



КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
У Н И В Е Р С И Т Е Т



СОДРУЖЕСТВО НАУЧНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ: ЭНЕРГЕТИКА, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ

I Международная научно-практическая конференция
(Казань, 29 и 30 ноября 2023 г.)

Материалы конференции

Казань
2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**СОДРУЖЕСТВО НАУЧНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ
СООБЩЕСТВ: ЭНЕРГЕТИКА, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ,
ЭКОЛОГИЯ**

I Международная научно-практическая конференция
(Казань, 29 и 30 ноября 2023 г.)

Материалы конференции

Казань
2024

УДК 62.09+504

ББК 31.2+20.1

Авт. С57

Рецензенты:

Директор ООО «Научно-технический центр «Альтернативная энергетика», профессор,
д.т.н., профессор кафедры «Переработка древесных материалов» ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Тимербаев Наиль Фарирович

Главный научный сотрудник Института общей и неорганической химии АНРУз,
д.х.н., профессор Жумаева Дилноза Жураевна

Содружество научных и профессиональных сообществ: энергетика, промышленность, экология: Материалы I Международной научно-практической онлайн-конференции (Казань, 29 и 30 ноября 2023 г.) / Л.А. Николаева, Л.Р. Гайнуллина, Ф.М. Филиппова, Э.Р. Зайнуллина – Казань : КГЭУ, 2024. – 74 с.

Электронный сборник материалов

Участники конференции – Казанский государственный энергетический университет (ФГБОУ ВО «КГЭУ») (г. Казань), Томский политехнический университет (ФГАОУ ВО НИ ТПУ) (г. Томск), НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», (Республика Казахстан, г. Кызылорда), Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ (ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ») (г. Казань), Университет Диялы (г. Дияла, Ирак), Казанский национальный исследовательский технологический университет (ФГБОУ ВО «КНИТУ») (г. Казань), Университет Мугла Ситки Кочман (г. Мугла, Турция), Северный технический университет, (г. Мосул, Ирак), Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан, (г. Ташкент, Республики Узбекистан), Нукусский государственный педагогический институт им. Ажинияза (Республика Узбекистан, г. Нукус), Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан (г. Ташкент, Республики Узбекистан), Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого (ГГТУ им. П.О.Сухого), (г. Гомель, Республика Беларусь)

Представлены материалы докладов двух секций:

1. Электроэнергетика, машиностроение и промышленная безопасность.
2. Инженерная экология и возобновляемые источники энергии.

УДК 62.09+504

ББК 31.2+20.1

© КГЭУ, 2024

Направление 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 621.313:621.314:621.341.572

STUDY OF THE LOSSES OF THE THREE PHASE VOLTAGE SOURCE INVERTER

¹Ahmed Ibrahim Jaber, ²Hiba Sami Jurmut, ³Amir Hooshang Mazinan

¹Department of Power and Electrical Machines Engineering University of Diyala, Diyala, Iraq

^{2,3}Department of Control Engineering Islamic Azad University,
South Tehran Branch, Tehran, Iran

¹dr.ahmedjaber@uodiyala.edu.iq, ²hebasami801@gmail.com, ³ahmazinan@gmail.com

In this research, the electrical losses on the electrical inverter in electric driving systems were fully studied in terms of frequency, temperature, and electrical current, which in turn are divided into two important parts (switching losses and conduction losses), where a mathematical model of the electrical inverter was modeled with an electrical machine of a fixed magnet type.

Keywords: electrical losses, inverter, electrical current, mathematical model, fixed magnet

The research aims in this thesis to improve the efficiency of PMSM as well as improve the drive system after knowing and studying the inverter voltage losses, and also studying the harmonic losses of the motor that occur as a result of the PWM frequency transmission, where this matter can be addressed by increasing the inverter switching frequency. The first method depends on the complete numerical simulation of the circuit with specific simulation programs and the calculation of the integrated or parallel circuit losses. The second method is to calculate the electrical behavior of the circuit based on the analytical behavior model [2]. The losses that arise in the power switching device, switching losses, conduction losses, and off-state blocking loss, usually the off-state blocking losses are neglected, compared to the rest of the losses, which occur due to the product of the blocking voltage and the switching leakage current. The analysis of losses and connection losses will be dealt with in a detailed explanation [1].

The linear loss model for power semiconductor devices is assumed to be from switching power losses E_s according to the subsequent studies, which will be measured linearly from the following equation:

$$E_s = E_{sr} \cdot \frac{V}{V_r} \cdot \frac{I}{I_r} \quad (1)$$

E_{sr} is the rated switching power, V_r is the reference voltage, and I_r is the reference current, while V and I represent the actual switching voltage and current respectively. The rated switching power, E_{sr} , is the sum of the on and off states of power semiconductor devices. In the case of one pair of IGBT and a free diode, the E_{sr} equation is as follows:

$$E_{sr} = E_{on,I} + E_{off,I} + E_{off,D}. \quad (2)$$

When the $E_{on,I}$ and $E_{off,I}$ are the on and off characteristics of IGBT, respectively. As for the E_{off} characteristic, D is specific to the operation of a diode that produces reverse recovery current. As per Equations (3.2) in (3.1) and thus the E_s are given in the following way [1]:

$$E_S = \left(E_{on,I} + E_{off,I} + E_{off,D} \right) \cdot \frac{V}{V_r} \cdot \frac{I}{I_r} \quad (3)$$

The energy losses of the P_{sr} are related to the energy losses of the E_{sr} as shown in the following equation:

$$E_{ST} = P_{ST} \cdot T \quad (4)$$

Where T is the switching period .where as the switching loss equation is P_{ls} with for VSI.

Provide a sinusoidal AC line for IGBT switching devices through the following equation:

$$P_{ls} = \frac{6}{\pi} \cdot f_s \cdot (E_{on,I} + E_{off,I} + E_{off,D}) \cdot \frac{V_{dc}}{V_r} \cdot \frac{I_L}{I_r} \quad (5)$$

Conduction losses differ from conversion losses in that conduction losses are directly dependent on the modulation function [2]. Where the formulas is at [3, 4] are shown for how conduction losses are known by the modulation function. In [5], it gives complete information regarding a specific modulation function by distributing the duty cycles of the different zero vectors.

$$P_{lc,I} = \frac{V_{CE,0}}{2\pi} \cdot I_L \int_0^\pi \sin(\omega t) \cdot \frac{1+M(t)}{2} \cdot d\omega t + \frac{r_{CE,0}}{2\pi} \cdot I_L^2 \int_0^\pi \sin^2(\omega t) \cdot \frac{1+M(t)}{2} \cdot d\omega t \quad (6)$$

Thus, the equation for conduction losses connected to each diode $P_{lc,D}$ is as follows:

$$P_{lc,D} = \frac{V_{F,0}}{2\pi} \cdot I_L \int_0^\pi \sin(\omega t) \cdot \frac{1-M(t)}{2} \cdot d\omega t + \frac{r_{F,0}}{2\pi} \cdot I_L^2 \int_0^\pi \sin^2(\omega t) \cdot \frac{1-M(t)}{2} \cdot d\omega t \quad (7)$$

