны для электроприводов транспортных средств непосредственно при движении по маршруту, для оборудования, расположенного в значительной удалённости от мест возможного ремонта, для погруженного скважинного электрооборудования, для машин непрерывного производства и так далее.

При наличии неисправности, кроме основной гармонической составляющей в спектре потребляемого двигателям тока, возникают дополнительные гармонические составляющие, их величина оценивается с помощью коэффициента модуляции, который может принимать значения от 0,0001 до 0,01 амплитуды главной гармоники для неисправности в клетке ротора. Коэффициент модуляции зависит как от спектрального состава тока, так и от величины отдельных гармонических составляющих обусловленных

неисправностями, и, следовательно, данный коэффициент можно принять в качестве интегрального показателя, характеризующего степень развития повреждений в двигателе. Значение коэффициента модуляции непосредственно связано с потребляемой из сети мощностью, что показано на графике, приведенном на рис. 1., а значит этот коэффициент также характеризует и эффективность преобразования энергии в двигателе. В основу расчетов был взят двигатель АИР80В4 мощностью 1,5 кВт.

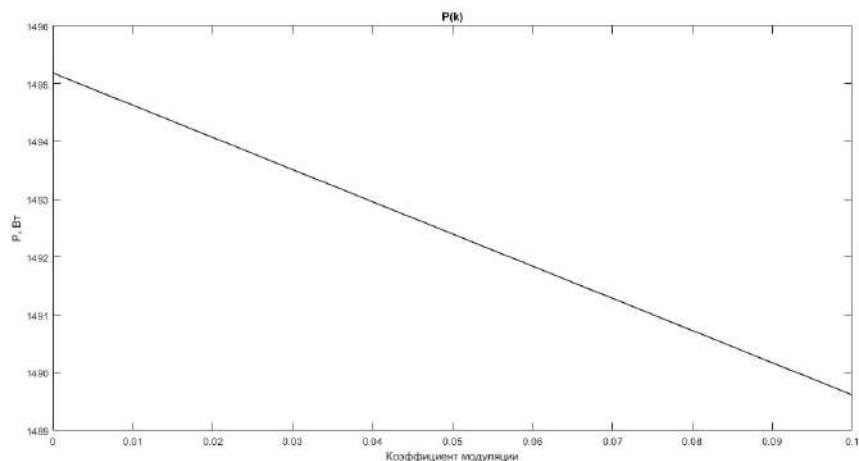


Рисунок 1 – График отображающий зависимость активной мощности от коэффициента модуляции субгармоник

Расчёт выполнялся для частот субгармоник при дефекте клетки ротора по следующей формуле

$$f_{st} = f_1 [1 - 2 \cdot s \cdot n], \quad (1)$$

где f_1 – частота основной гармоники, Гц;

s – скольжение двигателя;

n – номер частотной составляющей в боковой полосе, $n = 1, 2, 3, \dots$

Расчёт активной мощности двигателя выполнялся по формуле

$$P = \frac{\int_0^{2\pi} 3 \cdot U_m \cdot I_m \cdot \eta \cdot \sin(\omega t) \cdot (\sin(\omega t + \varphi) + k \cdot \sin(\omega [1 - 2 \cdot s \cdot n] t + \varphi) + k \cdot \sin(\omega [1 - 2 \cdot s \cdot n] t + \varphi)) dt}{2\pi}, \quad (2)$$

где η – коэффициент полезного действия двигателя

U_m – амплитуда фазного напряжения сети, В;

I_m – амплитуда фазного тока, А;

ω – угловая скорость первой гармоники, $\frac{rad}{c}$;

φ – угол сдвига фаз между напряжением и током, rad ;

s – скольжение двигателя;

n – номер частотной составляющей в боковой полосе, $n = 1, 2, 3, \dots$;

k – коэффициент модуляции амплитуды субгармоники.

На основании приведенного графика можно оценить экономические показатели при работе двигателя с имеющейся неисправностью, оценить целесообразность выполнения немедленного ремонта или же возможность продолжить эксплуатацию двигателя, имеющего дефекты.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.А. Коржев

ДОБУШ Ю.В.

Санкт-Петербургский горный университет

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВКЛАДОВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ИСКАЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА В ТОЧКЕ ОБЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ

DOBUSH I.U.V.

St. Petersburg Mining University

METHOD FOR DETERMINING THE CONTRIBUTIONS OF ELECTRIC POWER CONSUMERS TO THE VOLTAGE AND CURRENT DISTORTION AT THE POINT OF COMMON COUPLING

Энергоэффективность современных промышленных предприятий в большой степени зависит от использования высокотехнологичного электротехнического оборудования, позволяющего изменять формы напряжений и токов, питающих электродвигатели, для возможности изменения их скорости вращения. Безусловно, очевидны преимущества использования регулируемых электроприводов, однако такое широкое распространение нелинейной нагрузки ведет к существенному снижению качества электроэнергии. В связи с этим, возникло два направления исследований, первое из которых – разработка устройств, компенсирующих высшие гармоники потребляемого тока. Второе направление – разработка метода, позволяющего определить источник искажений относительно точки общего присоединения (ТОП). Если первый вопрос был тщательно изучен в последние 30 лет и были разработаны фильтры высших гармоник различных конфигураций, эффективно улучшающие качество электроэнергии в ТОП, то вторая проблема не решена в полной мере. Существующие методы определения источников высших гармоник и их вкладов в суммарные искажения сети либо позволяют определить только доминантный источник без четкого результата в процентном соотношении, либо являются технически нереализуемыми, либо не имеют под собой фундаментальных физических и математических оснований. В то же время наличие достоверного и точного метода могло бы стать основанием для обоснованного регулирования ответственности потребителей и системы электроснабжения за качество электрической энергии в вопросе высших гармоник.

В рамках исследований по данной теме было предложено использование коэффициента K_D – вклада потребителя в искажения тока и напряжения в ТОП. Метод расчета коэффициента предполагает измерения токов потребителей и их суммарного значения в ТОП для каждой гармоники отдельно, после чего расчет проекций тока каждого потребителя на суммарный ток и её соотношение к суммарному току. Особенностью данного подхода является анализ и расчет вкладов потребителей в векторной форме, в результате чего возможно возникновение отрицательных значений K_D , сигнализирующих о том, что рассматриваемый потребитель компенсирует внешние токи высших гармоник.

Проведенные теоретические исследования обосновывают возможность применения предлагаемого метода. Компьютерное моделирование в среде Matlab Simulink позволило с помощью численных методов рассмотреть характерные случаи соотношений линейных и нелинейных нагрузок потребителей и подтвердить предположенные на этапе теоретических исследований зависимости. В качестве апробации метода был проведен ряд лабораторных экспериментов на стенде, позволяющем создать условия, при которых искажения напряжения в ТОП превышают значения, регламентируемые ГОСТ 32144-2013. В ходе экспериментов измерялись токи высших гармоник линейных и нелинейных потребителей при различных режимах нагрузки. Были получены отрицательные значения вкладов K_D для линейного потребителя в виде асинхронного двигателя при любых значениях потребляемой им мощности, а также при широком диапазоне регулирования режима работы нелинейного потребителей, представленного либо тиристорным выпрямителем, либо тиристорным регулятором. При проведении эксперимента с тремя подключенными потребителями возможно четко определить, является ли источником тока высшей гармоники только одна из нелинейных нагрузок, либо сразу два потребителя и в каком соотношении.

Безусловно, требуются дополнительные исследования, чтобы расширить область применения предлагаемого критерия и способа. Например, провести исследования двух потребителей смешанного характера, включающих в себя как линейную, так и нелинейную нагрузку. Также интересным представляется исследование систем, включающих в себя компенсаторы реактивной мощности и фильтры высших гармоник.

Однако уже сейчас можно сделать вывод о том, что предлагаемый коэффициент K_D может стать инструментом для обоснованного распределения ответственности за генерацию токов высших гармоник между потребителями, подключенными к одной ТОП.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Я.Э. Шклярский

ЗАМЯТИН А.И.

Санкт-Петербургский горный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ ОТ 1 ДО 100 кВт

ZAMYATIN A.I.

St. Petersburg Mining University

RESEARCH OF SMALL WIND TURBIN WITH A HORIZONTAL AXIS OF ROTATION WITH A POWER FROM 1 TO 100 KW

В настоящее время в связи с развитием «зеленой» энергетики, в частности ветрогенерации, появляется все больше производителей из разных стран, предлагающих свою продукцию. Применение малых ветроэлектрических установок (ВЭУ) особенно распространено при построении автономных систем электроснабжения. При этом множество параметров ВЭУ влияет на конечную генерацию энергии, из-за чего усложняется процесс выбора необходимой ВЭУ. Поэтому создание базы данных, облегчающих выбор конкретной ВЭУ, является актуальной задачей.

Целью работы является создание базы данных ветроэлектрических установок с горизонтальной осью вращения мощностью от 1 до 100 кВт и унифицированной энергетической характеристики. Дальнейший анализ параметров ветрогенераторов по более чем 20 ключевым характеристикам, таких как:

- распределение ВЭУ по установленной мощности (1-5; 5-20; 20-50; 50-100 кВт);
- количество лопастей;
- типы генератора;
- распределение ВЭУ по технологии ориентации на ветер;
- распределение способов по ограничению частоты вращения для разных мощностей ВЭУ;
- диапазон рабочих температур;
- номинальная, минимальная, максимальная и буревая скорость ветра и другие параметры.

Создание унифицированной энергетической характеристики для всех моделей, а также для моделей, использующих конкретную технологию или с определенной номинальной скоростью ветра, позволяет оценить возможную генерацию энергии и провести технико-экономический расчет для определения рентабельности проекта. Использование унифицированной энергетической характеристики при построении математической модели ветроэлектрической установки позволяет получать независимые от конкретной модели результаты при исследованиях.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.А. Бельский

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТРУБОПРОВОДОВ МЕТОДОМ
КОНТРОЛЯ УДАРНЫХ ДАВЛЕНИЙ**

KLESHNINA P.M.
St. Petersburg Mining University

**DETERMINATION OF THE RESIDUAL WORKING HOURS OF PIPELINES BY THE
METHOD OF IMPACT PRESSURE CONTROL**

Определение остаточного ресурса трубопроводов является важной задачей для современных условий эксплуатации систем теплоснабжения, а также транспорта ресурсов.

Неточная диагностика трубопроводов или ее отсутствие приводит к серьезным проблемам. Различные условия эксплуатации для двух идентичных трубопроводов определяют разный остаточный ресурс, неверная диагностика приводит к следующим исходам:

1. Аварии и разрывы трубопроводов, приводящие к жертвам, разрушениям, а также к непоправимым последствиям.

2. Большие экономические затраты на замену или ремонт новых трубопроводов с большим остаточным ресурсом.

Существуют различные методы диагностики трубопроводов, однако они имеют ряд недостатков, вследствие чего не могут являться универсальными.

Альтернативой существующим методам является способ определения остаточного ресурса трубопроводов методом контроля ударных давлений.

Способ осуществляется следующим образом:

Поток жидкости движется по трубопроводу, далее с помощью запорной арматуры (например, шаровой кран или дисковый затвор) поток резко перекрывается. В результате в трубопроводе возникает гидравлический удар. Давление, возникшее при гидравлическом ударе, измеряется и фиксируется датчиком давления во времени. Данные, полученные от датчика, отправляются на компьютер по проводной или не проводной сети. Выбор сети для передачи данных осуществляется исходя из условий эксплуатации трубопровода.

На компьютере автоматически строится график зависимости ударного давления от времени. Обработанные результаты сравниваются с расчетными значениями «идеального» трубопровода. Далее применяется формула Жуковского, рассчитываются модуль упругости и толщина стенки трубопровода:

$$\Delta P_{уд} = p \cdot v_0 \sqrt{\frac{E}{p} \frac{1}{1 + \frac{E D k}{E_{тр} h}}} \quad (1)$$

$\Delta P_{уд}$ – степень повышения ударного давления в трубопроводе, Па; v_0 – начальная скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с; E – модуль объемной упругости жидкости, Па; p – плотность жидкости, кг/м³; $E_{тр}$ – модуль упругости материала стенок трубы, Па; D – диаметр трубы, м; h – толщина стенок трубы, м; k – поправка для ж/б трубопроводов.

Из формулы Жуковского видно, что степень повышения ударного давления пропорциональна модулю упругости стенки и толщине стенки в степени 0,5. После определения параметров толщины и модуля упругости стенки производится оценка технического состояния трубопровода.

Применение способа диагностики трубопроводов контролем давлений при гидравлических ударах имеет ряд преимуществ:

- способ является неинвазивным, что упрощает его реализацию;
- способ устраняет недостатки, выявленные в альтернативных способах;
- способ осуществим в труднодоступных местах;
- способ дает достаточно точную информацию о состоянии трубопровода.

Научный руководитель: д.т.н., профессор П.В. Яковлев

КОЗЛОВ Р.Д., ДОЛБНЯ О.В.

Кузбасский государственный технический университет

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ

KOZLOV R.D., DOLBNYA O.V.

Kuzbass State Technical University

ELECTRICITY SUPPLY OF CAREER EXCAVATORS ON DIRECT CURRENT

Для современной горнодобывающей промышленности данная работа является актуальной, так как большинство угольных разрезов продолжают эксплуатировать одного из лучших представителей линейки карьерных гусеничных экскаваторов ЭКГ-15, хоть и производство данной модели началось ещё в 1984 году.

Большая часть нагрузки современного разреза приходится на высоковольтные двигатели. Основной машиной является экскаватор с присоединенной мощностью 625 – 400 кВт·А. На крупных разрезах число экскаваторов может достигать 50 единиц, а протяженность внутрикарьерных распределительных сетей напряжением 6 – 35 кВ может приближаться к 300 км.

Анализ оборудования, а также выводы из опыта эксплуатации привели к следующей гипотезе: на карьерных экскаваторах «старого типа» нецелесообразно использовать генераторную группу, в то время, как например на ЭКГ – 18, уже во всю используется тиристорный, так же и другие преобразователи тока. Поэтому, исходя из расчетов по потерям в питающих линиях, было принято решение о замене генераторной группы на тиристорный преобразователь в уже действующих экскаваторах.

В экскаваторах типа ЭКГ или ЭШ используется большое количество систем, разнообразных по назначению и принципу работы. Практически все известные на сегодня схемы преобразования энергии, такие как гидравлика, пневматика, электропривод, электроника, нашли применение на этих машинах. Первичной и главной ступенью преобразования энергии – а в современных тяжелых экскаваторах это электрическая энергия, поступающая в экскаватор через высоковольтную питающую цепь – является электропривод.

Эволюция электропривода карьерных экскаваторов за последние тридцать лет привнесла некоторые изменения в конструкцию, но по-настоящему новых принципиальных решений, уже внедренных на «живых» машинах, мало. Использование силовых тиристорных преобразователей для электропривода главных приводов приводит к снижению коэффициента мощности энергетической установки экскаватора, появлению дополнительных гармоник и колебаний напряжения в сети, что снижает качество электроснабжения карьера. Чтобы уменьшить негативное влияние работы ТП на сеть, на экскаваторах используются фильтрокомпенсирующие устройства.

Для преобразования нагрузки может использоваться тиристорный или транзисторный высоковольтный преобразователь на базе IGBT (биполярный транзистор с изолированным затвором). Тиристорный частотный преобразователь (ТП, ТПР или ТПЧ) – это электрическое устройство для преобразования переменного тока в постоянный, регулирования его уровня и прочих характеристик. С его помощью можно уравнивать различные параметры электрических редукторов: скорость вращения в момент пуска, угол и прочие.

В данной работе предлагается обоснование использования тиристорных преобразователей карьерных экскаваторов. ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П. Г. Коробкова» приступил к выпуску карьерных экскаваторов ЭКГ (10, 35К) с электроприводом по схемам:

- тиристорный преобразователь-двигатель
- преобразователь частоты-асинхронный двигатель

Используя тиристорный преобразователь для перехода с переменного тока на постоянный, электропотребление экскаваторов осуществляется от ГПП карьера или БПП переменным 3-х фазным током $U=6кВ$. Его преобразование в постоянный осуществляется установ-

ленным на экскаваторе 4-х машинным агрегатом, состоящим из СД и 3-х генераторов постоянного тока.

Данные системы имеют значительные габариты и вес, содержат щеточно-коллекторные узлы, требующие тщательной регулировки и ухода. Мощность СД достигает 2500-4000 кВт. Двигатели синхронные типов СДЭУМ15-39-6, СДЭМ15-39-6 и 2СДЭ15-39-6 трехфазного тока специального назначения устанавливаются на фундаментную плиту преобразовательных агрегатов экскаваторов ЭКГ-12,5, ЭКГ-6,3, ЭКГ-10УС и ЭШ10/70А. Предназначены для привода генераторов постоянного тока, которые питают приводные двигатели основных рабочих механизмов экскаваторов, изготавливаются для внутригосударственных и экспортных поставок. На некоторых экскаваторах последних лет выпуска вместо электромеханического преобразователя устанавливают полупроводниковые управляемые выпрямители, питающие каждый своего потребителя (поворот, подъем, напор). В этом случае снижается масса и габариты экскаватора, улучшаются и упрощается управление электрическими приводами.

Электрический привод как постоянного, так и переменного тока обеспечивает снижение электропотребления на выемку горной массы, а соответственно и потерь в питательной сети переменного тока напряжением 6кВ. Однако вследствие того, что ВЛ и КЛ обладают индуктивным сопротивлением переменному току, а это увеличивает потери напряжения и мощности в питающих линиях.

Питание двигателей постоянного тока (главных приводов экскаватора) уже долгий период времени осуществляется от генераторов постоянного тока (система Г-Д). Это достаточно надежная и простая в управлении система электропривода, она используется уже много десятилетий в приводах карьерных экскаваторов. Слабые электродвигатели постоянного тока обладают малой эффективностью, и их КПД около 40% в то время, как электродвигатели мощностью 1 МВт могут обладать коэффициентом полезного действия до 96%. На коэффициент полезного действия мотора, работающего на постоянном токе, влияет его мощность. Питание электродвигателей постоянного тока осуществляется от якорных тиристорных преобразователей Т, обмоток возбуждения электродвигателей моталок и разматывателей - от тиристорных возбудителей ТВ. Применение таких преобразователей, объясняется работой большинства этих приводов как в двигательном, так и в генераторном режимах, а также необходимостью точного контроля якорного тока при торможении участков агрегата. Только сравнительно простые электроприводы правильных машин имеют питание электродвигателей от нереверсивных преобразователей с одной группой тиристоров.

Подведем итог: проделанное исследование позволит предприятиям, ведущим открытые горные работы, снизить потери мощности в питательной сети переменного тока, что также благоприятно скажется на экономической составляющей. Карьерные экскаваторы, имеющие электропривод по схеме ТРП – Д, обретут следующие достоинства:

1. Большая жесткость получаемых искусственных характеристик.
2. Высокий КПД электропривода, определяемый высокими КПД трансформаторов (0,93–0,98) и управляемого выпрямителя (0,9–0,92).
3. Уменьшение количества электрических машин.
4. Возможность использования для двигателей с малой и большой мощностью.

Научный руководитель: профессор В.М. Ефременко

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ ПОГРУЖНЫХ
БЛОКОВ СКВАЖИННЫХ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

STERKHOV I.A., KRAEV N.A.
St. Peterburg Mining University

**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE FUNCTIONAL UNITS FOR
SUBMERSIBLE BLOCKS OF DOWNHOLE TELEMETRY SYSTEMS**

Добыча нефти в настоящее время претерпевает серьезные изменения. Особенности залегания пластов обуславливают необходимость бурения наклонных скважин, попутно увеличивая глубину бурения. Увеличение глубины залегания пласта вызывает проблему передачи информации с погружного телеметрического блока, задающего режим работы погружного электродвигателя и электроприводного центробежного насоса, на блок управления установкой на поверхности. В данной работе предложен дополнительный функциональный узел, позволяющий увеличить дальность передачи сигнала без значительных искажений.

За теоретическую основу исходных данных взяты характеристики системы погружной телеметрии ИРЗ ТМС производства АО «Ижевский радиозавод». С учетом особенностей эксплуатации оборудования сформулированы требуемые технические характеристики проектируемого узла:

- Необходимо получить усиление сигнала амплитудой 3,3 В (номинал выходного напряжения электроники погружного блока) как минимум в 10-12 раз без внесения серьезных искажений;
- Необходимо добиться максимальной мощности, передаваемой в нагрузку;
- Напряжение питания активных элементов схемы не должно превышать номинал бортового питания телеметрической системы в 48 В. Допустимо использовать кратные напряжения;
- Допускается использование только однополярной системы питания активных элементов;
- Используемая элементная база должна сохранять работоспособность при средней температуре в 130 °С с кратковременным повышением до 150 °С.

Проведя анализ требуемых от усилителя параметров принято решение о проектировании функционального узла, выполняющего роль усилителя сигнала, электрическая схема которого состоит из двух частей.

Первая часть усилителя представляет собой входной каскад. В данном случае происходит обработка входного сигнала и предварительное усиление. Схемотехнически данный каскад состоит из нескольких частей: входной сигнал, операционный усилитель с отрицательной обратной связью и повышающий трансформатор.

Вторая часть усилителя состоит из двух каскадов, реализованных на биполярных транзисторах: с помощью входного каскада (Q5 – Q6) задается положение рабочей точки. Выходной каскад (Q1 – Q4) является каскадом усиления по току. Полная электрическая принципиальная схема спроектированного усилителя представлена на рисунке 1.

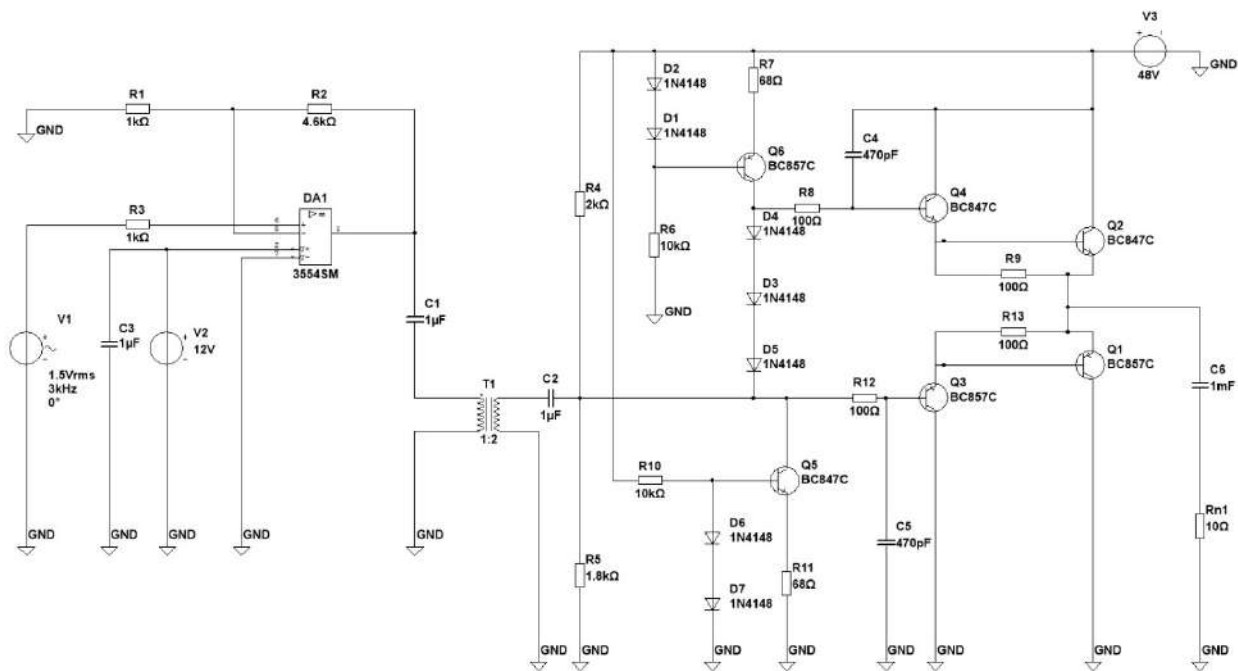


Рисунок 1 – Электрическая принципиальная схема спроектированного усилителя
Полученные соотношения амплитуды напряжения входа и выхода усилителя представлены на рисунке 2.

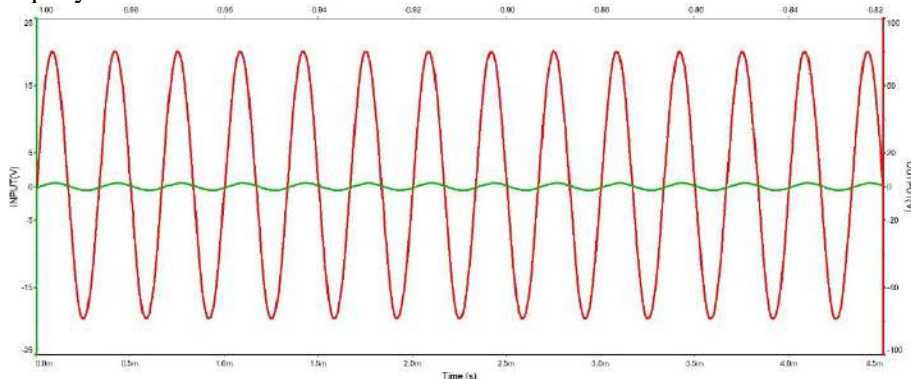


Рисунок 2 – Соотношения амплитуды напряжения входа и выхода усилителя

Заключительным этапом работы является подбор необходимой компонентной базы, позволяющей работать на заданных температурах, и трассировка печатной платы спроектированного усилителя при помощи САПР Altium Designer.

Сформулированные выше требования выполнены в полном объеме. Наиболее актуальными проблемами дальнейшей работы, требующими решения, являются: уровень рабочих температур погружных блоков и, как следствие, ограничение в выборе используемой компонентной базы, структура канала связи, а также повышение общей надёжности функционального узла.

Научный руководитель: к.х.н., доцент О.В. Денисова

**РАЗВИТИЕ ТЕПЛИЧНОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА ПРИ АТОМНЫХ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
ТЕРРИТОРИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

KURUMHANOVA E. R.

Vologda State University

**DEVELOPMENT OF GREENHOUSE CULTIVATION AT NUCLEAR POWER PLANTS
AS A TOOL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES IN THE HARD
NORTH**

Одним из побочных результатов работы атомных электростанций (далее АЭС) выступает рассеяние 30-40% образовавшегося тепла в окружающую среду, и как следствие, её тепловое загрязнение [1]. Таким образом, возрастает потребность в научной проработке вопроса эффективного и экологичного применения неиспользованной полезной части атомного топлива. Его решением может стать строительство тепличных комплексов, поддерживающих оптимальную температуру внутри помещений посредством использования возможностей теплообменных установок. В таком случае тепловые отходы АЭС приобретают статус не неизбежные потерь, а потенциального энергоресурса, рациональное использование которого приводит не только к снижению теплового загрязнения атмосферного воздуха, но и получению продукции растениеводства, способной удовлетворить пищевые потребности населения отдельных территорий и как закономерное следствие – повышению продуктовой безопасности данных территорий и более устойчивому их развитию [2, 3].

В качестве исходных проектных данных были приняты габариты типовой промышленной теплицы площадью 828 м² (длиной 13,8 м и шириной 60 м) и высотой 3,5 метра, размещенной на площади участка 1632 м², отведенной для строительства теплицы с учётом установленных границ санитарно-защитной зоны и её удаленности от АЭС на расстоянии 15 км. Расчет велся для северных территорий страны, мало освещаемых и не пригодных для выращивания овощей и фруктов в открытом грунте (Мурманская область, Чукотский автономный округ).

Авторами были рассмотрены девять сценарных вариантов (альтернатив) использования теплицы, устанавливающих рациональность/ нерациональность выращивания в районах Крайнего севера и приравненных к ним местностях отдельных видов сельскохозяйственных культур, относящихся к наиболее развитым в тепличном хозяйстве России отраслям растениеводства:

– по отрасли «плодоводство» - была проанализирована эффективность выращивания двух видов цитрусовых культур, обладающих наибольшим запасом витаминов, – лимоны (сценарий 1) и мандарины (сценарий 2). Также была оценена рациональность выращивания апельсинов: показатели эффективности оказались близки к показателям, вычисленным для культуры «лимон»;

– по отрасли «виноградарство» - рассматривался сценарий выращивания винограда сортов «Хусайне» и «Изабелла» (сценарий 3) как наиболее типичных для большинства регионов России и пригодных для употребления в пищу не только в виде ягод, но и в высушенном виде (в виде изюма);

– по отрасли «бахчеводство» - рассматривался сценарий выращивания типичных для России сортов дынь «Делано», «Колхозница» и т.п. (сценарий 4). Вариант выращивания арбузов в теплице из рассмотрения был удален, поскольку искусственное освещение не может обеспечить нормальное развитие плетей бахчи и налив плодов. Как следствие, арбузы при искусственном выращивании в недостаточно освещенных помещениях имеют более длительный период вегетации, а получившиеся плоды не принимают товарный вид (плоды мелкие и не сладкие). Иные виды бахчевых культур – кабачок, тыква, патиссон – также были

удалены из рассмотрения, поскольку их плоды как самостоятельный продукт не пользуются существенным спросом со стороны населения и чаще требуют дополнительной переработки (варки икры, мариновки и пр.).

– по отрасли «овощеводство» - анализировались варианты выращивания огурцов (сценарий 5), помидоров (сценарий 6), сладкого перца (сценарий 7), баклажанов (сценарий 8) и зелени (сценарий 9).

Первые восемь сценариев предполагали выращивание моносельскохозяйственных культур, поскольку большинство принятых в исследование овощных, фруктовых, виноградных и бахчевых культур не совместимы для одновременного выращивания друг с другом в силу различий в требующихся параметрах микроклимата теплицы, продолжительности вегетационного периода, технологии определения рядности посадки и пр. критериев. Девятый же сценарий предполагал совместное выращивание в одной теплице различных видов трав (укроп, петрушка, лук зеленый).

Каждый сценарий оценивался как самостоятельный инвестиционный проект, конечной целью реализации которого является достижение точки безубыточности в течение 5-7 лет. Любой сценарий, помимо осуществления единовременных затрат (капитальные вложения) в строительство и оснащение теплицы, учитывал необходимость формирования переменных затрат на поддержание её функционирования (заработная плата и страховые взносы персонала, амортизация оборудования, материальные и прочие расходы). Затраты на осуществление проекта (отрицательные финансовые потоки) оценивались дискретно, а также аккумулировались по годам реализации проекта. Выручка от реализации сельскохозяйственной продукции (встречные положительные финансовые потоки, формирующиеся с временным лагом, равным вегетационному периоду выращивания каждого вида растений) также определялась в текущем году в абсолютном выражении и нарастающим итогом по годам реализации инвестиционного проекта. Разность между текущими значениями выручки и затрат позволила сформировать чистую прибыль (убыток) текущего финансового года. Эффективность проекта оценивалась посредством показателя рентабельности – отношения чистой прибыли (если она была достигнута в текущем финансовом году) к полной себестоимости производимой растениеводческой продукции в этом же периоде времени.

Разница между нарастившими положительными и отрицательными финансовыми потоками позволила получить кумулятивную чистую прибыль (убыток) от реализации проекта в каждом финансовом году. Кумуляты выручки и себестоимости выращивания отдельного вида сельскохозяйственных культур были изображены в одних координатных осях. Пересечение данных кривых линий на семилетнем отрезке времени представляет собой графическое изображение точки безубыточности инвестиционного проекта, отсутствие пересечения кривых свидетельствует о невозможности достижения срока окупаемости на семилетнем отрезке перспективы (в случае более интенсивного роста затрат над ростом выручки от реализации продукции) или безубыточности проекта с первого года его осуществления (при росте выручки более интенсивными темпами в сравнении с темпами роста затрат).

Анализируя полученные финансовые показатели, можно сказать, что выращивание мандаринов, разных сортов винограда и бахчевых культур в теплицах районов Крайнего севера и приравненных к ним местностях экономически не выгодно, так как чистая прибыль не формируется ни в одном из семи лет реализации проекта.