Thus, the total conduction losses of the Plc for all 12 semiconductor devices are as follows :

$$P_{lc} = 6 \cdot (P_{lc,I} + P_{lc,D}) \quad (8)$$

As for the two PWM equations that are based on the carrier wave (6) and (7), it takes the expression stream as in equations (9) and (10) [6].

$$P_{lc,I} = \frac{V_{CE,0}}{2\pi} \cdot I_L \left(1 + \frac{M \cdot \pi}{4} \cdot \cos(\phi) \right) + \frac{r_{CE,0}}{2\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{4} + M \left(\frac{2}{3} \cdot \cos(\phi) \right) \right) \quad (9)$$

$$P_{lc,D} = \frac{V_{F,0}}{2\pi} \cdot I_L \left(1 - \frac{M \cdot \pi}{4} \cdot \cos(\phi) \right) + \frac{r_{CE,0}}{2\pi} \cdot \left(\frac{\pi}{4} - M \left(\frac{2}{3} \cdot \cos(\phi) \right) \right) \quad (10)$$

The modulation index M is the offset angle between the main of the adjustment function and the load current.

The total losses in the voltage source inverter obtained using practical semiconductor devices, and verified using the parameters in the numerical simulation are given in the following table .1 [1].

A mathematical model was designed using the MATLAB program. A mathematical model that explains the study of the electrical losses of the inverter, which consist of static losses and dynamic losses. Many authors neglect these losses, knowing that these losses have a significant and influential value in the conclusions. The effect of increasing the frequency on the inverter losses was also studied. Increasing temperatures affects efficiency by increasing losses. The effect of a change in the speed of the machine in general on the electrical losses of the inverter was also studied, as any increase in speed, frequency, or temperature will lead to an increase in losses.

References

1. Waleed Hassan and Bingsen Wang. Efficiency optimization of PMSM based drive system // Proc. of the 7th International Power Electronics and Motion Control Conference. 2012. Vol. 2. Pp. 1027–1033.
2. Bierhoff Michael H. and Friedrich W. Fuchs. Semiconductor losses in voltage source and current source IGBT converters based on analytical derivation // Proc. of the 35th Annual Power Electronics Specialists Conference. 2004. Vol. 4. Pp. 2836–2842.
3. Balashanmugham Adhavan and Mockaisamy Maheswaran. Permanent-magnet synchronous machine drives [Электронный ресурс] // Applied Electromechanical Devices

and Machines for Electric Mobility Solutions / Ed. by Adel El-Shahat and Mircea Ruba. 2020. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/68961> (дата обращения: 12.10.2023).

4. Alinder Anton and Oskar Olsson. Electromechanical damping of primary control surfaces for an electrical aircraft [Электронный ресурс]. URL: <http://hdl.handle.net/20.500.12380/306581> (дата обращения: 12.10.2023).

5. Uddin M. Nasir, HonBin Zou and F. Azevedo. Online loss-minimization-based adaptive flux observer for direct torque and flux control of PMSM drive // Transactions on Industry Applications. 2015. Vol. 52, Iss. 1. Pp. 425–431.

6. Miller T. JE. Brushless permanent-magnet and reluctance motor drives. Oxford, New York, 1989. 207 p.

УДК 331.45:621.311.24

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ НА КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКЕ ВЕТРЯНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Богданова Анна Николаевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
bogdaannovaa@gmail.com

В данной статье рассматривается вопрос обеспечения безопасности труда на ветряных электростанциях и солнечных фотоэлектрических установках при переменных погодных условиях.

Ключевые слова: комбинированные энергоустановки, ветряные электростанции, солнечные фотоэлектрические установки, безопасность, оборудование, переменные погодные условия

ENSURING OCCUPATIONAL SAFETY UNDER VARIABLE WEATHER CONDITIONS AT A COMBINED WIND POWER PLANT AND SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER PLANT

Bogdanova Anna Nikolaevna
KSPEU, Kazan
bogdaannovaa@gmail.com

This article discusses the issue of occupational safety in wind farms and solar photovoltaic installations under variable weather conditions.

Keywords: combined power plants, wind farms, solar photovoltaic plants, safety, equipment, variable weather conditions

В последние десятилетия солнечная и ветровая энергетика стали ключевыми источниками возобновляемой энергии, способствующими сокращению выбросов углерода и обеспечению устойчивости энергосистем. Однако, работники, занимающиеся обслуживанием и ремонтом комбинированных энергоустановок, сталкиваются с серьезными рисками из-за переменных погодных условий.

Ветряные электростанции и солнечные установки подвергаются различным опасностям, таким как высота работ, электрические риски, а также риски, связанные с непредсказуемыми изменениями погоды, включая штормы, молнии, сильные ветры. Согласно исследованиям, 35% несчастных случаев на подобных установках произошли из-за неблагоприятных погодных условий, что подчеркивает важность принятия мер для обеспечения безопасности персонала [1].

Анализ статистических данных по несчастным случаям на ветряных электростанциях и солнечных установках позволяет выявить основные причины и обстоятельства происшествий. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, за период с 2015 по 2020 год количество несчастных случаев на подобных установках сократилось на 15% благодаря внедрению новых стандартов безопасности и обучению работников [2].

Для обеспечения безопасности труда работников, занимающихся обслуживанием комбинированных энергоустановок, разрабатываются новые технологии и стандарты безопасности. Одним из примеров таких решений является разработка системы предупреждения о резких изменениях погоды на основе метеорологических данных и их интеграция в процедуры безопасности [3]. Это включает в себя прогнозирование высокой облачности и осадков, приводящим к снижению интенсивности солнечного излучения, прогнозирование высоких температур и сильных ветров, создающих риски возгорания, расчеты скорости и направления ветра и определение безопасных пределов для работы на высоте.

Для расчета максимально безопасной скорости ветра для работы на конкретной высоте ветроэнергетической установки можно воспользоваться формулой логарифмического профиля скорости ветра [4]:

$$v(z) = v_1 \cdot \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_1/z_0)},$$

где $v(z)$ – скорость ветра на высоте z над поверхностью земли; v_1 – скорость ветра на известной высоте z_1 ; z_0 – шероховатость поверхности (для открытой местности в Татарстане данный показатель составляет 0,03 м) [5]; z – высота, на которой нужно определить скорость ветра.

Пусть $z = 15$ м – желаемая высота работы на ветроэнергетической установке. Предположим, что на высоте 10 метров ($z_1=10$ м) от поверхности земли скорость ветра составляет 6 м/с ($v_1=6$ м/с). Используем $z_0 = 0,03$ м.

$$v_{max} = 6 \cdot \left(\frac{\ln(15/0,03)}{\ln(10/0,03)} \right)$$

Таким образом, максимально безопасная скорость ветра для работы на высоте 15 метров на ветроэнергетической установке в открытой местности Татарстана составляет приблизительно 6,58 м/с. Эта скорость обеспечивает безопасность работы при переменных погодных условиях в указанной местности.

Обеспечение безопасности труда на комбинированных энергоустановках ветряных электростанций и солнечных фотоэлектрических установок при переменных погодных условиях является важной задачей. Технические решения, анализ статистических данных и обучение работников играют ключевую роль в минимизации рисков и обеспечении безопасности при работе на подобных установках.

Источники

1. Increasing Worker Safety in the Renewable Energy Industry [Электронный ресурс]. URL: <https://eponline.com/articles/2021/01/06/increasing-worker-safety-in-the-renewable-energy-industry.aspx> (дата обращения: 09.11.2023).

2. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3901.pdf> (дата обращения: 09.11.2023).

3. Новокрещенов О.В., Отмахов Г.С., Хуаде М.Ю. Комбинированные системы электроснабжения на возобновляемых источниках энергии // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 132. С. 786–797.

4. Хассан Ф.А., Гайнуллина Л.Р., Тимербаев Н.Ф. Методика оценки и прогнозирования среднегодовой скорости и направления ветра на основе данных ветроизмерений [Электронный ресурс] // Вестник КГЭУ. 2022. № 3 (55). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-i-prognozirovaniya-srednegodovoy-skorosti-i-napravleniya-vetra-na-osnove-dannyh-vetroizmereniy> (дата обращения: 13.11.2023).

5. Рекомендуемые значения коэффициента шероховатости для различных типов подстилающей поверхности [Электронный ресурс]. URL: https://e-ecolog.ru/docs/DaIEW_8xSiHmHGBYU4gVq/2240?ysclid=loric8flcr856250068 (дата обращения: 09.11.2023).

УДК 629.331

НОВЫЕ КЛАССЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ: ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

¹Гильманшин Искандер Рафаилович, ²Агафонов Александр Алексеевич,

³Галеева Асия Ильдаровна, ⁴Култан Исламбек Берикович

¹ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», Казань

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

³ФГБОУ ВО «КГЭУ», Казань

⁴Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда (Республика Казахстан)

¹is-er@yandex.ru

В работе представлена авторская методика построения прогнозных моделей для оценки влияния различных сценариев развития системы электромобиль – зарядная инфраструктура с учетом динамики численности автопарка и зарядной инфраструктуры, а так же особенностей городской застройки. Приведен пример построения мультипликатора, отражающего актуальное и прогнозное состояние системы электромобиль – зарядная инфраструктура. Показан потенциал прогнозирования потребности в модернизации электроэнергетического хозяйства городской застройки на различных горизонтах планирования.

Ключевые слова: энергетика, электромобиль, прогнозное моделирование, углеродный след, устойчивое развитие.

NEW CLASSES OF CONSUMERS: FEATURES OF RESEARCH AND MODELING

¹ Gilmanshin Iskander Rafailevich, ² Agafonov Alexander Alekseevich,

³ Galeeva Asiya Ildarovna, ⁴ Kultan Islambek Berikovich

¹ KNRTU-KAI, Kazan

² Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

³ Kazan State Energy University, Kazan

⁴ Kyzylorda University named after Korkyt Ata, Kyzylorda (Republic of Kazakhstan)

¹is-er@yandex.ru

The paper presents the author's methodology for constructing predictive models to assess the impact of various scenarios for the development of the electric vehicle - charging infrastructure system, taking into account the dynamics of the vehicle fleet and charging infrastructure, as well as the characteristics of urban development. An example of constructing a multiplier is given that reflects the current and forecast state of the electric vehicle - charging infrastructure system. The potential for forecasting the need for modernization of the electric power sector of urban development at various planning horizons is shown.

Keywords: energy, electric vehicle, predictive modeling, carbon footprint, sustainable development.

Знаковым примером интенсивного развития нового класса потребителей является интернет. Оценить энергопотребление новых виртуальных и физических экосистем достаточно сложно. С учетом вышеизложенного первостепенной задачей становится создание эффективных механизмов построения предикативных моделей взаимодействия новых классов потребителей и энергетики. Моделирование систем данного вида необходимо осуществлять в условиях неполноты информации и высокой скорости ее изменения. В подобных случаях целесообразно максимально укрупнить источники данных, снизив тем самым зависимость от качества имеющегося исторического и статистического материала.

Необходимо создать своего рода цифровой двойник исследуемого объекта составленный из совокупности функциональных зависимостей параметров объекта от времени и внешних факторов. В результате будет получен мультипликатор, отражающий актуальное и прогнозное состояние объекта исследования на заданном горизонте исследования с заданной точностью.

$$M(t) = [S_1(t); S_i(t)]$$

Параметры объекта будем рассматривать как динамическую систему $S(t)$ составленную из опорного значения $S^0(T_0)$, полученного на основе исторического анализа значений и совокупности корректировочных коэффициентов $k_i^S(t)$ полученных в результате исследования корреляционных связей с внешними факторами и определения линии тренда на плановый период. В результате искомый параметр исследуемой системы примет вид:

$$S(t) = S^0(T_0) \cdot \{k_1^S(T_0) \cdots k_m^S(T_0)\} \cdot \{k_1^S(t) \cdots k_m^S(t)\}$$

Одной из особенностей исследуемой системы является значительное количество обособленных элементов обладающих уникальными трендами и как следствие корректировочными коэффициентами $k_i^S(t)$. В рамках решаемой задачи построения предикативной модели взаимодействия энергосистемы и новых классов энергоёмких потребителей целесообразно произвести свертку совокупности мультипликаторов до модельного объекта вида:

$$M_\Sigma(t) = [S_1^\Sigma(t); S_i^\Sigma(t)]$$

Полученный модельный объект представляет собой интегральный цифровой двойник новых энергоёмких потребителей. Позволяет строить прогнозные модели для оценки влияния различных сценариев развития системы электромобиль – зарядная инфраструктура с учетом динамики численности автопарка и зарядной инфраструктуры, а так же особенностей городской застройки.

Подложенное решение является дополнением к методике многокритериальной оценки и зонирования локаций населённых пунктов и позволяет проводить целевые исследования вариативных сценариев развития системы электромобиль - зарядная инфраструктура, а так же прогнозировать потребность в модернизации электроэнергетического хозяйства городской застройки на различных горизонтах планирования.

Источники

1. Пальчиков А.С. Существующие способы прогнозирования электропотребления объектов в металлургической отрасли [Электронный ресурс] // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 9. URL: www.web.snauka.ru/issues/2012/09/16877.
2. Скороходов В.И., Лысенко О.А., Симаков А.В., Горовой С.А. Прогнозирование потребления электрической энергии с помощью вейвлет-преобразования // Омский научный вестник. 2021. № 3 (177). С. 75–78.
3. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Метод прогнозирования электропотребления промышленного предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2014. Т. 14, № 1. С. 5–13.
4. Прогнозирование энергопотребления: современные подходы и пример исследования / Л.А. Большов [и др.] // Известия РАН: энергетика. 2004. № 6. С. 74–92.