Выращивание лимона становится безубыточным уже через 32 месяца (т.е. через 3 года) с момента ввода теплицы в эксплуатацию, однако полная окупаемость первоначальных инвестиций по выращиванию лимона наступит лишь к концу 7 года. Наибольшей эффективностью выращивания в местностях с малой продолжительностью светового дня обладают овощные культуры – огурцы, помидоры и различные виды пряных трав (укроп, петрушка и зеленый лук). По аналогии с лимоном, выращивание огурцов становится безубыточным через 4 года с момента ввода теплицы в эксплуатацию (рисунок 1).

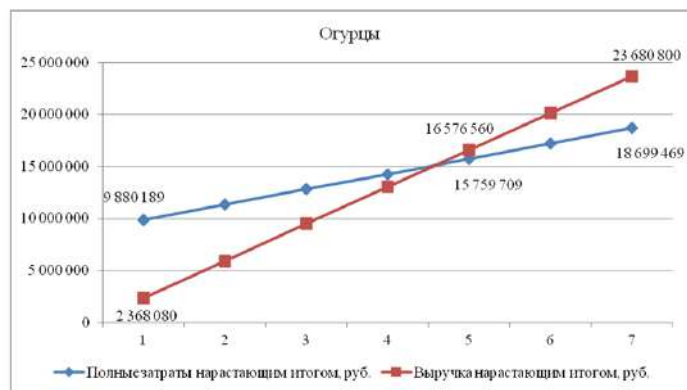


Рисунок 1 – Наступление точки безубыточности для огурцов, выращиваемых в теплице

Помидоры же, благодаря большой плотности посадки, высокой степени урожайности при искусственном освещении становятся безубыточными в выращивании уже на второй год реализации проекта, а полностью окупают первоначальные и текущие затраты уже на 3 год с момента ввода теплицы в эксплуатацию. Аналогичная ситуация наблюдается и при выращивании зелени (укропа, петрушки и лука зеленого) (рисунок 2).

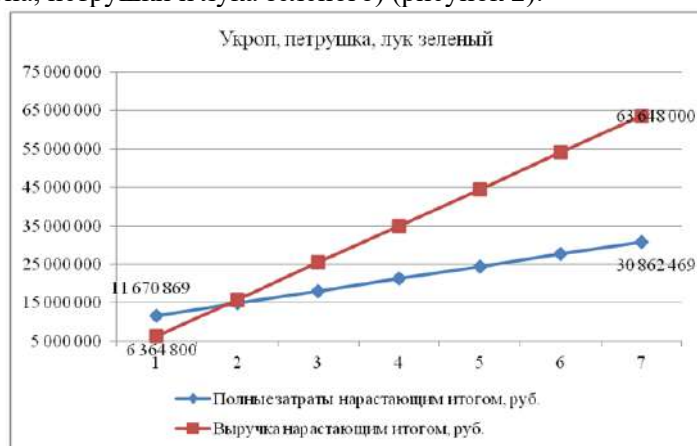


Рисунок 2 – Наступление точки безубыточности для помидоров, выращиваемых в теплице

В результате осуществления любого из четырех проектов – строительство промышленной теплицы при АЭС для выращивания лимонов/ огурцов/ помидоров/ зелени – возможно достигнуть не только «оздоровления» экологической обстановки в регионе благодаря уменьшению теплового загрязнения окружающей среды, но и повысить эффективность деятельности АЭС, обеспечить население районов Крайнего севера фруктами или овощами, богатыми витаминами и/или клетчаткой. Последнее позволяет содействовать и решению проблем продуктовой безопасности отдаленных регионов России и импортозамещения страны, повысить устойчивость развития данных регионов.

Список литературы:

1. Бурденкова, Е. Ю. Использование сбросного и низкопотенциального тепла аэс для теплоснабжения теплиц / Е. Ю. Бурденкова, И. А. Бакланов, С. А. Ермолаев // Сборник статей по материалам VI международной научно-практической конференции в 5-ти частях, 15 марта 2018г. Инновации в науке и практике – Барнаул, 2018. – С. 19-26.
2. Косолапов, Л. Инновационные подходы к созданию биологических комплексов в энергетических структурах / Л. Косолапов // Экономика и управление. – 2012. - № 6(80). – С. 40-43.
3. Тепловые и атомные электростанции: возможный вклад в импортозамещение продовольствия / В. Денисов, В. Гутенёв, К. Популиди, С. Манжина, И. Денисова // Проблемы региональной экологии. – 2014. - № 6. – С.142-147.

Научный руководитель: канд. экон. наук, доцент, Н.А. Никитина

ЛАВРИК А.Ю., ПАВЛОВ М.М.
Санкт-Петербургский горный университет

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ
СОСТАВА ГИБРИДНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В АВТОНОМНЫХ
ЭНЕРГОСИСТЕМАХ**

LAVRIK A.Y., PAVLOV M.M.
St. Petersburg Mining University

**SOFTWARE DEVELOPMENT FOR SIZE OPTIMIZATION OF HYBRID POWER
PLANTS IN STAND-ALONE POWER SYSTEMS**

В настоящее время порядка 20 млн. россиян проживает в зонах децентрализованного электроснабжения, охватывающих около 60% территории страны [1]. В качестве основного источника энергии в большом количестве подобных систем используются дизельные электростанции (ДЭС), эксплуатация которых, несмотря на низкие капиталовложения и простоту эксплуатации, связана с рядом недостатков. Прежде всего, это дороговизна топлива и его транспортировки, приводящая к себестоимости электроэнергии до 100 руб./кВт·ч и выше [2, 3], вредные выбросы диоксида углерода и других загрязняющих веществ в атмосферу [4], сложность доставки дизельного топлива [5], ограниченный диапазон регулирования дизель-генераторных установок (ДГУ) и т.д. Решением данных проблем может стать использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В последние годы в России развитие получает практика интеграции в автономные энергосистемы с ДЭС ветроэнергетических установок (ВЭУ) или фотоэлектрических панелей (ФЭП). Вместе с тем, в мире существует тенденция использования гибридных электростанций, включающих не один, а несколько видов ВИЭ и, опционально, накопителей энергии. При этом особо актуально стоит задача определения оптимального с точки зрения выбранного критерия состава основного оборудования гибридной электростанции, поскольку от решения оптимизационной задачи зависят технико-экономические и экологические показатели работы энергосистемы.

Методики оптимизации состава генераторов и накопителей энергии в автономных системах отличны как в подходах описания электрической нагрузки, так и в описании потенциала того или иного ВИЭ. Распространена практика использования программных комплексов, позволяющих оптимизировать число и установленную мощность ДГУ, ВЭУ, ФЭП, накопителей энергии, топливных элементов, микрогидроэлектростанций и т.д. Среди основных программных комплексов можно выделить HOMER и iHOGA, использующие генетические оптимизационные алгоритмы. Недостатком этих и некоторых других компьютерных программ является использование усреднённых за большие временные интервалы значений скорости ветра, солнечной радиации и т.д., а также закрытость кода, вследствие чего становится невозможным вносить коррективы в предлагаемые режимы работы энергосистемы или разрабатывать собственные алгоритмы. Ввиду этого актуальной задачей является разработка программы, позволяющей вносить любые изменения в алгоритмы работы энергосистем, что позволяет учесть их индивидуальные особенности и повысить технико-экономические показатели их работы.

Разрабатываемый программный комплекс базируется на численной оптимизации установленной мощности ВЭУ, ФЭП, ДГУ и накопителей энергии. Программа позволяет решать широкий спектр задач, включая оптимизацию по выбранному критерию (например, стоимости жизненного цикла или приведённой себестоимости электроэнергии) с заданием ограничений (например, по капитальным затратам или сроку окупаемости). При этом могут задаваться различные режимы работы системы, определяющие порядок переключения ДГУ, заряда и разряда накопителей и т.д. В результате становится возможным определение оптимального состава оборудования гибридной электростанции при заданных ограничениях и графическая интерпретация оптимизационных расчётов [6].

Заключение. Важнейшей задачей при повышении энергоэффективности автономных систем электроснабжения удалённых и труднодоступных районов, где высока концентрация горнодобывающих производств, объектов нефтяной и газовой промышленности, геологоразведки и т.д., является интеграция ВИЭ и систем накопления энергии. Расчёт оптимальной установленной мощности данного оборудования для каждого конкретного случая сопряжён с индивидуальными особенностями объекта, учёт которых возможен при разработке программного оптимизационного комплекса с открытым кодом. Кроме того, такой программный комплекс позволяет учитывать и различные алгоритмические решения, влияющие на результат оптимизации. Примером может являться разработанный автором способ управления ДГУ, позволяющий снизить число краткосрочных включений ДГУ на малую нагрузку [7]. Учёт данного алгоритма невозможен при использовании известных программ, однако может быть осуществлён в разрабатываемом программном комплексе.

Список литературы:

1. Асманкин Е.М. К вопросу развития энергосберегающих технологий в АПК / Е.М. Асманкин, С.В. Юмакаева, М.Б. Фомин и др. // Известия Оренбургского аграрного государственного университета. – 2012. – №34-1. – С. 77-79.
2. Смоленцев Д.О. Развитие энергетики Арктики: проблемы и возможности малой генерации / Д.О. Смоленцев // Арктика: экология и экономика. – 2012. – №3 (7). – С. 22-29.
3. Дубровин Е.А., Дубровин И.А. Как снизить затраты на углеводородное топливо в Арктике // Энергетика и промышленность России. – 2018. – №01-02. – С. 32-33.
4. Ogunjuyigbe, A.S.O., Ayodele, T.R., & Akinola, O.A. (2016). Optimal allocation and sizing of PV/Wind/Split-diesel/Battery hybrid energy system for minimizing life cycle cost, carbon emission and dump energy of remote residential building. *Applied Energy*, 171, 153-171.
5. Тремясов В.А. Оптимизация структуры генерирующих мощностей децентрализованной энергосистемы с фотоэлектрической установкой. / В.А. Тремясов, К.В. Кенден // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2016. – №9 (1). – С. 39-49.
6. Лаврик А.Ю., Жуковский Ю.Л., Лаврик А.Ю. и др. Особенности выбора оптимального состава ветро-солнечной электростанции с дизельными генераторами // Известия высших учебных заведений: Проблемы энергетики. – 2020. - №1(22). – С. 10-16.
7. Пат. 2726943 Российская Федерация, МПК H02J9/08, H02P9/00. Способ снижения расхода топлива дизель-генераторными установками в гибридной электростанции с возобновляемыми источниками энергии / А.Ю. Лаврик; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский горный университет. – №2020100842; заявл. 09.01.2020; опублик. 17.07.2020.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Ю.Л. Жуковский

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ШТАНГОВЫХ СКВАЖИННЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ПО ПАРАМЕТРАМ ВАТТМЕТРОГРАММЫ

BASENKO V.R., MANAKHOV V.A.
Kazan State Power Engineering University

DIAGNOSIS OIL WELL PUMPING UNIT BY PARAMETERS WATTMETERGRAM

Для повышения эффективности добычи нефти нужно применять оперативное техническое диагностирование штанговых скважинных насосных установок (ШСНУ), которое в свою очередь позволяет своевременно и точно определять дефекты в различных частях установки и прогнозировать ее дальнейшее рабочее состояние.

В нашей стране большинство нефтяных скважин эксплуатируется штанговыми скважинными насосными установками. В качестве приводов, ШСНУ, используют станки-качалки (СК), которые преобразуют вращательное движение вала двигателя в возвратно-поступательное движение точки повеса штанг.

Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций на скважинах, вызванных поломками оборудования ШСНУ, необходимо осуществлять постоянный контроль и диагностику состояния оборудования ШСНУ.

Ваттметрирование позволяет диагностировать работу ШСНУ. Ваттметрограмма представляет собой зависимость мощности, потребляемой электродвигателем станка-качалки от времени, в зависимости угла поворота кривошипа: $P(t)$, $P(\phi)$, где t - время в течении одного периода T качания балансира СК, ϕ - угол поворота кривошипа.

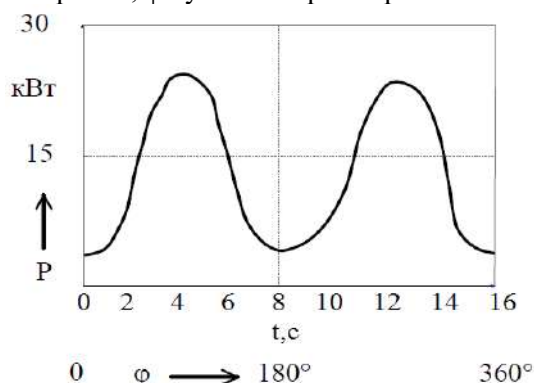


Рисунок 1 – Ваттметрограмма при нормальной работе установки

При помощи ваттметрограмм (диаграмм мощности) определяются такие важнейшие показатели работы установки, как КПД наземного и глубинного оборудования, уравновешенность станка-качалки, работа клапанов, коэффициенты наполнения и подачи насоса, фонтанные проявления в скважинах, перемещение полированного штока и плунжера, и неисправности в механической части.

В данном методе используется датчики тока и напряжения, основанные на эффекте Холла, они используются для измерения переменного и постоянного тока или напряжения. Главным компонентом данных датчиков считается тонкая прямоугольная пластинка полупроводника с четырьмя электродами. Первая пара контактов соединена к короткими сторонами пластины для обеспечения тока управления. Эти контакты называются токовыми электродами. Вторая пара контактов расположена между длинными сторонами и предназначена для снятия напряжения. Они называются холловыми или выходными электродами. Когда магнитный поток проникает в пластину, под действием силы Лоренца подвижные носители заряда образуют управляющий ток, что приводит к изменению числа носителей заряда на концах пластины. Таким образом, возникает напряжение Холла на выходных электродах.

В датчиках тока прямого усиления (Рисунок 2.) магнитное поле создается измеренным током $I_{вх}$. Управляющий ток $I_{упр}$ подается с использованием стабилизированного источника тока. Напряжение Холла, зависящее от $I_{вх}$, преобразуется усилителем в выходной ток датчика $I_{вых}$. Такие датчики позволяют измерять токи до нескольких сотен ампер.

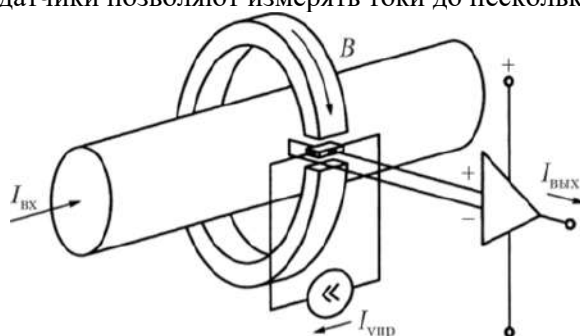


Рисунок 2 – Принцип работы датчика тока, основанного на эффекте Холла

Датчики напряжения с эффектом Холла - это те же датчики тока, но только небольшого размера, которые соединены с измеряемой цепью последовательно с резистором для ограничения тока и преобразуют протекающий через него ток в пропорциональный выходной сигнал, обычно также ток. Таким образом, такой датчик напряжения является частным случаем датчика тока со встроенной первичной обмоткой, содержащей несколько тысяч витков, а иногда и со встроенным первичным резистором.

Необходимо выделить, что ваттметрограмма отражает состояние всей насосной установки, а не только ее подземной части, как это делает метод динамометрирования. По этой причине, ваттметрограмма является для локальных устройств аварийной защиты насосных установок, преобладающей формой исходной информации.

Уравновешивание СК является одним из важнейших факторов, влияющих на продолжительность безаварийной работы, что оказывает большое влияние на эффективность работы ШСНУ. При плохом уравновешивании увеличивается расход электроэнергии из-за потерь в сети и в электродвигателе.

Ваттметрограмма при неуравновешенном станке-качалке характеризуется разностью амплитуд при ходе в верхнее положение и при ходе в нижнее положение и оценивается коэффициентом неуравновешенности K_H , равным:

$$K_H = \frac{N_B - N_H}{N_B + N_H} \cdot 100\% \quad (1)$$

где, N_B , N_H – значение максимальных амплитуд мощности при ходе вверх и ходе вниз кривошипно-шатунного механизма. Если амплитуды отличаются более чем на 10%, установка считается неуравновешенной. Уравновешивание – сложная процедура, требующая больших физических усилий. По этой причине более результативен программный метод определения параметров уравновешивания СК с использованием микропроцессорного диагностического оборудования. Уравновешивание станка-качалки может быть обеспечено путем размещения необходимого противовеса либо на кривошипе, либо на заднем плече балансира. В соответствии с этим различают кривошипное, балансирное и комбинированное уравновешивание. Кривошипное уравновешивание обычно используется для станка-качалки большой грузоподъемности, а балансирное для станка-качалки малой грузоподъемности, и комбинированное - у СК средней грузоподъемности.