5. Анализ основных показателей промышленного производства объектов средней мощности / Э.Ю. Абдуллазянов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15, № 2 (58). С. 93–108.

6. Александрович С.А., Зорина Т.Г. Прогнозирование потребности в электроэнергии на работу электротранспорта в Республике Беларусь на период до 2030 года // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 156–167.

7. Мызин А.П. Методы и модели прогнозирования для развития электроэнергетических систем в условиях неопределённости и многокритериальности: дис. д-ра техн. наук. Новосибирск, 1994. 307 с.

8. Сайтов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов гарантирующих поставщиков, входящих в реестр АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

9. Глюшинский В.Г. Инженерное прогнозирование. М.: Энергоиздат, 1982. 207 с.

10. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. 200 с.

11. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.

УДК 66.045.53

ОХЛАЖДЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ВОДЫ В ОРЕБРЕННОМ ТРУБЧАТОМ РАДИАТОРЕ ГИБРИДНОЙ ГРАДИРНИ

¹Мадышев Ильнур Наилович, ²Дмитриева Оксана Сергеевна, ³Маясова Анна Олеговна

^{1,3}НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Нижнекамск

²ФГБОУ ВО «КНТИУ», г. Казань

¹ilnur_91@mail.ru, ²ja_deva@mail.ru, ³mayasova-fwoq@yandex.ru

Авторами разработана экспериментальная установка гибридной системы охлаждения с наклонно-гофрированными элементами и трубчатым радиатором для исследования тепловой эффективности процесса охлаждения воды. Представлены результаты исследований в виде зависимостей тепловой эффективности от соотношения массовых расходов газовой и жидкой фаз при различных плотностях орошения

Ключевые слова: градирня, охлаждение воды, гибридная система, радиатор, тепловая эффективность, тепломассообмен

COOLING OF CIRCULATING WATER IN A FINNED TUBULAR RADIATOR OF A HYBRID COOLING TOWER

¹Madyshev Ilnur Nailovich, ²Dmitrieva Oksana Sergeevna, ³Mayasova Anna Olegovna

^{1,3}Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology (branch)

of Kazan National Research Technological University, Nizhnekamsk

²Kazan National Research Technological University, Kazan

¹ilnur_91@mail.ru, ²ja_deva@mail.ru, ³mayasova-fwoq@yandex.ru

The authors have developed an experimental installation of a hybrid cooling system with inclined-corrugated elements and a tubular radiator to study the thermal efficiency of the water-cooling process. We present the research results as dependences of thermal efficiency on the ratio of mass flow rates of gas and liquid phases at different irrigation densities

Keywords: cooling tower, water cooling, hybrid system, radiator, thermal efficiency, heat and mass transfer

В настоящее время во многих отраслях промышленности и энергетике находят широкое применение градирни для охлаждения оборотной воды. При проектировании и разработке новых конструкций градирен, а также модернизации существующих установок необходимо оценить ее эффективность при различных режимах работы [1–3]. Авторы настоящей статьи предложили новую конструкцию гибридной градирни, сухая часть которой состоит из радиатора трубчатого с оребрением, мокрая – из оросителя 100×100×340 мм с четырьмя наклонно-гофрированными контактными элементами [4]. Циркулирующая вода поступала сначала в сухую часть, а затем во влажную, что оказывает хорошее влияние на борьбу с выбросами пара и экономии подпиточной воды. Для исследований тепловой эффективности работы гибридной градирни была собрана экспериментальная установка, снабженная контрольно-измерительными приборами. Доказано, что основное сопротивление может быть сосредоточено при теплоотдаче от орошающей жидкости к наружным стенкам трубок радиатора [5]. Тепловую эффективность процесса охлаждения циркуляционной воды можно найти по формуле:

$$\eta_L'' = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_4}, \quad (1)$$

где T_1 , T_2 – температура воды на входе и выходе в трубы радиатора, °С; T_4 – температура воды на выходе из оросителя, °С.

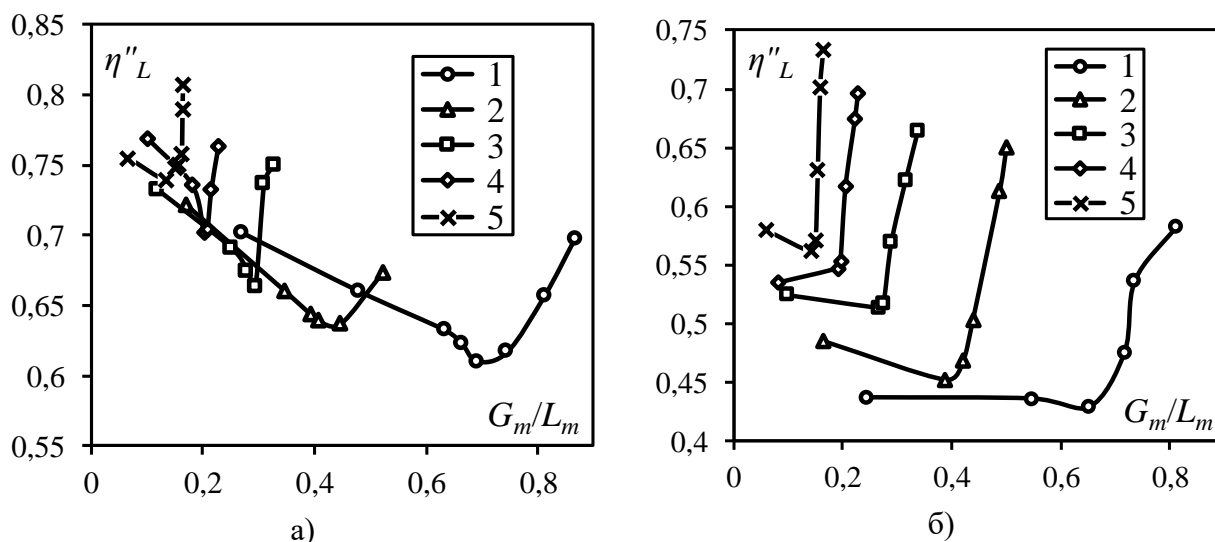


Рис. 1. Тепловая эффективность от соотношения массовых расходов газовой и жидкой фаз при среднем массовом расходе воды в радиаторе 0,0135 кг/с (а) и 0,0236 кг/с (б):

1 – плотность орошения 13,7 м³/(м²·ч); 2 – 20,5 м³/(м²·ч); 3 – 28,3 м³/(м²·ч);
4 – 35,6 м³/(м²·ч); 5 – 44,5 м³/(м²·ч)

Массовый расход охлаждающей жидкости в радиаторе регулировали в диапазоне $13,5 \cdot 10^{-3}$ – $23,6 \cdot 10^{-3}$ кг/с, а соотношение массовых расходов газовой и жидкой фаз в оросительной части – в диапазоне 0,06–0,866. Так, при максимальной плотности орошения равной 44,5 м³/(м²·ч) среднее значение тепловой эффективности составляет 76,4 и 63 % при массовом расходе воды в радиаторе равным 0,0135 и 0,0236 кг/с соответственно. При снижении плотности орошения до 13,7 м³/(м²·ч) осредненная величина тепловой эффективности также снижается до 65 и 48,3 % при массовом расходе воды в трубчатом радиаторе равном 0,0135 и 0,0236 кг/с соответственно. Стоит отметить, что высокие значения соотношения массовых расходов газовой и жидкой фаз в оросительной части гибридной градирни соответствует высоким расходам воздуха. В частности, массовый расход охлаждающего воздуха достигал $31,3 \cdot 10^{-3}$ и $29,3 \cdot 10^{-3}$ кг/с при массовом расходе воды в радиаторе равным 0,0135 и 0,0236 кг/с соответственно.

Таким образом, проектирование гибридной градирни является сложной задачей, при определении типоразмеров необходимо учитывать эффективность охлаждения. Конструкция обладает достоинствами, такими как экономия воды, снижение эксплуатационных расходов для предупреждения биологических обрастаний градирен, высокая тепловая эффективность.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-01034 (URL: <https://rscf.ru/project/23-79-01034/>).

Источники

1. Investigation on the cooling performance of mechanical draft dry-wet hybrid cooling / tower [Электронный ресурс] / C. Zhao [et al.]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.120473> // Applied Thermal Engineering. 2023.
2. Dmitriev A.V., Dmitrieva O.S., Madyshev I.N. Determination of the volumetric coefficient of mass transfer in cooling towers with jet–film contact devices // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2021. Vol. 94, Iss. 1. Pp. 113–117.
3. Development of a hybrid model for reliably predicting the thermal performance of direct contact countercurrent cooling towers / D. Jayaweera [et al.]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123336> // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2022. V. 197, Iss. 6.
4. Madyshev I.N., Kharkov V.V., Zinurov V.E. Thermal resistance of a tubular radiator of the hybrid system for cooling circulating water // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2023. Vol. 96, Iss. 3. Pp. 627–635.
5. Impact of water coolant flow on thermal characteristics of hybrid cooling tower [Электронный ресурс] / V.V. Kharkov [et al.]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/REEPE57272.2023.10086871> // Proc. of the 5th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power. 2023.

УДК 621.31.027.3.064.3:620.179.1

МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОММУТАЦИОННЫХ ИМПУЛЬСОВ

¹Мытников Алексей Владимирович, ²Стругов Вячеслав Владимирович

^{1,2}Томский политехнический университет, г. Томск

¹mytnikov66@mail.ru, ²sv_altai@mail.ru

В ходе исследований, результаты которых представлены в статье, установлена принципиальная возможность обнаруживать частичные разряды (ЧР) в высоковольтной изоляции путем анализа результата взаимодействия коммутационных импульсов с собственно ЧР. Критерием, по которому можно констатировать наличие частичного разряда, является уменьшение амплитуды токового сигнала в результате взаимодействия коммутационных импульсов с дефектами внутренней структуры изоляции. Коммутационный импульс меняет форму и интенсивность в зависимости от наличия или отсутствия ЧР на исследуемом участке изоляции. Потенциальная эффективность предлагаемой технологии контроля частичного разряда достаточно высока, так как позволяет использовать ее в режиме без снятия рабочего напряжения.

Ключевые слова: частичный разряд, высоковольтная изоляция, ионизационный процесс, старение изоляции, импульсный метод, коммутационный импульс.

METHOD OF PARTIAL DISCHARGES CONTROL ON THE BASE OF COMMUTATION PULSE ANALYSIS

¹Mytnikov Alexey Vladimirovich, ²Strugov Vyacheslav Vladimirovich

^{1,2}Tomsk Polytechnic University, Tomsk

¹mytnikov66@mail.ru, ²sv_altai@mail.ru

It is established that detecting PD in high-voltage insulation by analyzing the result of the interaction of switching pulses with the PD itself is possible. The criterion by which the presence of a partial discharge can be determined is a decrease in the amplitude of the current signal as a result of the interaction of switching pulses with defects in the internal insulation structure. The switching pulse changes shape and intensity depending on the presence or absence of PD in the insulation section under study. The potential efficiency of the proposed partial discharge control technology is quite high, since it allows its use in a mode without removing the operating voltage.

Key words: partial discharge, high-voltage insulation, ionization process, insulation aging, pulsed method, commutative impulse, on-line regime.

Своевременный контроль ЧР и определение характеристик ЧР во внутренней структуре высоковольтной изоляции является ключом к обеспечению стабильной работы энергетических систем [1–3]. Разработка технологии контроля ЧР в высоковольтной изоляции в режиме on-line является актуальной задачей [4–6]. А использование коммутационных импульсов для анализа ЧР, по определению является технологией on-line, не требующей сложной и дорогой аппаратуры контроля. Схема экспериментов была следующей. Импульсный высоковольтный конденсатор ИК-100-0,25 заряжается от источника постоянного тока. Затем, при достижении необходимого уровня заряда (в диапазоне 2–5 кВ), заряженный конденсатор переключался на ячейку с ЧР. Ток в цепи разряда измерялся токовым шунтом. Сигнал с шунта измерялся электронным осциллографом Tektronix TDS 1012. Форма и амплитуда сигналов с ЧР и без него анализировались и сравнивались между собой при различных напряжениях. Ячейка с ЧР, на данном этапе исследований, представляла собой модель бумажно-масляной изоляции конденсаторного типа. На металлический стержень наматывались слои конденсаторной бумаги с выравнивающими пластинами из тонкой алюминиевой фольги. Были изготовлены две одинаковые ячейки. В одной из них была сделана искусственная пора диаметром 1 мм. Для моделирования

изоляция конденсаторного типа бумажные слои ячейки были пропитаны трансформаторным маслом. Без ЧР сигнал токового шунта имеет большую амплитуду во всем спектре. При тех же условиях, но с ячейкой, содержащей ЧР (пора внутри), амплитуда волн уменьшается. Уменьшение амплитуды волны в 2–2,5 раза отмечено для ситуации с напряжением 3 кВ. Схема экспериментов показана на рис. 1.