Как уже упоминалось выше, ваттметрирование является надежным и достоверным методом диагностики ШСНУ, который позволяет определять состояние всей насосной установки, а не только ее подземной части, как например динамограмма.

Публикация работы осуществлена в рамках проекта «Создание серии электроприводов на базе российских высокоэффективных синхронных двигателей для станков-качалок нефти с применением беспроводных систем передачи данных и адаптивной системой управления для «умных» месторождений», Соглашение №074-11-2018-020 с Минобрнауки РФ от 30 мая 2018 г.

Список литературы:

1. Хакимьянов М. И., Гузеев Б. В. Контроль работы электродвигателей станков - качалок методом ваттметрирования // Повышение надежности и энергоэффективности электротехнических систем и комплексов: межвуз. сб. науч. тр. / Редкол.: В. А. Шабанов и др. Уфа: Издательство УГНТУ, 2010. С. 179–188.
2. Абрамов Г.С., Барычев А.В., Чураков В.В. Ваттметрические методы контроля за работой скважин // Нефтегаз. 2003. № 3. С. 87 - 89.
3. Кричке В.О. Анализ работы станков-качалок с помощью автоматических устройств // Автоматизация и телемеханика в нефтяной промышленности. 1976. № 5.
4. Т. И. Петров, А. Р. Сафин, И. В. Ившин, А. Н. Цветков, В. Ю. Корнилов Модель системы управления станком-качалкой на основе синхронных двигателей с бездатчиковым методом // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2018. №7-8.

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Н. Цветков

МОРДВИНЦЕВА Ю.А.

Санкт-Петербургский горный университет

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАТОРА КАСКАДА ХААРА

MORDVINTSEVA Y. U.

St. Petersburg Mining University

AUTOMATION OF THE SORTING PROCESS OF ELECTRONIC COMPONENTS BASED ON THE HAAR CASCADE CLASSIFIER

Проблема переработки электронных компонентов – актуальная проблема на сегодняшний день. В первую очередь это важно для экологии и здоровья человека. Если не перерабатывать некоторые электронные компоненты, содержащие ртуть, кадмий, хром, свинец, а попросту их сжигать, то будет страдать природа. Загрязняя природу инфильтратами и золой от сожженных отходов, страдают и люди от болезней, связанных с накоплением тяжелых металлов в организме. В дальнейшем все это влечет за собой повышение затрат на здравоохранение и как следствие негативно отражается на экономике стран.

Как правильно у каждого метода есть основа, без которой данный метод не смог бы существовать. Основу метода Виолы – Джонса составляет признак Хаара. Признаки Хаара представляют собой двоичную аппроксимацию вейвлета Хаара. Каждый признак представляет собой двоичную маску, т.е., черно-белое изображение.

Само обнаружение происходит за счет базы признаков для обнаружения объектов.

При создании классификаторов были обнаружены такие проблемы как отсутствие базы данных для радиоэлектронных элементов. Сбор данных в ручную представлял собой довольно монотонную работу, которая требует много времени.(рис. 1)

Было принято решение разработать программное обеспечение, которое бы автоматически редактировало изображения под нужный размер (что необходимо для анализа оптимальных размеров обучающих изображений), вырезало изображения из видеопотока (в нашем случае с видеокамеры), переименовывало все изображения (как негативные, так и позитивные).

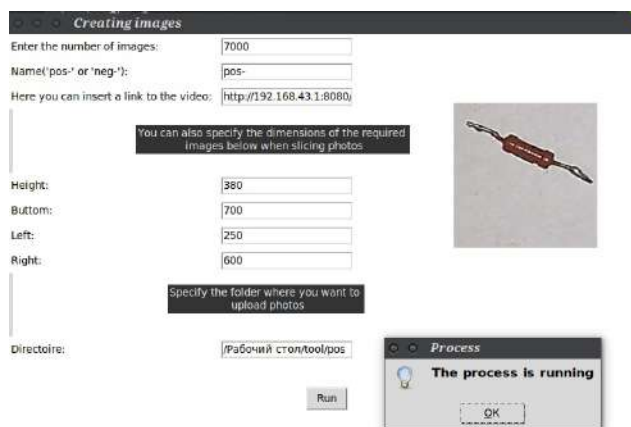


Рисунок 1 – Интерфейс программы продукта

При создании классификатора, необходимо учесть тот факт, что компьютер, на котором запускается распознавание, не сможет закончить создание конечного xml-файл (который и включает весь каскад). Это связано с тем, что слишком большое количество изображений или их большие размеры потребуют большой производительной мощности. Также такие классификаторы довольно долго обучаются (время обучения может достигать нескольких недель).

Для того, чтобы найти оптимальную зависимость скорости обучения от количества и размера изображений, были проведены дополнительные исследования. (рис. 2).

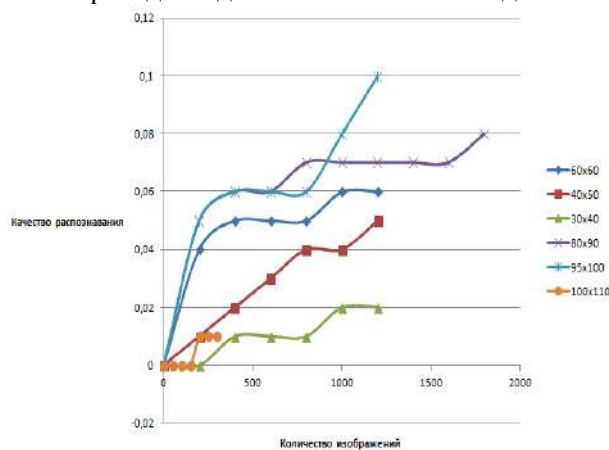


Рисунок 2 – Исследование зависимости качества распознавания от размера изображений
Результат сортировки представлен на рисунке 3.

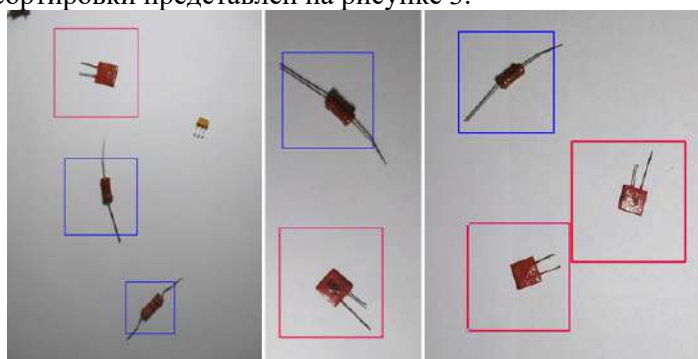


Рисунок 3 – Сортировка резисторов и конденсаторов

Разработанное программное обеспечение позволяет значительно упростить создание каскадов как позитивных, так и негативных изображений при минимальном участии человека. Кроме того оно не требует наличия высокопроизводительного и как следствие полноразмерного персонального компьютера, а может использоваться на современных защищенных

микрокомпьютерах, что значительно упрощает его применение в условиях перерабатывающего производства с возможными критичными для техники факторами внешней среды, такими как высокое пылеобразование, влажность, повышенная температура и пр. При правильном подборе разрешения изображений и их количества можно достигнуть очень высокой точности распознавания объектов, что в сочетании с возможностью распознавания объектов различных целевых групп позволяет полностью автоматизировать процесс сортировки электронных компонентов. Увеличение скорости и эффективности переработки за счет предварительной сортировки на токсичные и нетоксичные компоненты повлечет за собой снижение выбросов вредных веществ в окружающую среду, что позволит снизить нагрузку на экологию.

Научный руководитель: к.т.н., ассистент А.А. Белицкий

НЕФЕДОВ М.С., ШИРШИКОВ В.Ю.
Санкт-Петербургский горный университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ОПТОВОЛОКОННЫХ ДУГОВЫХ ЗАЩИТ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСАХ 6-10 кВ**

NEFEDOV M.S., SHIRSHIKOV V.Yu.
St. Petersburg Mining University

**THE SCIENTIFIC RESEARCH OF FUNCTIONING VALUE OF FIBER-OPTIC
PROTECTION FROM ARC FAULT IN POWER COMPLEXES WITH A MIDDLE CLASS
OF VOLTAGE 6-10 kV**

В настоящее время одним из основных аварийных случаев на подстанциях 6-10 кВ является возникновение внутренних коротких замыканий в комплектных распределительных устройствах закрытого типа (КРУ) 6-10/0,4 кВ с последующим зажиганием электрической дуги. Возникновение дугового разряда в КРУ сопряжено с опасностью поражения электрическим током электротехнического персонала, существенными экономическими ущербами вследствие выхода из строя дорогостоящего оборудования, а также неселективным действием релейной защиты, что приводит к нарушению электроснабжения ответственных электроустановок.

Выполненный анализ сведений по применяемым на сегодняшний день дуговым защитам позволил установить, что алгоритмы действия существующих защит основаны регистрации повышения давления на фронте ударной волны, определении степени ионизации газов в камере, фиксации светового излучения в результате процесса горения дуги [1]. Определены основные достоинства и недостатки указанных типов защит. Установлено, что наиболее преимущественной для использования является оптоволоконная защита вследствие высокой надежности, быстродействия и точности определения места загорания дуги [2].

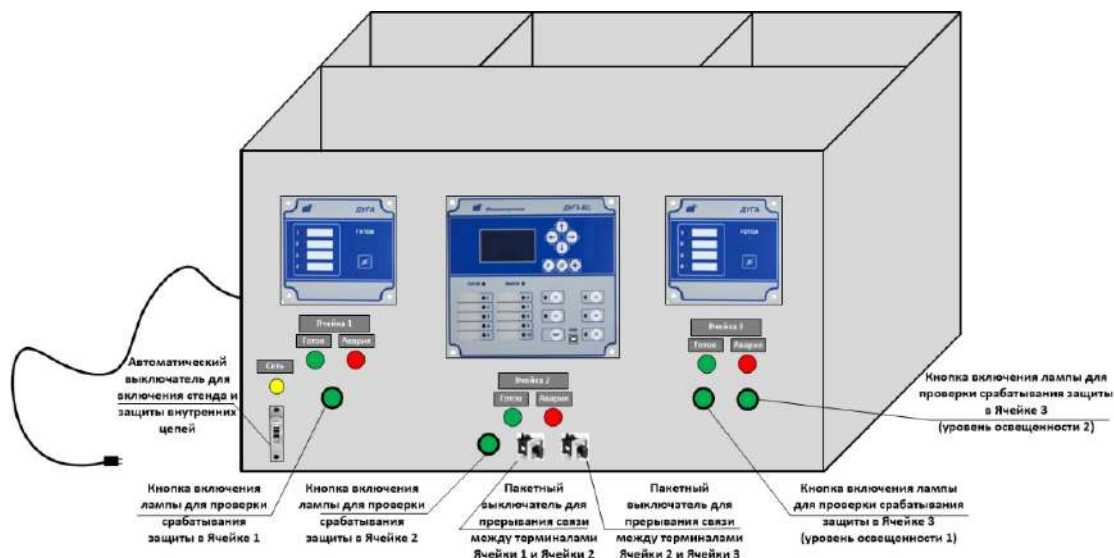


Рисунок 1 – Общий вид проектируемого учебно-научного стенда дуговой защиты электротехнических комплексов 6-10 кВ

Из рис. 1, где приведен общий вид проектируемого учебно-научного стенда оптоволоконной дуговой защиты видно, что стенд реализован в виде монолитного корпуса, который имеет четыре отсека, один из которых содержит в себе все оборудование регистрации дуговых замыканий (центральный блок, регистраторы, схема питания стенда и др.), а три остальные имитируют ячейки КРУ 6-10 кВ, в которых расположены оптоволоконные датчики ВОД-Л. Корпус выполнен светонепроницаемым для защиты от внешнего светового излучения.

Для выполнения моделирования аварийных режимов дугового замыкания применяются светодиодные лампы, которые расположены в каждой ячейке и имеют разный уровень светового потока (ячейка 3) с целью исследования влияния чувствительности датчиков ВОД на селективность дуговой защиты. Лампы установлены на требуемом расстоянии в соответствии с техническими характеристиками оптоволоконных датчиков. Для включения данных светодиодных лам применяются кнопочные контакты, расположенные на лицевой панели стенда. Индикация состояния ячейки («Готов» или «Авария») осуществляется с использованием светосигнальных ламп, расположенных на лицевой панели стенда. Моделирование аварийных режимов, связанных с потерей оперативного питания микропроцессорных терминалов защиты, а также потери связи регистраторов ДУГА-О с центральным блоком дуговой защиты ДУГА-БЦ осуществляется с использованием пакетных выключателей. Включение стенда и защита его внутренних цепей осуществляется автоматическим выключателем.



Рисунок 2 – Внешний вид стенда защиты от дуговых замыканий на этапе монтажа

На рис. 2 изображен внешний вид стенда защиты от дуговых замыканий на этапе монтажа. Учебно-научный стенд дуговой защиты предназначен для получения зависимостей характеристик срабатывания терминалов дуговой защиты в условиях переменного уровня светового потока от электрической дуги и определения селективности действия защиты в

условиях потери оперативного питания микропроцессорных терминалов защиты, а также потери связи регистраторов ДУГА-О с центральным блоком дуговой защиты ДУГА-БЦ.

Организация селективной и быстродействующей дуговой защиты позволит обеспечить высокую надежность функционирования и минимизировать ущербы в электрических сетях среднего напряжения горнодобывающих предприятий при возникновении аварийных режимов работы, связанных с дуговыми замыканиями.

Список литературы:

1. Эдуард Палей Правила технической эксплуатации предписали установку дуговой защиты. – Журнал №4(10), 2001. – URL: <http://news.elteh.ru/arh/2001/10/07.php>
2. Андреев В.А. Релейная защита систем электроснабжения в примерах и задачах / В.А. Андреев. - М.: Высшая школа, 2008. - 256 с.

Научные руководители: д.т.н., профессор Б.Н. Абрамович, к.т.н., ассистент Д.Н. Пеленев

НУРИЕВА А.М.

Уфимский государственный авиационный технический университет

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

NURIEVA A.M.

Ufa State Aviation Technical University

THE USE OF ULTRASONIC TESTING IN THE DIAGNOSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

В данной работе исследовано применение ультразвукового контроля при диагностике технического состояния электрооборудования. В качестве примера рассмотрено применение мобильного ультразвукового дефектоскопа, позволяющего проводить диагностику технического состояния электрооборудования без изменения его эксплуатационного состояния или технологического режима работы. Также представлены характерные дефекты, обнаруженные с помощью данного устройства. Рассчитан ожидаемый экономический эффект при применении рассмотренного устройства.

Современный этап развития диагностических методов в энергетике предполагает все более широкое использование систем контроля, которые производятся без вывода оборудования в ремонт и позволяют получить информацию о состоянии трансформаторов, вводов, опорной и подвесной изоляции, кабелей и т.д. Немаловажную роль в системах контроля занимают приборы, позволяющие произвести не только оценку состояния изоляции на предмет разрядов, но и их визуальную локализацию.

Эксплуатация электроустановок с имеющимися неисправностями может привести к аварийным ситуациям и подвергнуть опасности жизнь и здоровье работников на предприятиях. Во избежание таких ситуаций прибегают к технической диагностике. Данный способ позволяет определить состояние электрооборудования в условиях изменяющихся эксплуатационных воздействий; выявить вид и степень опасности дефекта на раннем этапе его развития; определить необходимость и объем ремонта, сроки замены сменных деталей и узлов; прогнозировать остаточный ресурс или срок службы.