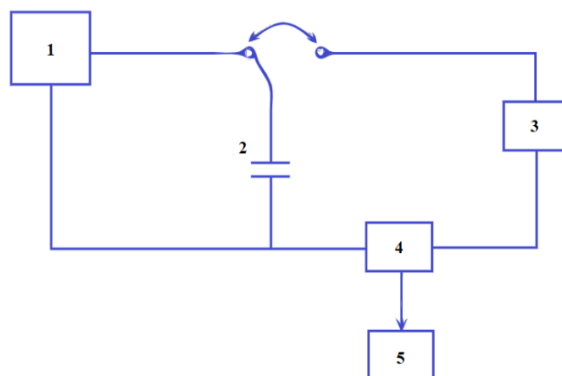


Рис. 1. Схема экспериментов по обнаружению частичных разрядов с помощью коммутационных импульсов: 1 – источник заряда источника питания; 2 – высоковольтный конденсатор; 3 – ячейка с частичным разрядом; 4 – токовый шунт; 5 – осциллограф

Экспериментальная ситуация без ЧР соответствует форме сигнала на рис. 2, а. На рис. 2, б показана та же экспериментальная ситуация, но ячейка содержит пору с ЧР.

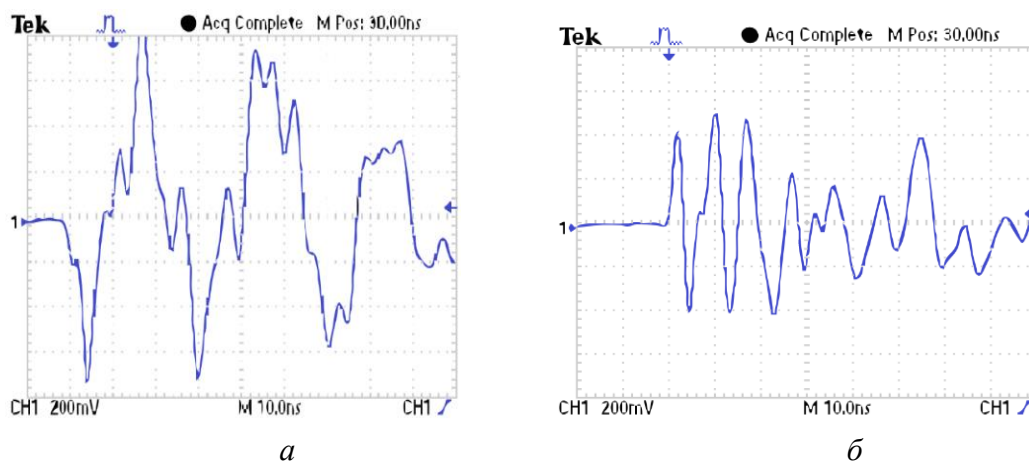


Рис. 2. Осциллограммы коммутационного импульса без частичного разряда (а) и при его наличии (б)

Установлено, что уменьшение амплитуды колебаний сигнала, снимаемого с токового шунта пропорционально интенсивности частичного

разряда при прочих равных параметрах системы. По мере развития и интенсификации ЧР амплитуда сигнала уменьшается, что объясняется результатом взаимодействия двух импульсов – коммутационного и собственно ЧР. Происходит релаксация ВЧ составляющих коммутационного импульса на обследуемом участке изоляции с ВЧ составляющими ЧР. Степень релаксации пропорциональна степени интенсивности ЧР. Последовательное сравнение коммутационных импульсов дает информацию о наличии или отсутствии частичного разряда в обследуемой высоковольтной изоляции. Таким образом, анализ импульсов коммутационного происхождения позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии частичного разряда, а также оценить степень его развития. Предложенная идентификация может быть применена для контроля различных типов частичного разряда: стримерной короны, частичного разряда в порах в остаточной атмосфере, частичного разряда во включениях в бумажно-масляной изоляции конденсаторного типа. Последний вид изоляции применяется во вводах всех классов напряжений, которые имеют тенденцию к усиленному старению за счет развития ЧР.

Источники

1. Чичинский М.И. Повреждаемость маслонаполненного оборудования электрических сетей и качество контроля его состояния // Энергетик. 2000. № 11. С. 29–31.
2. Fuhr J., Aschwanden Th. Identification and Localization of PD-Sources in Power Transformers and Power-Generators // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2017. Vol. 24, Iss. 1. Pp. 17–30.
3. Zhao X., Yao C., Abu-Siadab A., Liao R. High frequency electric circuit modeling for transformer frequency response analysis studies // Electrical Power and Energy Systems. 2019. Vol. 111. Pp. 351–368.
4. Florkowski M., Florkowska B., Kuniewski M., Zydron P. Mapping of discharge channels in void creating effective partial discharge area // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2018. Vol. 25. Pp. 2220–2228.
5. Diagnosis of interturn faults of single-distribution transformers under controlled conditions during energization / D. Guillen [et al.] // Measurement. 2019. Vol. 141. Pp. 24–36.
6. Impact of impulse voltage frequency on the partial discharge characteristic of electric vehicles motor insulation / S. Akrama [et al.] // Engineering Failure Analysis. 2020. Vol. 116. Pp. 104–112.

МИРОВОЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА АВТОТРАНСПОРТЕ

Сафаров Ильяс Ильгизарович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
batfleckforever@mail.ru

В статье рассмотрена статистика использования автотранспорта на водородных топливных элементах и планы некоторых стран по выпуску новых проектов водородных транспортных средств.

Ключевые слова: водород, топливный элемент, транспорт, водородный топливный элемент, электромобиль

WORLD EXPERIENCE IN THE USE OF HYDROGEN FUEL CELLS IN MOTOR TRANSPORT

Safarov Ilyas Ilgizarovich
KSPEU, Kazan
batfleckforever@mail.ru

The article discusses the statistics of the use of hydrogen fuel cell vehicles and the plans of some countries for the release of new hydrogen vehicle projects.

Keywords: hydrogen, fuel cell, transport, hydrogen fuel cell, electric vehicle.

Использование водорода на автомобильном транспорте в 2022 г. увеличилось примерно на 45 % по сравнению с 2021 г. Электромобили на топливных элементах (Fuel cell electric vehicles, FCEVs) добились первых успехов с точки зрения продаж транспортных средств в сегментах легковых автомобилей и автобусов, но по мере роста продаж большегрузных грузовиков на топливных элементах их доля в общем потреблении быстро растет. Сосредоточенность Китая на большегрузных автомобилях и огромная роль во внедрении грузовиков на топливных элементах означают, что, хотя в Китае находится всего 20 % всех FCEV, они потребляют более половины водорода, используемого в автомобильном транспорте [1].

подавляющее большинство видов использования водорода на транспорте, вероятно, останется в автомобильном секторе в ближайшие годы, но железнодорожный транспорт также увеличивает потребление

водорода, поскольку водородные поезда проходят испытания и внедряются на большем количестве маршрутов. Кроме того, в 2023 г. вступят в эксплуатацию несколько паромов на топливных элементах, что еще больше разнообразит использование водорода в транспортных целях. Заказы на суда, готовые к работе с аммиаком и метанолом 15, также могут привести к дополнительному использованию водорода для судоходства в ближайшие годы, если эти технологии достигнут коммерческой зрелости.

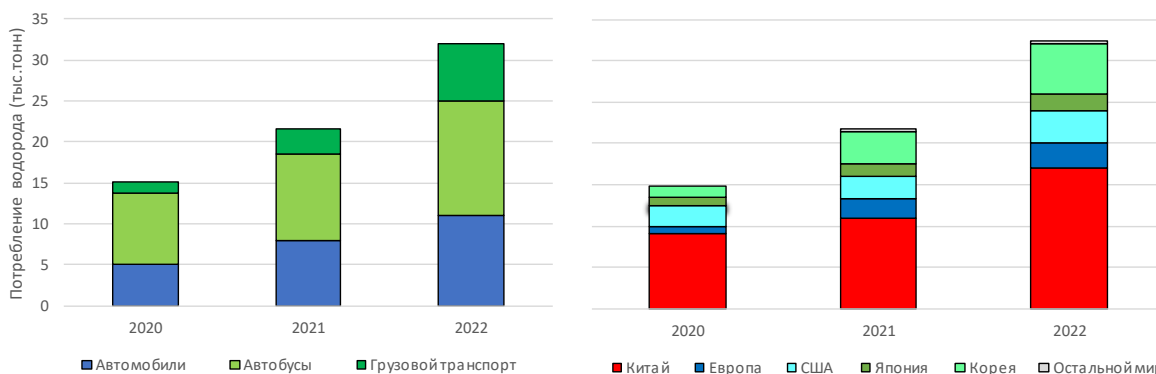


Рис. 1. Потребление водорода на автомобильном транспорте в разбивке по сегментам транспортных средств и регионам за период с 2020 по 2022 гг.

Легковые автомобили и фургоны

К концу 2022 года количество автомобилей и микроавтобусов на топливных элементах превысило 58 000, что почти на 40% больше по сравнению с предыдущим годом, и достигло примерно 63 000 в первой половине 2023 года [2]. В 2022 году было продано около 15 000 автомобилей на топливных элементах, причем Корея представляла примерно две трети этого прироста. В первой половине 2023 года в стране наблюдалось некоторое замедление темпов роста: было продано менее 3 000 единиц по сравнению с почти 4 900 за тот же период предыдущего года, несмотря на планы правительства субсидировать 16 000 автомобилей на топливных элементах в 2023 году. Тем не менее, Корея остается крупнейшим рынком автомобилей на топливных элементах в мире, с запасом более 32 000 автомобилей на топливных элементах по состоянию на первую половину 2023 года. Вторым по величине рынком сбыта являются Соединенные Штаты, где на дорогах находится около 16 000 автомобилей на топливных элементах. Хотя Япония по-прежнему является родиной третьего по величине парка автомобилей на топливных элементах, в 2022 году в стране было продано менее 1 000 единиц, а это означает, что в Европе наблюдался более высокий рост, почти 1 500 новых автомобилей. В 2022 году Китай

добавил более 200 автомобилей на топливных элементах, что примечательно, учитывая, что за последние несколько лет страна использовала FCEVs только в более тяжелых сегментах. По состоянию на июнь 2023 года Китай является родиной большинства легких коммерческих автомобилей на топливных элементах, в которых задействовано более 800 единиц.

Отражая доминирование Кореи на внутреннем рынке продаж автомобилей на топливных элементах, Nexso от Hyundai стал самым продаваемым автомобилем данного сегмента (10 000) в 2022 году; Mirai от Toyota занял второе место (3 200). Как SAIC EUNIQ7, так и Honda Clarity продали около 200 автомобилей на топливных элементах в 2022 году несмотря на то, что Honda прекратила производство своих автомобилей на топливных элементах в 2021 году [3]. BMW также начала мелкосерийное производство автомобиля iX5 в 2022 году, запустив свой пилотный парк на международном уровне в начале 2023 года.

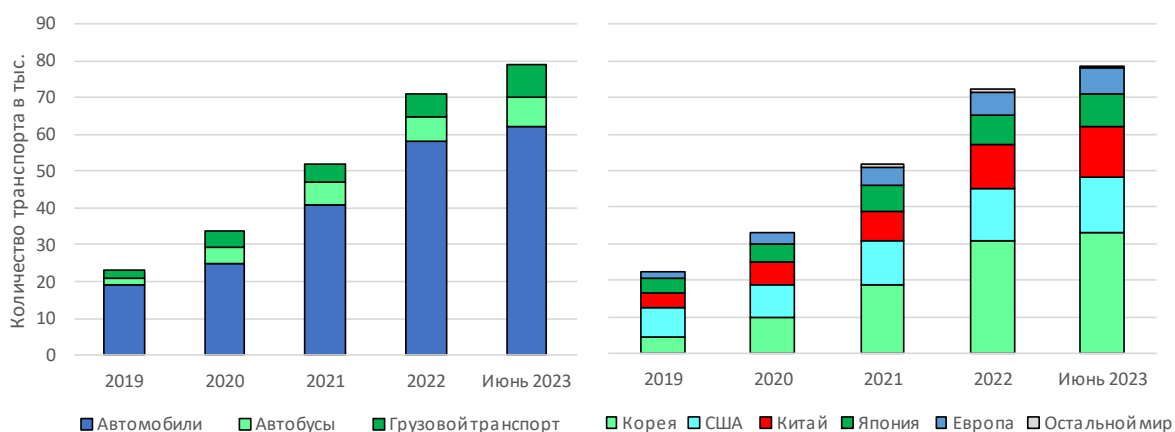


Рис. 2. Парк электромобилей на топливных элементах в разбивке по сегментам и регионам за период с 2019 по 2023 гг.

Грузовики

Парк грузовиков на топливных элементах рос быстрее, чем легковых автомобилей, увеличившись более чем на 60 % в 2022 г., и к концу года их общее количество превысит 7 100. В первой половине 2023 г. их количество превысило 8 000. Подавляющее большинство продаж было осуществлено в Китае [4], на долю которого в настоящее время приходится более 95% грузовиков на топливных элементах во всем мире, во многом благодаря более чем пятикратному увеличению количества большегрузных машин на топливных элементах с конца 2021 г. по июнь 2023 г. благодаря благоприятной политике и вспомогательной инфраструктуре. Грузовики на топливных элементах также зарекомендовали себя на практике за пределами

Китая: С 2020 г. Hyundai Xcient пробежал 5 млн км в Швейцарии, а в настоящее время работает также в Германии, Корее и Новой Зеландии. Согласно инвентаризации технологий с нулевым уровнем выбросов (ZETI), в 2022 г. было доступно около 20 моделей машин средней и большой грузоподъемности на топливных элементах, а на 2023 г. запланировано несколько дополнительных моделей.

Автобусы

Количество автобусов на топливных элементах росло аналогично количеству легковых автомобилей малой грузоподъемности, увеличившись примерно на 40 % в 2022 г. по сравнению с предыдущим годом. По состоянию на июнь 2023 г. в мире насчитывается около 7 000 автобусов на топливных элементах, из них около 85 % расположены в Китае, который в 2022 г. добавил около 1 300 автобусов на топливных элементах. Европа занимает второе место по величине запасов, за ней следуют Корея и затем Соединенные Штаты [5].