Мобильные приборы ультразвукового контроля позволяют провести диагностику не изменяя эксплуатационного состояния и технологического режима работы электрооборудования, что по времени сопоставимо с визуальным осмотром, а также выявить дефект в изоляции оборудования, не связанный с повышением температуры. Они регистрируют поврежденное (разрушение) проводов, дефект монтажа арматуры; определяют гирлянды

фарфоровых изоляторов, содержащих нулевые элементы; обнаруживают частичные разряды в концевых муфтах или токопроводах и т.д. Таким образом, приборы ультразвукового контроля способны решить задачи по оценке технического состояния электротехнического оборудования и обеспечить его надежную, безопасную работу.

В ультразвуковом дефектоскопе «NL-камера» и «Fluke-ii910» источник ультразвука локализуется мощным процессором, обрабатывая массив из множества сфазированных микрофонов, и накладывает ультразвуковое поле на видео-канал. Также производится анализ сигнала в реальном времени, и на экран выводится PRPD-диаграмма разрядной активности (фазовая диаграмма распределения разрядов, синхронизированная к периоду промышленной частоты). Она позволяет оценить форму сигнала разряда и предварительно понять, имеет ли он электрическую природу, помехи это или внешние разряды, либо поверхностный или внутренний разряд [1].

На рисунках 1, 2, 3 представлены фотографии некоторых характерных дефектов, полученных с помощью данных устройств [2].



Рисунок 1 – Перекрытие по ребрам изоляторов на ОПУ

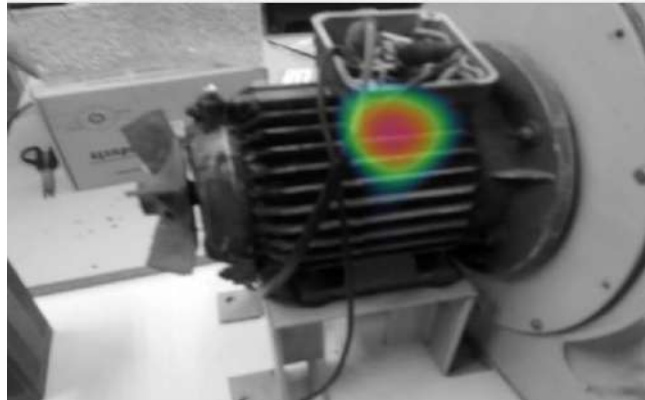


Рисунок 2 – Пробой обмотки 0,4 кВ

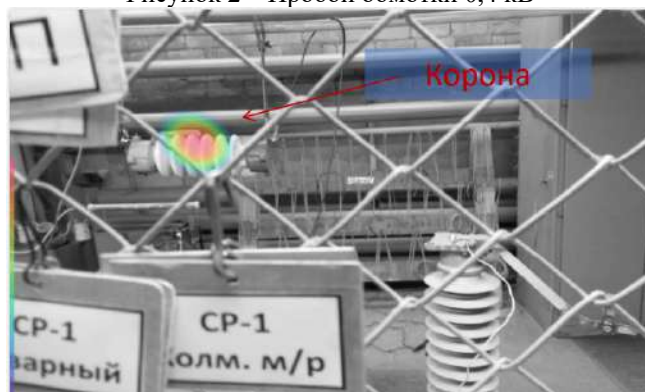


Рисунок 3 – Разряды в изоляторе 35 кВ

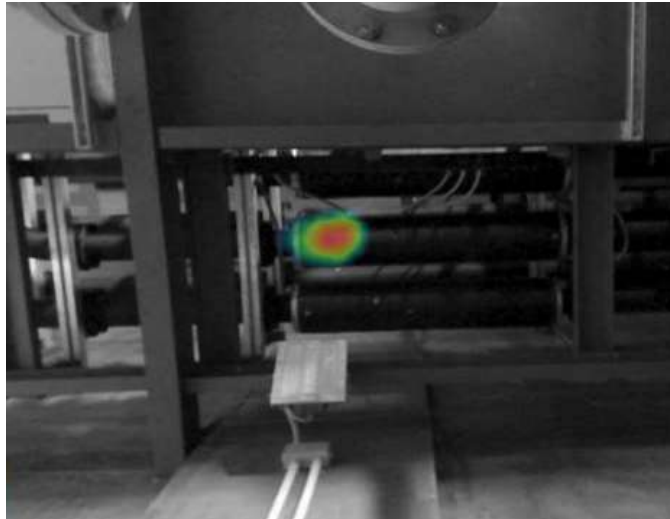


Рисунок 4 – Разрядность в муфте токопровода 20 кВ

Для приборов визуального контроля, таких как тепловизор, требуется соблюдение одного важного правила — это прямая видимость открытого источника сигнала (дефект). Если это условие не соблюдено, диагностика с помощью этих средств становится невозможной. Мобильные приборы ультразвукового контроля же способны определить дефект, когда источник ЧР находится в закрытом пространстве — например, внутри ячейки комплектного распределительного устройства (КРУ). Далее, ориентируясь на дисплей прибора, визуально просто и быстро определить источник сигнала.

Ультразвуковые приборы применимы в разных отраслях деятельности. Выделим весь спектр их возможностей:

1. поиск утечек газов под давлением;
2. выявление вибрации подшипников качения;
3. контроль герметичности;
4. определение источника шумов в помещениях;
5. контроль сварных швов;
6. поиск мест коррозии, трещин, внутренних расслоений;
7. определение координат и оценка параметров дефектов типа нарушений сплошности и однородности материала в изделиях из металлов и пластмасс;
8. измерение толщины изделия.

Портативные акустические устройства визуализации позволяют специалистам по техническому обслуживанию не только проводить диагностику электрооборудования, но и быстро и точно определять места утечки в трубопроводах — даже в шумных условиях. В течение нескольких часов бригада работников может осмотреть весь объект, не прерывая его работы. Таким образом, способность быстро и легко определять утечки газов может снизить вероятность потенциально-возможных происшествий на промышленных предприятиях.

В следующей таблице представлены сведения об авариях на поднадзорных объектах [3]. Как видно из таблицы на объектах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности зафиксировано 19 аварий. По данным Ростехнадзора, в январе-ноябре 2020 года общий экономический ущерб от аварий на нефтегазовых объектах превысил 5,3 млрд рублей. По статистике надзорного органа, чаще всего на объектах ТЭК происходили выбросы опасных веществ — на их долю пришлось 43% от всех аварий. На втором месте по частотности разместились разрушения технических устройств и сооружений (38%), на третьем — пожары (19%) [4].

Таблица 3 – Статистика происшествий

№ п/п	Вид надзора	Количество аварий
1.	Надзор в угольной промышленности	1
2.	Надзор в горнорудной и нерудной промышленности, на объектах подземного строительства	1
3.	Надзор за металлургическими и коксохимическими производствами и объектами	2
4.	Надзор за объектами нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности	19
5.	Надзора за предприятиями химического комплекса	2
6.	Надзор за объектами магистрального трубопроводного транспорта	7
7.	Надзор за объектами нефтегазодобычи	8
8.	Надзор за оборудованием, работающим под давлением	5
9.	Надзор за объектами газораспределения и газопотребления	20
10.	Надзор за взрывопожароопасными объектами растительного сырья	2
11.	Надзор за предприятиями оборонно-промышленного комплекса	3
12.	Надзор за подъемными сооружениями	53
13.	Надзор за электроустановками потребителей	1
14.	Надзор за теплогенерирующими установками и тепловыми сетями	2
15.	Надзор за электрическими сетями	24

Годовой экономический эффект рассчитывается по следующей формуле [5]:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_r - K,$$

где \mathcal{E} – годовой экономический эффект (руб.); \mathcal{E}_r – годовая экономия, вызванная внедрением оборудования (руб.); K – единовременные затраты, связанные с покупкой оборудования (руб.).

Система считается эффективной, если $\mathcal{E} > 0$. \mathcal{E}_r находим из следующих переменных: A – ущерб от простоя ключевых установок на предприятии в сутки в руб., B – частота отказов оборудования, C – количество используемого оборудования в шт., D – стоимость материалов для замены в руб., E – оплата труда рабочего персонала в руб.

$$\mathcal{E}_r = A_{1-17} + B_{1-3} \cdot C_{1-3} + D + C_{1-3} + E_{1-3},$$

где B_1 – частота отказа трансформатора; B_2 – частота отказа выключателей; B_3 – частота отказа асинхронного двигателя; C_1 – количество трансформаторов; C_2 – количество выключателей; C_3 – количество асинхронных двигателей; E_1 – средняя заработная плата электромонтера 5 разряда в год в рублях.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r = & 371372 + (0,02 \cdot 122 + 0,02 \cdot 1257 + 0,06 \cdot 6276) + 300000 + \\ & +(40000 \cdot 3 \cdot 12) \approx 2\,111\,776,14 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_r - K = 2\,111\,776,14 - 1\,854\,720 \approx 257\,056,14 \text{ руб}$$

$\mathcal{E} > 0$, следовательно, условие выполняется. Ориентировочный расчет показывает, что мобильный прибор для ультразвукового контроля окупится в течение первого года использования.

В данной работе рассмотрен ультразвуковой метод контроля при диагностике технического состояния электрооборудования. Хотя называть данную технологию новой будет не совсем уместно — ведь все мы знаем, что часто коронные разряды слышны даже человеческим ухом, а использование приемников ультразвуковых волн и их дальнейшая интерпретация в слышимые частоты известна еще с середины 70-х годов, а в последние годы в мировой

и российской энергетике применялись устройства с микрофоном и наушниками, даже с параболическим отражателем.

Инновационный прорыв в технологии был сделан пару лет назад в направлении визуализация источника ультразвуковых волн. Применение ультразвуковых приборов, к примеру, позволяет локализовать опорный изолятор с высоким уровнем разрядной активности на расстоянии 40 метров, при этом различать те тарелки, в которых происходят разряды.

Таким образом, мобильные приборы ультразвукового контроля способны произвести визуальный анализ электрооборудования, и их главными преимуществами являются:

1. выявление дефектов на начальном этапе дистанционно и без вывода оборудования на ремонт; т.е. оборудование не подвергается испытаниям и преждевременному старению, что в свою очередь увеличивает срок его службы; а расходы на обследование незначительны, по сравнению с убытками от простоя;

2. время проведения диагностики сопоставим с визуальным осмотром;

3. выявление дефектов в изоляции оборудования, не связанные с повышением температуры (главное преимущество перед тепловизорами). Объясняется тем, что ультразвуковая волна хорошо распространяется по твердым материалам и выходит наружу, превращаясь в звуковые колебания;

4. анализ сигнала в реальном времени. На экран выводится PRPD-диаграмма разрядной активности (фазовая диаграмма распределения разрядов, синхронизированная к периоду промышленной частоты);

5. дополнительные возможности приборов ультразвукового контроля позволяют применять их для обнаружения утечки газов, поиска мест коррозии, трещин, внутренних расслоений; контроля герметичности и т.д.

6. регистрация повреждений (разрушение) проводов, дефекта монтажа арматуры; определение гирлянды фарфоровых изоляторов, содержащих нулевые элементы; обнаружение частичных разрядов в концевых муфтах или токопроводах и т.д.

7. получение информации о состоянии трансформаторов, вводов, опорной и подвесной изоляции, кабелей.

Список литературы:

1. Мягких К.Ю. Журнала «электроэнергия. Передача и распределение» № 6(57), ноябрь-декабрь 2019 г. Новая технология эспресс-диагностирования высоковольтной изоляции. Стр.120-121

2. Дефектоскоп NL-камера.
https://gkresurs.ru/catalog/perenosnye_pribory_dlya_diagnostiki_podstantsiy/nl_camera/

3. Сведения об авариях на подзорных объектах.
https://www.gosnadzor.ru/opendata/7709561778-avarii/index_od.php

4. Ростехнадзор: ущерб от аварий на нефтегазовых объектах вырос на 76%.
<https://dprom.online/oilngas/rostehnadzor-ushherb-ot-avarij-na-neftegazovyh-obektah-vyros-na-76/>

5. Расчёт экономической эффективности от внедрения новой техники.
<https://works.doklad.ru/view/evqaQSXdJWg/all.html>

СЕМЕНОВА К.Д., БУЙЛАКОВ Д.Е., ПОСАДНОВ А.Е.
Южно-Уральский Государственный Университет,

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА И СПОСОБА ЕЕ РАБОТЫ

SEMENOVA K.D., BUYLAKOV D.E., POSADNOV A.E.
South Ural State University,

THE DEVELOPMENT OF A PUMP UNIT CONTROL SYSTEM AND METHOD OF ITS OPERATION

В работе предлагается обоснование и описание способа работы системы электропривода насосного агрегата со значительной разницей давления на входе и выходе насоса. Так же описаны законы регулирования и приведен оптимальный метод регулирования потоками жидкости.

Для обоснования целесообразности использования регулируемого электропривода необходимо знать, как меняется режим работы за целый расчетный, годовой, период. Суточные графики не дают полного представления, ибо зависят они от времени суток, дня недели, времени года и многих других факторов. Эти графики невозможно описать математическим уравнением, из-за чего лучше использовать упорядоченные диаграммы подачи воды, аналогичными упорядоченным диаграммам электрических нагрузок.

Кривая, соединяющая расположенные порядке возрастания ординаты суточных графиков водоподачи за длительный период времени, называется упорядоченной диаграммой. Для оценки неравномерности подачи удобнее использовать понятие «относительная минимальная подача»: $\lambda = Q_m/Q_b$, где Q_m — наименьшая подача в сутки минимального водопотребления; Q_b — наибольшая подача в сутки максимального водопотребления. Относительная минимальная подача может быть выражена через коэффициенты неравномерности за соответствующий период времени: $\lambda = K_{\min}/K_{\max}$.

К приводным двигателям насосных агрегатов предъявляются серьезные требования: от легкой автоматизации управления и низких эксплуатационных затрат до необходимости пуска двигателя под нагрузкой и вращения ротора в обратную сторону. Данные параметры определяются нагрузочной характеристикой насоса. Улучшенные условия работы энергетических систем, где применяются мощные насосные станции, требуют возможность частых повторных пусков, что предъявляет повышенные требования к конструкциям обмотки статора и пусковой обмотки электродвигателя, нагревание которых определяет продолжительность требуемой паузы между пусками и допустимое число пусков за рассматриваемый период.

Синхронные машины переменного тока используются в качестве привода мощных насосов в продолжительных условиях работы. Рабочая обмотка ротора запитывается от возбуждателя, которым может быть или генератор постоянного тока, или тиристорный возбудитель, которые обычно располагаются отдельно от электродвигателя. Синхронный электродвигатель может работать с коэффициентом мощности близким или равным единице, что в свою очередь улучшает коэффициент мощности сети и несколько экономит электроэнергию. Однако существенным недостатком синхронных двигателей является отсутствие момента на валу при пуске и, соответственно, необходимость раскручивать их до синхронной или близкой к синхронной скорости.

Особенность системы регулирования электропривода насосного агрегата заключается в том, что она содержит два электродвигателя двух насосов, включенных последовательно. Первый нерегулируемый синхронный электродвигатель своими статорными цепями подключен непосредственно к трехфазной питающей сети, а второй – регулируемый асинхронный электродвигатель – к той же сети через управляемый преобразователь и имеет датчик положения на роторе, а также датчики фазных токов статора, два коммутатора выходных сигналов датчиков тока, два сумматора этих сигналов и блок произведения.

Согласно предложенному методу, на входные клеммы управляемого преобразователя подключены выходные клеммы регулятора системы управления подачей жидкости, на первый вход регулятора подключен источник сигнала, пропорциональный заданной величине расхода перекачиваемой насосным агрегатом жидкости, а на второй вход – выход блока производства.

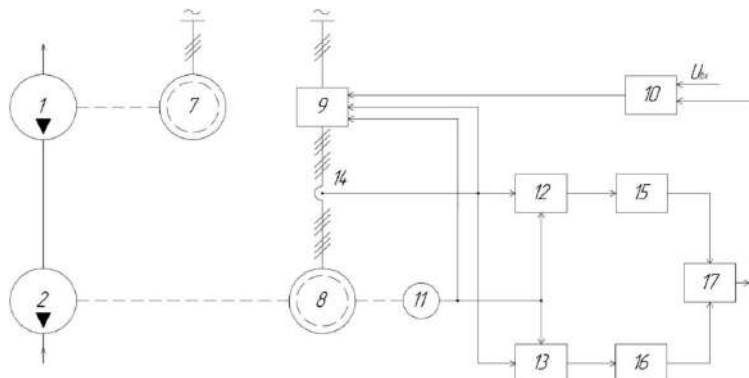


Рисунок 1 – Функциональная схема системы регулирования электропривода с устройством регулирования подачи жидкости

В способе пуска синхронного электродвигателя насосного агрегата, снабженного запорными задвижками на входе и на выходе, а также дополнительным обводным трубопроводом с третьей запорной задвижкой между выходом первого (главного) насоса и входом второго (бустерного) насоса, сначала закрывают первые две задвижки и открывают третью, затем с помощью управляемого преобразователя разгоняют регулируемый синхронный электродвигатель и вспомогательный насос, тем самым переводят основной насос в режим турбины, разгоняя первый нерегулируемый синхронный электродвигатель, когда его скорость увеличится до синхронной, подключают статорные обмотки первого нерегулируемого электродвигателя к питающей сети, после чего открывают первые две задвижки и закрывают третью.

Способ поясняется рисунком 1, на котором изображена функциональная схема регулирования системы подачи жидкости. Сначала управляемый преобразователь 9, подключенный к электросети, разгоняет электродвигатель 8. Так как задвижки 3 и 4 закрыты, а 6 - открыта, то появляется замкнутый гидравлический контур, проходящий через насос 2, насос 1 трубопровод 5, задвижку 6, по которому начинает циркулировать жидкость. Насос 2 переходит в режим насоса, а насос 1 - в режим турбины, разгоняя синхронный двигатель 7 на холостом ходу, без подключения его статорных цепей к электрической сети. Когда скорость двигателя 8 увеличится до синхронной, статорные обмотки двигателя 7 подключаются к питающей электрической сети, после чего открываются задвижки 3 и 4 и закрывается задвижка 6. После завершения пуска электродвигателей 7 и 8, изменяя величину сигнала $U_{вх}$ на входе регулятора 10, устанавливают требуемую величину расхода жидкости Q , перекачиваемой насосным агрегатом. Этот сигнал $U_{вх}$ вычитается в регуляторе 10 с сигналом, поступающим с выхода блока производства 17, где считается сигнал с выхода двух сумматоров 15, 16, на которые сигнал поступает с выхода коммутаторов 12, 13, получающих сигнал с выхода датчиков тока 14 и выхода датчика положения ротора 11. Разность сигналов задания $U_{вх}$ и сигнала с выхода блока производства 17 подается на управляемый преобразователь 9, который формирует требуемые уровни напряжения и частоты и подает их на статорные обмотки синхронного реактивного регулируемого двигателя 8. В этот момент датчики тока 14 и датчик положения ротора 11 начинают передавать измененные сигналы на блоки коммутаторов 12, 13, которые, в свою очередь, передают сигналы на блоки сумматоров 15, 16, а с выхода блоков сумматоров сигнал поступает в блок производства 17, а затем снова в блок регулятора 10. На этот раз, разность входного сигнала и сигнала с выхода блока производства 17 становится меньше. Цикл повторяется заново до тех пор, пока в блоке регулятора входной сигнал $U_{вх}$ и сигнал с выхода блока производства 17 не уравниваются.

Научный руководитель: старший преподаватель Н.В. Савостеенко

СИЛАЕВ В.И.

ФГБОУ ВО "Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)"

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

SILAEV V.I.

North Caucasian Institute of mining and metallurgy (State Technological University)

RENEWABLE ENERGY SOURCES AND THEIR USE IN MOUNTAINOUS AREAS

2019, 2020 и начало 2021 года показали, что работа промышленности и всех сопутствующих комплексов зависимы полностью от надёжных источников энергоснабжения и качественной энергосистемы, которая своевременно распределяет электроэнергию до конечного потребителя. Поэтому необходима планирование, разработка, создание и модернизация комплексной концепции функционирования единой промышленной и энергетической системы, именуемой сокращённо - ЕПЭС, которая включает на всех своих этапах все процессы производства, распределения и потребления энергии [1].

Современные проблемы являются сигналами к будущим кризисам. Они требуют незамедлительных решений, которые позволят в кратчайшие сроки создать и развить наиболее эффективную единую промышленную и энергетическую систему (ЕПЭС). По своей сути она является наиболее перспективным прогрессивным направлением в области развития электрогенерации и энергосбережения. Она на всех своих этапах своей реализации, даёт высокий экономический эффект промышленности и экономики в целом [2]. Ведь надёжная энергетика это «скелет» любого государства. Переход на новый энергетический уклад возможен, за счет текущего производства электроэнергии на высоконапорных ГЭС в горной местности, где наблюдается высокий коэффициент полезного действия. А также будущей генерации на ВЭС, СЭС и ГеоЭС на горной территории. Что даст возможность эффективнее использовать энергетические ресурсы находясь в непосредственном расположении от сырьевой базы добычи, а также от места переработки руды в горных территориях. Это создаст импульс развития инфраструктуры для новых крупных предприятий. Тем самым идёт сокращение потерь электроэнергии и повышения устойчивости работы всей энергосистемы в целом [3].

Стоит заметить ряд вопросов, где удерживающими развитие моментами для широкого использования ЕПЭС являются:

- неимение правильной теоретической базы. Она участвует в расчётах водно-энергетических режимов, статической и динамической стабильности эксплуатации высоконапорных ГЭС в горных территориях;
- неимение сложной технологии экспертных оценок, кластерного разбора и рангового Н-распределения, которое содержит всевозможные отрасли общенародного хозяйства. Эти удерживающие условия создают внушительные проблемы математических модификаций расчета и прогнозирования использования электроэнергии по абсолютно всем категориям рангового Н-распределения техноценоза;
- нехватка исследований на основе численных и высококачественных показателей электропотребления для разработки симбиоза технологических схем мероприятий, тем самым они дадут эффект уменьшения потерь и нуждаемость в активной мощности в моменты максимума нагрузки, обособленный расход электроэнергии и стоимость энергетического потребления в себестоимости промышленного производства;
- неимение метода и комплекса мероприятий функционирования автоматизированной налаженности операторского управления электропотреблением для всевозможных предприятий для управления параметрами электропотребления.

Оттого решение поставленных вопросов, объединенных с разработкой ЕПЭС являются весьма актуальными и важными [4].

Актуальность создания ЕПЭС на территории Северного Кавказа, отличительной особенностью которого является наличие высокогорной местности, бурных рек, высокой солнечной активности и скорости ветра, а также наличие геотермальной активности в качестве источников электроэнергии перспективным является использование возобновляемых источников электроэнергии, в первую очередь, высоконапорных гидроэлектростанций (ГЭС), солнечных (СЭС), ветровых (ВЭС) и геотермальных (ГеоЭС) станций [5]. Электроэнергия, получаемая с их помощью, по линиям электропередачи (ЛЭП) питает участки добычи руды, а затем горно-обогатительные комбинаты (ГОК) и промышленные предприятия, участвующие в технологической цепочке [6]. Схема ЕПЭС представлена на рисунке 1.

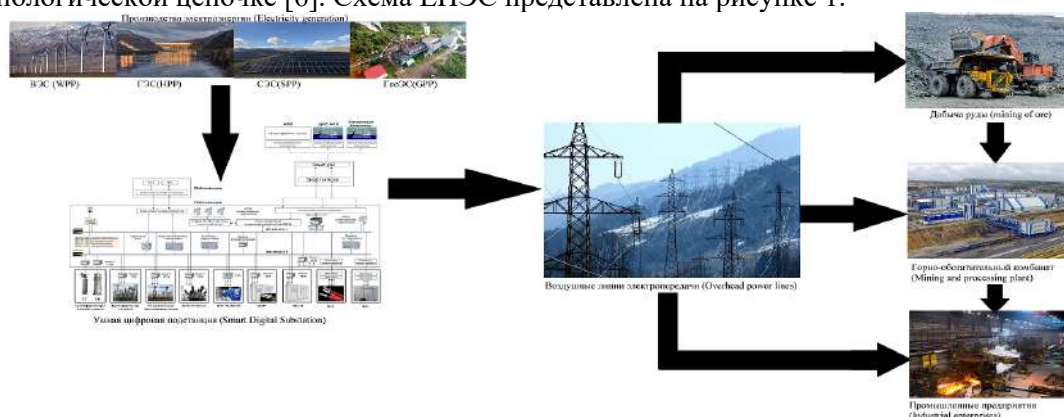


Рисунок 1 – Схема структурной взаимосвязи единой промышленно-энергетической системы возобновляемых источников электроэнергии, горно-обогатительных комбинатов (ГОК) и промышленных предприятий

Солнечная энергетика. Стоит отметить, что согласно исследованиям проведенным, как российскими, так и зарубежными экспертами – наша страна обладает грандиозным потенциалом по использованию всех имеющихся возобновляемых источников энергии, которые позволят разрешить в ближайшее время наметившиеся негативные тенденции. ВИЭ может начать переход на новый энергетический уклад связанный с индустрией 5.0 на глобальном рынке технологий [7]. Впрочем неоспорима потребность в актуализации оценки народнохозяйственного потенциала ресурсов ВИЭ в Российской Федерации [8]. Не везде возможна максимальная эффективность ВИЭ [9]. Но горные территории Северного Кавказа обладают крайне высоким потенциалом по всем существующим возобновляемым источникам энергии [10].

Солнечную энергетику отличают от традиционных источников получения энергии: нулевым негативным воздействием на окружающую среду, бесшумностью, не имеет движущихся частей, требует минимального технического обслуживания, не нуждается в воде. Как отмечают специалисты, использование менее 0,001% солнечной энергии, которая достигает Земли каждый день - может обеспечить все текущие потребности мировой энергетики, а при 0,7% - полностью удовлетворить потребности человечества, даже с многократным ростом потребления электроэнергии в долгосрочной перспективе [11].

Использование СЭС даёт ряд неоспоримых преимуществ:

1. при постепенном замещении первичного ископаемого топлива, уменьшается необходимость в них и падает загрязнение воздуха парниковыми газами, а также создаётся невозможность отравления углеводородами вод.
2. замена ископаемого топлива означает переход на новый энергетический уклад, который отразится на всём развитии цивилизации. Достигая сокращением потребления первичного топлива, особенно нефти нулевого загрязнения.
3. Позволяет обеспечивать электроэнергией удалённые и труднодоступные районы энергией.

Следовательно достигая сверхконцентрации создание энергии на одной СЭС приведет к порядочному уменьшению цены кВт*ч, сравнительно с установками для локальной ге-

нерации. Это поможет достигнуть реалистичной конкурентоспособности солнечной энергетики, и субсидии тогда уже не понадобятся [12]. Всемирное стремление к сокращению выбросов парниковых газов даёт все толчки к формированию технологических трендов развития ВИЭ. Это дало за последние 10 лет снижение средней величины капитальных затрат на строительство СЭС в 5 раз. Так были достигнуты в определенных регионах мира паритет с традиционными источниками энергии, что повышает конкурентоспособность ВИЭ. Данные события очень показательны для формирования глобальной солнечной энергетики по всему миру. Это лишний раз показывает мировому сообществу, что развитие технологий для применения ВИЭ может привести к уменьшению объемов использования традиционных ископаемых энергоресурсов уже в нынешнем десятилетии. подобный неисчерпаемый энергоресурсный тренд стал основанием для включения его в число приоритетных направлений в Энергетической стратегии России на период до 2030 года.

Актуальность темы затрагивает установление эффективных мощностей СЭС в горах. Благодаря этому будет достигнуто снижение стоимости электроэнергии для потребителей, сохранение окружающей среды, а также в дальнейшей перспективе будут созданы все условия для внедрения солнечных электростанций для всехгорнолыжного курортов Северного Кавказа. И все вышеприведенные предпосылки несомненно показывают актуальность и важность разрабатываемого проекта для РСО-Алания.

Ветроэнергетика С конца прошлого века промышленно развитые страны приступили к разработке и реализации долговременных национальных энергетических программ, которые были направлены на создание условий по преодолению будущего энергетического кризиса за счёт эффективного использования ВИЭ. Физическая экономика подсказывает всеми существующими индикаторами, что традиционные виды топлива (нефть, газ, уголь) становятся всё более дефицитным. В энергетических стратегиях, планах и директивах энергопакетов мер поддержки западных держав предусмотрены огромные траты в области ветроэнергетики. Они прежде всего носят цель определить наиболее эффективный и качественный район с высоким ветроэнергетическим потенциалом. А также разработку методов эффективного применения ветроэнергетических установок и создание новых высокотехнологичных, экономичных материалов для ВЭС. С целью увеличения надёжности энергоснабжения всех категорий потребителей, повышению номинальных и физических экономических показателей, а также создание высокой конкурентоспособности ветроэлектрических станций по сравнению с ГЭС, АЭС и ТЭС. Такие планы предусмотрены в энергетической стратегии России до 2030 года, где объем генерации ВИЭ должен составить не менее 7,5%. Так же в данном документе отмечается ввод более 7000 МВт установленной мощности, из них больше половины (4000 МВт) приходится на ВЭС [12]. В этой связи тема данной работы является несомненно актуальной и важной.

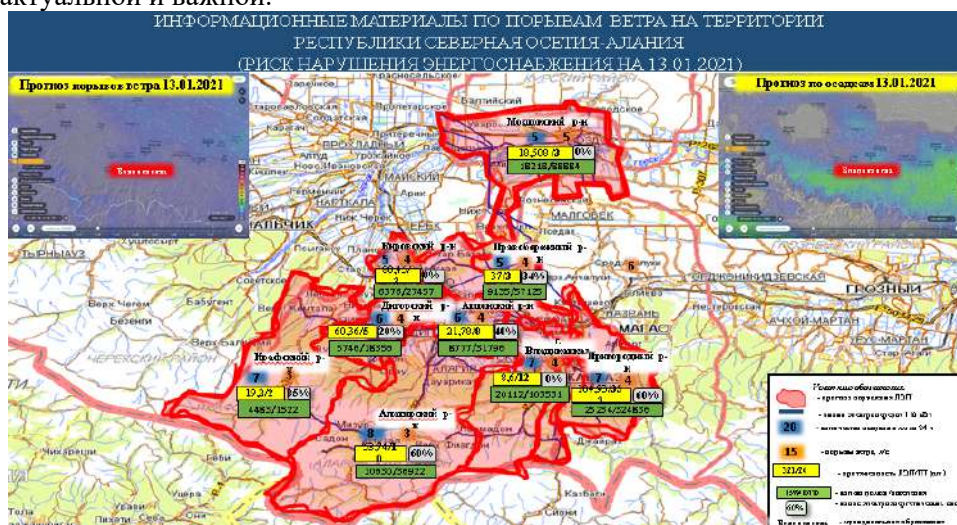


Рисунок 2 – Информационные материалы по порывам ветра в Республике Северная Осетия-Алания (риск нарушения энергоснабжения на 13.01.2021)

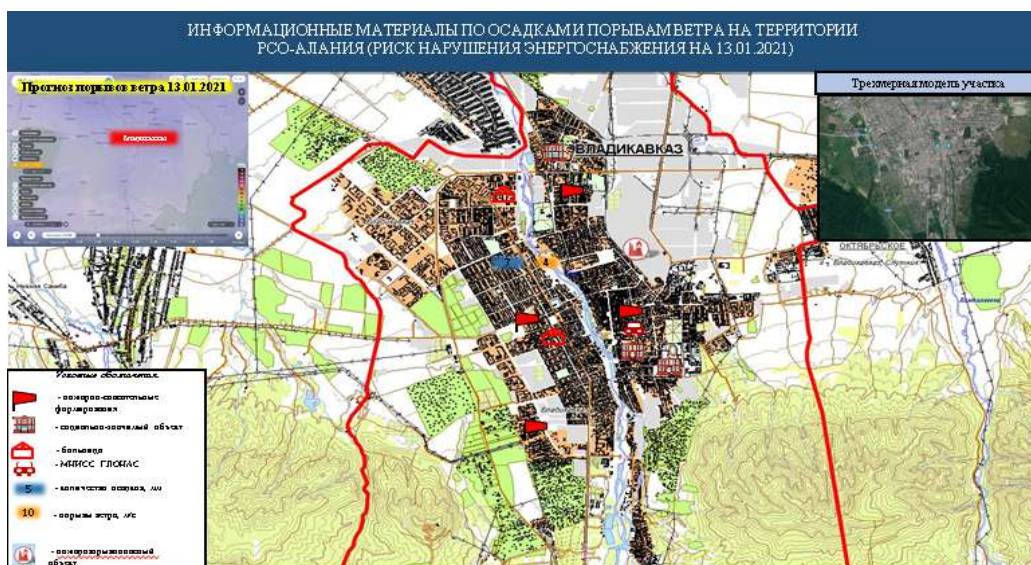


Рисунок 3 – Информационные материалы по осадкам и порывам ветра в Республике Северная Осетия – Алания (риск нарушения энергоснабжения на 13.01.2021)

Геотермальная энергетика. Применение ГеоЭС также является актуальной для ВИЭ, которые можно использовать на территории Северного Кавказа и прежде всего в РСО-Алании. Она заключается в грамотном использовании внутренних тепловых запасов, которыми обладают Кавказские Горы. Их геотермальный потенциал ещё предстоит развить на совершенно новый уровень. ГеоЭС на 2020 год в генерации занимает значительную часть. Её умеренный рост составляет от 5 до 7,5% в год и является одним из самых экономически и энергетически эффективных технологий [12].

Заключение. ВИЭ для горной местности, а так же для удалённых районов России являются крайне полезным и эффективным источником энергии. В данной работе приведены примеры эффективного внедрения ВИЭ в лице СЭС, ВЭС и ГеоЭС, которые с каждым годом показывают всю большую эффективность в автономных энергетических сетях и в горной местности. Это связано с тем, что всё больше стран принимают активное участие в защите окружающей среды, сохранение жизни на планете и создание более качественных условий для новых поколений.

Список литературы:

1. Распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 г. № 1-р «О внесении изменений в Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года».
2. О целевом видении стратегии развития электроэнергетики России на период до 2030 г. / под ред. Акад. А.Е. Шейндлина. М.: ОИВТ РАН, 2007.
3. Альтернативные энергоносители / Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.М. Российская академия наук, Издательство «Наука», 2004 г.
4. Баранов Н. Н. Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии. М.: Изд. дом МЭИ, 2012.
5. Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 256 с.
6. Солнечная энергетика: учеб. пособие для вузов / Под ред. В.И. Виссарионова. М.: Изд. дом МЭИ, 2008.
7. Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005.
8. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Вторая редакция. Официальное издание. М.: Экономика, 2000.
9. Будун А. С. Природа, природные ресурсы Северной Осетии и их охрана. Владикавказ: РИО, 1994. Вып. 2.

10. Оценивание состояния в электроэнергетике А. З. Гамм, ЛТ. Н. Герасимов, И. И. Голуб и др. - М. : Наука, 1983.
11. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем под ред. В. Н. Казанцева. — М.:Энергоатомиздат, 1983.
12. Ахмедов Р.Б. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии Ахмедов Р.Б. М.: Знание, 1988.

Научный руководитель: Московский политехнический университет, д.т.н., профессор Р.В. Ключев, ФГБОУ ВО "Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)", к.т.н., доцент И.И. Босиков

СМИРНОВ Д.В., АФИНЕЕВСКИЙ А.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет

**КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ В УСЛОВИЯХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

SMIRNOV D.V., AFINEEVSKII A.V.

Ivanovo state university of chemistry and technology

**CATALYTIC SYSTEMS FOR MODULAR TECHNOLOGY FOR UTILIZATION AND
PROCESSING OF ASSOCIATED PETROLEUM GASES IN FIELD CONDITIONS**

Дефицит нефтепродуктов, нарастающий в мире последнее время, дает повод начать поиск новых источников сырья, к таким источникам могут относиться попутные нефтяные газы. Под литосферным давлением легкие углеводороды растворены в нефти, а при её добыче происходит их десорбция. В результате получается газовая смесь из различных углеводородов, содержащая в большом количестве соединения серы, азота и других компонентов. Наличие сероорганических соединений, а также непостоянство химического состава, в значительной степени затрудняет переработку попутных нефтяных газов (ПНГ). Целью работы являлось создание комплекса сорбентов и катализаторов на основе никеля, меди, кобальта для малотоннажной установки по переработке попутных нефтяных газов сложного химического состава в метанол.

Предварительно была проведена оценка возможности создания такой установки по расчетным данным. В результате были выявлены причины затрудняющие возможность создания подобной установки, основной ошибкой, по нашему мнению, при разработке подобной малотоннажной технологии были аналогии в ее исполнении с промышленными аналогами. В тоже время разрабатываемая установка должна отвечать следующим требованиям:

1. Максимальная рекуперация тепло-массовых потоков в едином блоке от конверсии до ректификации;
2. Блочная структура конструкции и компоновки аппаратов для эргономичности и компактности;

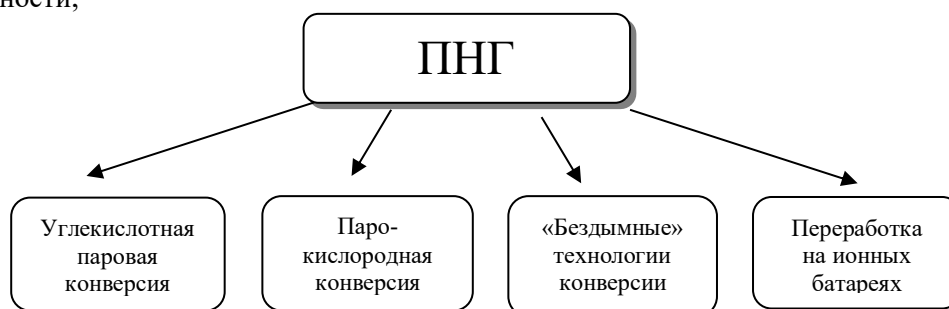


Рисунок 1 – Возможные схемы технологий переработки (ПНГ)

Исходя из требований и исходных данных по химическому составу с месторождений северных и южных климатических зон, было принято решение о создании установки переработки ПНГ в метанол с помощью углекислотной паровой конверсии. Суть предлагаемой технологии заключается в следующем: ПНГ первоначально сжимаются с начального давления 0,5 МПа до 2-3 МПа. Следующая стадия – гидрирование непредельных и серосодержащих соединений (катализаторы на основе никеля, молибдена, кобальта на подложке в виде γ - Al_2O_3 , методика синтеза аналогична описанной в патенте РФ № 2604093). Затем возможна стадия возврата диоксида углерода со стадии разделения и очистки дымовых газов. Парогазовая смесь разогревается до температур порядка 900 °С, подъем температуры выше сопряжен с процессами закоксовывания поверхности катализатора. После конверсии содержание метана в синтез-газе находится на уровне 1,5-3 мас. %. Полученный полупродукт проходит ряд теплообменников и с помощью циркуляционного компрессора сжимается до 5 МПа, после чего направляется в колонну синтеза метанола. После отделения легких органических фракций на выходе имеем метанол-сырец соответствующий марки «А» ГОСТ 2222-95.

Предварительные опыты и расчеты показали, что с помощью проектируемой установки могут быть получены такие продукты как метанол с чистотой 99,98%, смесь азота и аргона с содержанием кислорода не более 0,02 мас.%, отпарная вода с содержанием метанола не более 0,005 мас.% или любым другим содержанием под нужды нефтедобычи (водно-метанольные смеси для создания нефте-водяных эмульсий высокого давления в глубоких скважинах).

Описанная технология отличается набором каталитических и сорбционных систем с возможностью контроля адсорбционных свойств по отношению к водороду. Известно, что реакционно-способные технологические газы адсорбируются на переходных металлах в различных индивидуальных состояниях, отличающихся типом и энергией связи с поверхностью. Авторами работы созданы научно-обоснованные принципы контроля адсорбционных свойств катализаторов на основе переходных металлов непосредственно в условиях протекания реакции, заключающиеся в создании заданного энергетического профиля поверхности и его поддержания в процессе эксплуатации катализатора. Основы предлагаемых подходов описаны в работах [1. Теория и практика гетерогенных катализаторов и адсорбентов / Под ред. О. И. Койфмана. М.: ЛЕНАНД, 2020. 640 с. ISBN 978-5-9710-8499-0; 2. Afineevskii A.V., Prozorov D.A., Knyazev A.V., Osadchaya T.Y. Correlation of Distribution Functions of Hydrogen Adsorption and Disodium Maleate Hydrogenation Activity for the Nickel Catalyst in Aqueous Solution //ChemistrySelect. – 2020. – Т. 5. – №. 3. – С. 1007-1012; 3. Афинеевский, А.В. Гидрирование на гетерогенных катализаторах: монография / А.В. Афинеевский, Д.А. Прозоров, Т.Ю. Осадчая, Р.Н. Румянцев / Ивановский гос. хим.-технолог. ун-т ; Бук, 2020. 475 с. ISBN 978-5-00118-597-0].

Практическая часть работы по установлению теплот адсорбции водорода выполнена при финансовой поддержке гранта Президента для молодых учёных - кандидатов наук (проект МК-771.2020.3).

Теоретическая часть работы выполнена в рамках государственного задания на выполнение НИР (Тема № FZZW-2020-0010).

Научный руководитель: д.х.н., с.н.с. Д.А. Прозоров

СТАРШАЯ В.В.

Санкт-Петербургский горный университет

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В НЕФТЯНЫХ
СКВАЖИНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

STARSHAIA V.V.

St. Petersburg Mining University

**PREVENTING PARAFFIN DEPOSITS IN OIL WELLS USING RENEWABLE
ENERGY SOURCES**

Характерной особенностью современного развития нефтяной промышленности России является переход многих разрабатываемых месторождений на стадию падающей добычи. В соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2035 года подготовленной Минэнерго РФ в 2020 году одной из пяти ключевых проблем и вызовов, с которыми сталкивается отечественная нефтяная отрасль, является увеличение себестоимости добычи вследствие преобладания труднодоступных запасов и высокой выработанности "зрелых" месторождений, что усложняет удержание достигнутых уровней добычи нефти и обуславливает необходимость применения дорогостоящих технологий добычи [1,2]. Подходы к освоению и разработке труднодоступных месторождений будут существенно отличаться от традиционных и будут осложняться вязкостью залежей, высокой степенью парафинизации, отсутствием предпосылок к развитой дорожной и железнодорожной транспортной сети, а самое главное отсутствием централизованного электроснабжения. Одной из основных проблем, осложняющих добычу нефти, является образование асфальто-смоло-парафиновых отложений (АСПО). При этом, около 80% всех нефтяных месторождений по содержанию парафинов являются средне- и высокопарафинистыми [3]. Учитывая чрезвычайно высокую стоимость строительства линий электропередачи от имеющихся ЛЭП до потребителей на месторождениях, а также платежи за землеотвод и аренду земельных угодий под ЛЭП, относительно невысокие величины электропотребления, применение автономных систем электроснабжения объектов добычи нефти является более эффективным и рентабельным.

Решением данной проблемы может стать применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в качестве основного источника электроснабжения. Целью работы является разработка автономной системы электротермического воздействия на продуктивные пласты трудноизвлекаемой нефти для предотвращения условий парафинизации нефти в стволе нефтяной скважины с питанием от возобновляемых источников энергии.

В ходе исследования обоснован выбор солнечного излучения в качестве автономного источника электроснабжения. Однако, климатические изменения в конкретной географической точке вносят существенные поправки в оценки освещенности и фотопотока солнечной батареи. Таким образом, количество солнечной радиации было рассчитано с учетом климатических условий по методике С.И.Сивкова [4]. По результатам математического и компьютерного моделирования создала модель изменения солнечного излучения. С целью проверки адекватности используемой математической и компьютерной моделей изменения солнечного излучения была рассчитано среднегодовое солнечное излучение, которая составило 5,3 кВт/м². Отклонение от среднегодовых значений солнечной инсоляции по данным метеорологических станций NASA составило 5,5%. Таким образом, в данной методике учтено влияние внешнего климатического фактора на энергетические характеристики солнечной батареи, что повышает точность прогнозных расчетов в выработке электроэнергии для рассматриваемого региона.

Для определения необходимой мощности греющего кабеля был произведен теплоэнергетический расчет распределения температуры нефти в скважине и температура образования парафиновых отложений. В ходе исследования было доказано, что использование фотозлектрической установки в качестве автономного источника питания электротермического

комплекса с греющим кабелем обеспечивает поддержание средней установившейся температуры по стволу скважины выше точки начала кристаллизации парафиновых отложений в нефти.

Таким образом, в работе проведено обоснование структуры и параметров системы электротермического прогрева с учетом суммарного солнечного излучения, теплоэнергетических характеристик источника электротермического прогрева скважин. Электроэнергетические расчеты были выполнены на основании теории электрических цепей и электрических машин с использованием компьютерного моделирования в системе Matlab Simulink и численного анализа в математическом пакете MathCAD. Также, в ходе исследования был разработан лабораторный имитационный стенд для моделирования работы фотоэлектрической установки с целью верификации параметров компьютерной модели и оценки эффективности работы.

Разработанная система электротермического прогрева с фотоэлектрической установкой может быть использована как на новых разрабатываемых месторождениях с парафинистой нефтью, включая малые месторождения с запасами менее 1 млн тонн, так и на уже введенных в эксплуатацию месторождениях в качестве метода предотвращения образования парафиновых отложений со среднегодовой солнечной инсоляцией более 3 кВт*ч/м². Кроме этого, система обладает следующими достоинствами: энергосбережение, малая металлоемкость и капиталоемкость, простота конструкции, а главное, доказанная экологическая безопасность технологии с учетом всего жизненного цикла оборудования. Внедрение разрабатываемой системы позволит повысить эффективность добычи нефти на новых труднодоступных месторождениях, включая малые месторождения, удаленные от централизованной энергосистемы; предотвратить образование парафиновых отложений; обеспечить энергосбережение за счет сокращения потерь мощности и потребления электроэнергии.

Список литературы:

1. Правительство РФ. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf>
2. Шайхисламов Р.М., Рябов С.Ю., Репчук С.В. Методика анализа и оценка перспектив освоения нефтяных месторождений по геолого-физической характеристике. Электронный ресурс. <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C11/V2/047.pdf>
3. Ильин А.Н., Полищук Ю.М., Яценко И.Г. ВЫСОКОПАРАФИНИСТЫЕ НЕФТИ: закономерности пространственных и временных изменений их свойств. Нефтегазовое дело. Электронный ресурс. http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Iiin/Iiin_1.pdf
4. Belsky A.A., Morenov V.A., Kupavykh K.S., Sandyga M.S. Wind turbine electrical energy supply system for oil well heating. Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations. Vol. 62, Issue 2, 2019, 146-154 pp. DOI: 10.21122/1029-7448-2019-62-2-146-154

Научный руководитель: д.т.н., доцент Я.Э. Шклярский

МИНИ-ГЭС ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНОВ ТАДЖИКИСТАНА

SULTONOV O.O.
South Ural State University

MINI-HYDRO POWER PLANTS FOR HARD-TO-ACCESS AREAS OF TAJIKISTAN

В последние десятилетия для электроснабжения автономных потребителей широко используется ВИЭ. В зависимости от географического расположения потребителя и потенциала ресурса ВИЭ устанавливаются ветроэлектростанция, солнечная электростанция и гидроэлектростанции малых мощностей (МГЭС). Для электроснабжения отделённых мест в республике Таджикистан МГЭС широко используются либо в автономном режиме, либо параллельно с линиями электропередач напряжением 10/0,4кВ. При комбинированном использовании МГЭС с централизованным электроснабжением режим работы подключенных однофазных нагрузок сильно влияют на режим работы МГЭС. МГЭС с традиционным методом построения с регулируемой турбиной и синхронным генератором с электромашиной возбуждением качества выходных параметров обеспечиваются пути управления скорости вращения турбины и системы возбуждения генератора.

Несимметричное подключение однофазной нагрузки требует большое количество воды в турбине и напряжения в системе возбуждения. При несимметричной нагрузке в фазах напряжения также будет несимметричным. В зимний период снижается уровень речки за счёт притока воды, наблюдается резкое снижение мощности МГЭС, что приводит к ухудшению выходных параметров. При длительном работы МГЭС с такими выходными режимными параметрами уместается срок службы оборудования. В первый очередь выходить из строя системы управления турбины и системы возбуждения генератора которые, сильно влияют на режимы работы МГЭС. Для обеспечения качества выходных параметров при любых режимах на МГЭС, особенно при снижении уровня речки или при подключения несимметричной нагрузки необходимо изменить все элементы МГЭС. Предлагается применить центробежный насос в качестве турбины, синхронный генератор с постоянным магнитом и полупроводниковые преобразователь. Функциональная схема МГЭС показано на рисунке 1. В предлагаемой схеме МГЭС отсутствует необходимость в регулировании частоты вращения турбины и возбуждения генератора. Требуется минимальная необходимая нагрузка для собственных нужд и на автономность работы не влияет уменьшения уровня реки в зимние периоды а также не нарушается режим работе в случае подключения несимметричной нагрузки.

В предлагаемой схеме МГЭС частота и качества обеспечивается с помощью СПН, особенно при несимметричной нагрузке в фазах СПН симметрируется напряжения. Для того чтобы операция симметрирования осуществлялась с помощью автоматического введения обратной связи по напряжению в общей точки соединения звезды относительно шины минус источника, необходимо поставить датчик напряжения в этой точки относительно корпуса. Тогда, управляя дополнительными ключами, соединенными с источником постоянного тока, как это показано на рисунке 2, возможно обеспечить симметричную диаграмму фазных напряжений.

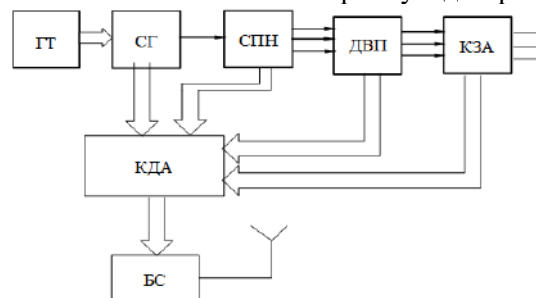


Рисунок 1 – Функциональная схема автономной автоматизированной МГЭС

Комплекс содержит следующие элементы: ГТ – Гидротурбина; СГ–Синхронный трёхфазный генератор; СПН – Силовой преобразователь напряжения; ДВП – Блок датчиков выходных параметров ГЭС; КЗА – Блок коммутационно- защитной аппаратуры; КДА – Блок контрольно-диагностической аппаратуры; БС – Блок связи.

Это происходит за счёт того, что система осуществляет дополнительное подключение общей точки к шине плюс или минус и по сигналам датчика напряжения воздействуют на регулятор тока, который показан на рисунок 2.

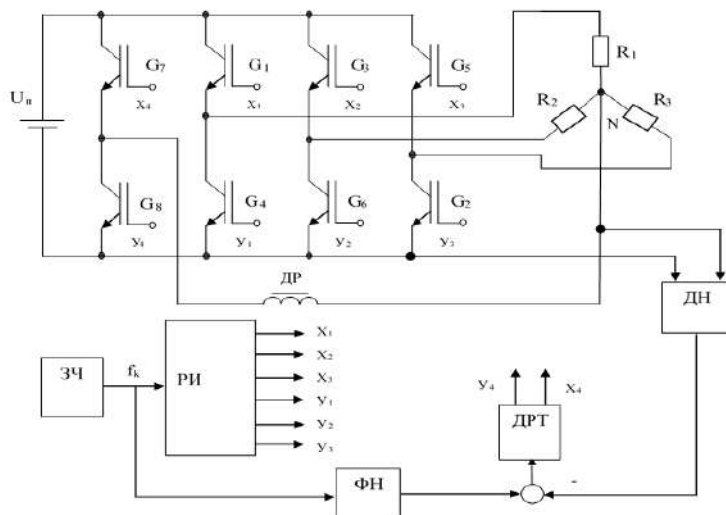


Рисунок 2 – Схема реализации устройства симметрирования

Блок- схема устройства, реализующей изложенный принцип, представлена на рисунке 2, где обозначено: G1-G6- основные силовые ключи инвертора напряжения; G7,G8 – ключи дополнительной стойки, предназначенной для симметрирования напряжения; R1-R3- сопротивления нагрузки; ДН- датчик напряжения нулевой точки относительно шины «минус» источника питания; ЗЧ- задатчик частоты коммутации ключей; РИ- распределитель импульсов управления ключами; ФН- формирователь заданного значения напряжения общей точки; ДРТ- дискретный регулятор тока.

Работа посвящена вопросу решения проблемы обеспечения потребителей электроэнергией в труднодоступных горных местностях РТ. Предлагается способ и схематическое решение позволяющий обеспечить данных потребителей качеством электроэнергией, а также возможность контролировать режимных параметров.

Научный руководитель: д.т.н., профессор С.Г. Воронин

**УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ НЕФТЕПРОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛА**

FEDOTKINA A.N.
St. Petersburg Mining University

**REDUCING OIL PIPELINE HEAT LOSSES USING LOW-POTENTIAL
GEOTHERMAL HEAT**

В настоящее время в нефтегазовой отрасли стоит проблема затвердевания продукта в нефтепроводе в результате снижения температуры окружающей среды. Данная проблема приводит к увеличению затрат энергии на работу оборудования и к увеличению убытков.

Транспортировка высоковязкой нефти и нефтепродукта традиционным методом осуществляться не может, поэтому используется самый эффективный метод перекачки – подогрев. При подогреве трубопровода улучшаются реологические свойства жидкости, вследствие чего становится проще перекачивать нефть.

В нефтегазовую промышленность внедрили различные способы подогрева. Один из способов – пароспутник. Данная система обогрева от промерзания с помощью пара. Это очень конструкторски-сложный комплекс, который требует больших затрат. Недостатком данного метода является подогрев нефти и высоковязких нефтепродуктов только перед началом перекачки и не осуществляется по длине всего трубопровода, что приводит к увеличению нагрузки.

Используется также электрообогрев магистральных трубопроводов, с помощью СКИН-системы. Данная система состоит из индукционно-резистивного нагревателя и расположенного в ней изолированного индукционно-резистивного проводника из меди или алюминия.

Электрообогрев труб имеет существенные недостатки в виде низкой электробезопасности, повышение электрозатрат при эксплуатации и обеспечение трассы магистрального трубопровода электрической сетью.

Несмотря на современные способы подогрева магистральных трубопроводов и повышение качества технического состояния оборудования, все же остаются проблемы с энергоэффективностью применения всех вышеперечисленных методов подогрева. Стоит заметить применение традиционных ресурсов теплоты с каждым годом уходят на второй план, так как использование данных источников энергии становится не экономично и не энергоэффективно.

Основная часть трубопровода находится в Сибири, где располагается большая часть запаса тепла из недр. На глубинах до 3 км имеются тепловые ресурсы воды с температурой от 35 до 75 °С.

Поэтому целью исследования стало снижение потерь теплоты для нефтепровода за счет разогрева грунтового массива вокруг трубопровода, используя геотермальную теплоту. Подогрев магистрального трубопровода осуществляется устройством, представляющую собой т-образную трубку, состоящую из вертикального корпуса 1, заполненного рабочем телом (водой) при атмосферном давлении. Горизонтальный корпуса 2 находится под землей, и ось горизонтального участка прокладывается параллельно оси магистрального трубопровода на расстоянии 0,5 – 2 м (см. рис. 1 – Тепловая трубка).

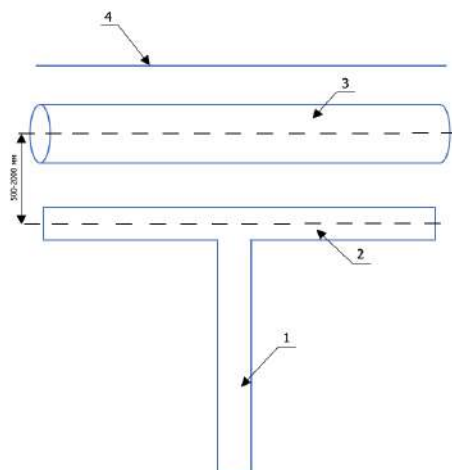


Рисунок 1 – Тепловая трубка:

1 – вертикальный корпус; 2 – горизонтальный корпус; 3 – нефтепровод; 4 – поверхность земли

Устройство работает следующим образом. Вертикальный корпус 1, заполненный водой, при подводе геотермального тепла осуществляется тепло- и массопереноса в горизонтальный корпус 2, где производится разогрев и поддержание температуры грунтового массива вокруг трубопровода.

Эффективность данного устройства состоит в том, что для бесперебойной перекачки высоковязкой нефти и нефтепродукта использует подогрев магистрального трубопровода, используя альтернативный источник теплоты – геотермальную энергию. В свою очередь данная методика сокращает затраты на покупку дорогостоящего оборудования и ограничивается только в покупке материала для тепловой трубки.

Научный руководитель: профессор В.А. Лебедев

ШУБИНА Л.А.

Российский государственный социальный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДВС НА УГЛЕВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

SHUBINA L. A.

Russian State Social University

THE USE OF PELTIER ELEMENTS IN ORDER TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES ON HYDROCARBON FUEL

Исходя из летописей, идеи построить самоходную технику в человеческом уме зародились еще в 15 веке. Первой самоходной установкой с «мускульным приводом» стала коляска безногого часовщика из Нюрнберга Стефана Фарфлера, сооруженная им в 1655 году. По сути, была заложена основа педальных самоходных средств передвижения или механических приводов, используемых в промышленности. Однако, «мускульная тяга» не была способна дать достаточной мощности для приведения в движение тяжелых машин, это не было основным ограничением для развития транспортных технологий, а также машинного производства.

Ньютоновская механика, сформулировала основные постулаты идеи сохранения энергии. Понимание того, что энергию возможно преобразовывать из одного состояния в другое, привело человечество к идее поиска достаточного источника энергии, который возможно преобразовывать в механическую работу. Первые попытки реализации данной идеи

воплотились в создании паровых двигателей. Однако, получаемые мощности оставались недостаточными, при этом затраты на разогрев были чрезвычайно высоки.

В 1807 году произошел революционный прорыв, который определил вектор дальнейшего развития промышленности. Исаак де Риваз разработал и построил первый двигатель внутреннего сгорания, работающий на водородном топливе. В настоящее время, двигатели внутреннего сгорания (далее – ДВС) повсеместно используются в различных сферах человеческой жизнедеятельности. Основными примерами ДВС могут послужить приводные двигатели транспортных средств, работающих на углеводородном топливе, к ним же относятся и привода в дизельных и бензиновых электрогенераторах.

Основные принципы работы ДВС заключаются в преобразовании энергии взрыва углеводородного топлива в механическую энергию, которая и совершает в свою очередь механическую работу. Принципиально, конструкцию ДВС можно описать следующим образом: в камеру сгорания двигателя через впускной клапан поступает смесь топлива с воздухом, стехиометрическая концентрация которого оптимальна для взрыва. При заполнении камеры сгоранием смесью, впускной клапан закрывается, при это от свечи зажигания подается искра, которая приводит к взрыву топливно-воздушной смеси (далее – ТВС) (в дизельном двигателе зажигание не применяется, детонация ТВС происходит в результате давления сжатия). Взрыв ТВС приводит к расширению газа, в результате которого порождаемое давление осуществляет воздействие на поршень приводя его в движение. Он в свою очередь передает механическую энергию на коленчатый вал. Затем отработавшие газы выпускаются через выпускной клапан.

Энергетическая эффективность двигателей внутреннего сгорания определяет количество энергии, подвергшейся преобразованию. Другими словами, какая часть выделенной тепловой энергии преобразуется в механическую. На сегодняшний день, коэффициент полезного действия ДВС не превышает 50%. Эксперты подсчитали, что если увеличить КПД всех тепловых машин хотя бы на один процент, то мировая экономическая система получила бы прибыль в триллионы долларов.

Основные энергетические потери двигателя внутреннего сгорания прекрасно объясняются формулой Сади Карно. Согласно его формуле, коэффициент полезного действия определяется отношением разницы температур нагревателя и охладителя к температуре нагревателя. Другими словами, часть тепловой энергии уходит на нагрев внешней среды. С инженерно-технической точки зрения, охлаждение двигателя так же является необходимым элементом, в случае его отсутствия возможен перегрев двигателя, который выражается в тепловом расширении его металлических элементов, что приводит к заклиниванию движущихся частей.

Таким образом, задача повышения коэффициента полезного действия двигателей внутреннего сгорания сводится к следующему: необходимо снизить поглощение выделяемой тепловой энергии охлаждающей системой с сохранением рабочей температуры самого двигателя внутреннего сгорания.

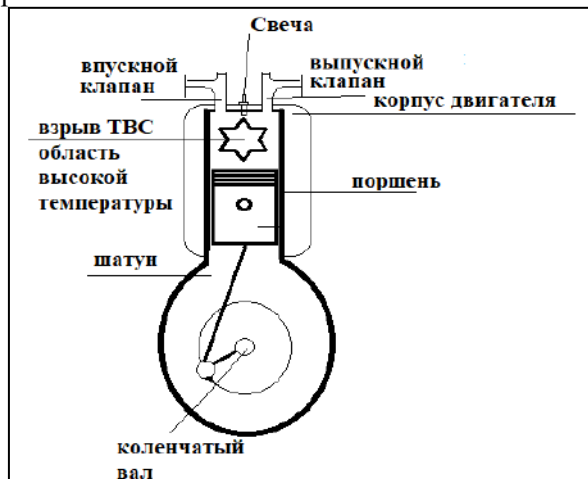


Рисунок 1 – принципиальная схема ДВС

На рисунке 1 изображена принципиальная схема ДВС. Формула Карно применительно к данной схеме объясняется следующим образом. Взрыв ТВС в камере сгорания создает область высокой температуры, в результате чего происходит интенсивное расширение продуктов детонации. Вместе с этим, часть тепла мгновенно переходит в корпус двигателя приводя к его нагреву. Корпус двигателя в свою очередь, передает полученное тепло системе охлаждения или внешней среде (для ДВС, имеющих воздушную систему охлаждения).

В 1821 году, немецким физиком Томасом Зеебеком открыто явление термо-ЭДС. Суть явления заключается в возникновении ЭДС между двумя различными металлами при возникновении между ними разницы температур. Данное явление в дальнейшем привело к созданию элементов Пельтье. К примеру, мощность модулей Пельтье марки TEC1-12706 варьируется от 2,5 до 9,1 мВт/°С.

Как известно, часть энергии ДВС в транспортных средствах помимо основной задачи передвижения, расходуется на приведение в движение электрогенератора, так как многие функциональные элементы транспортных средств работают от электричества. Использование элементов Пельтье применительно в ДВС может быть разнообразным. В первом случае, размещение элементов Пельтье на корпусе двигателя, позволяет собирать рассеиваемое тепло и переводить его в полезную для дальнейшего использования энергию, правда не в механическом, а электрическом виде. Вместе с этим, с инженерной точки зрения, размещение элементов Пельтье, к примеру, вдоль выпускного коллектора ДВС, так же позволяет забирать остаточное тепло от уже отработанных газов.

Таким образом, с точки зрения эффективности энергопреобразования, осуществляемого в двигателях внутреннего сгорания, элементы Пельтье позволяют повысить получаемую полезную энергию выше существующего предела в 50%.

Научный руководитель: доцент кафедры ЭиТБ В.И. Шмырев

Актуальные проблемы недропользования: Тезисы докладов. Том 5 / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2021. (XIX Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов, 12-16 апреля 2021 г.)

ISBN 978-5-94211-934-8 (Том 5)
ISBN 978-5-94211-929-4

УДК 00 (622+55+665.6/7+620.9+621+669(082))
ББК 2 (65.304.11+33.36+31+34.3/4я43)

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

XIX ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ-КОНКУРС СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

12-16 апреля 2021 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
Том 5

Тезисы публикуются в авторской редакции
Печатается с оригинал-макета, подготовленного в Международном центре компетенций
в горнотехническом образовании под эгидой ЮНЕСКО

Сборник включен в базу данных РИНЦ
Научной электронной библиотеки <http://elibrary.ru>

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.02

Подписано к печати 10.06.2021. Формат 60×84/8. Уч.-изд.л. 25.
Тираж 30 экз. Заказ 573.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2



Санкт-Петербургский горный университет

Россия, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2

Тел. (812) 327 7360. Факс (812) 327 7359

<http://www.spmi.ru>. E-mail: rectorat@spmi.ru