Источники

1. Гайнутдинова Д.Ф. Водород в глобальной энергетической повестке // Актуальные вопросы и достижения современной науки: матер. Междунар. (заочной) науч.-практ. конференции. Нефтекамск, 2022. С. 11–14.
2. Тимергазин А.Р., Щелудяков А.М. Автомобильный транспорт с водородными топливными элементами // Master's Journal. 2022. № 1. С. 111–118.
3. Федотов Е.С., Флахан К.Ю. Исследование эффективности использования водородных топливных элементов на автомобильном транспорте // Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения): сб. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2022. С. 254–257.
4. Комиссина И.Н. Актуальное состояние и перспективы развития водородного транспорта в Китае // Проблемы национальной стратегии. 2022. № 6 (75). С. 216–251.
5. Электрохимические технологии для автомобилей на водородном топливе / А.А. Филимонова [др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 2. С. 104–115.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА НА ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Филиппова Фарида Мизхатовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
filippovafer@yandex.ru

В настоящей работе проведены исследования эффективности некоторых систем мониторинга качества воздуха в рабочей среде на различных предприятиях химической промышленности.

Ключевые слова: Воздух, мониторинг качества воздуха, рабочая среда, безопасность труда, здоровье работников.

EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF AUTOMATED AIR QUALITY MONITORING SYSTEMS AT CHEMICAL ENTERPRISES

Filippova Farida Mizkhatovna
KSPEU, Kazan
filippovafer@yandex.ru

In this work, a study was conducted on the effectiveness of Diptych systems and air quality control in the production environment to ensure occupational safety.

Key words: Air, air quality monitoring, air quality control, working environment, occupational safety, worker health.

Проблема соблюдения норм производственной санитарии на химических предприятиях и по сей день является актуальной, решением которой занимаются службы охраны труда. Особую важность этот вопрос приобретает, когда речь идет о производственных процессах, которые напрямую взаимосвязаны с возможным выделением в воздух рабочей зоны различных вредных веществ, представляющих опасность для здоровья задействованных в таких процессах работников [1].

В ходе современного химического процесса в воздух рабочей зоны могут попасть высокоопасные и умеренно опасные вредные вещества, оказывающие на организм человека весь спектр различных воздействий: от раздражающего до мутагенного [2, 3]. В связи с этим производственная

деятельность и, тем более, рабочая среда нуждаются в особо пристальном внимании к вопросам безопасной организации труда работников. В контексте этого понятия, конечно, подразумевается соблюдение безопасных значений ключевых параметров микроклимата производственного помещения. Безусловно, к таковым параметрам относится и качество воздуха рабочей зоны работника.

В рамках гигиенической классификации условий труда одним из ключевых параметров является содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны, оцениваемое как количественно, так и качественно. Поскольку превышение норм может привести и к появлению легких форм профессиональных заболеваний, и к созданию угрозы жизни работника. Поэтому внедрение систематического контроля состояния воздушной среды в цехах с высокой вероятностью выделения вредных веществ в воздушную среду рабочей зоны является одним из жизненно важных мероприятий по охране труда. С учетом этого, применение эффективных автоматизированных систем мониторинга качества воздуха становятся неотъемлемой частью современных производственных процессов и охраны окружающей среды.

Качество воздуха в рабочей среде тесно связано с характером проводимого химического процесса. Ведь в зависимости от синтеза и производительности оборудования состав и количество выделяемых химически опасных веществ будут различаться. В связи с этим подбор нужной системы мониторинга несколько усложняется.

В настоящей работе приведен анализ имеющихся систем мониторинга качества воздуха в рабочей среде на некоторых химических предприятиях. К числу таковых относятся: газоанализатор непрерывного контроля ГАНК-4 и ГАНК-4А, система контроля атмосферы СКАТ и система контроля атмосферы промышленных объектов СКАПО.

Все эти системы успешно внедряются на предприятиях химического производства, но устанавливаются только в зонах постоянного контроля воздуха рабочей зоны. Они блокируются с системами приточно-вытяжной вентиляции, в том числе и с аварийными. Более того, их размещают в соответствии с проектной документацией, прошедшей в установленном порядке экспертизу. В других же случаях используют

Путем изучения и оценки эффективности внедрения таких систем приведено заключение о целесообразности установки таких систем мониторинга качества воздуха в производственных помещениях химической отрасли. Более того, произведенные материальные расчеты обосновали, что повсеместное присутствие стационарных автоматизированных систем

мониторинга качества воздуха невыгодно. Поэтому практически все рассматриваемые предприятия придерживаются мнения, что необходимость оправдывается только в тех случаях, когда вероятность выхода наружу вредного отравляющего вещества достаточно велика. Например, в таких цехах возможно в воздухе содержания диоксида азота, формальдегида, оксида углерода и т. д.

Но наряду с положительными результатами, мы можем столкнуться с некоторыми организационными вопросами:

1. Как часто эти блоки включаются план калибровки?

2. По поводу эффективности мы не можем ничего сказать. Так как проявление профессиональных заболеваний весьма долгий процесс, а модули газоанализаторов установили относительно недавно.

3. Как часто вычищают фильтры на этих модулях. И многое другое...

Данная работа представляет собой важный вклад особый интерес в области безопасности труда и охраны окружающей среды, поскольку освещает один из методов улучшения условий труда и снижения рисков для здоровья работников.

Внимание уделяется адаптации и применению методов мониторинга. Оценка эффективности методов позволяет определить их способность обнаруживать и предотвращать потенциальные опасности для работников.

Источники

1. Якубович И.А., Первов К.Н. Мониторинг и автоматическое регулирование состояния воздушной среды производственного помещения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 7. С. 80–84.

2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарные нормы рабочей зоны. М.: Стандартинформ, 2008. 48 с.

3. Перспективы разработки технических средств контроля санитарно-гигиенических параметров воздуха рабочей зоны высокотехнологичных производств / Е.Н. Храмов [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. 2017. Т. 59, № 1. С. 89–96.

4. Инюшин Н.С., Чичиров К.О. Методы и способы контроля качества воздуха в рабочей зоне // Проблемы энергосбережения в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: сб. ст. XIX Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2018. С. 86–92.

5. Экологический мониторинг [Электронный ресурс] // Нижнекамскнефтехим: сайт. URL: <https://www.sibur.ru/nknh/ru/disclosure/ecomonitoring/> (дата обращения 12.11.2023).

6. Газоанализатор универсальный ГАНК-4 [Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации. URL: <https://www.gasdetecto.ru/files/330/gank-4-re.pdf> (дата обращения 11.11.2023).

Направление 2. ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

УДК 621.311.26

OPTIMIZING BATTERY PERFORMANCE IN OFF-GRID HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS: CHALLENGES AND STRATEGIES

¹Alhaji Hassan Fouad¹, Gainullina Leysan Raisovna, ²Merle Maria Klemens

¹Kazan State Power Engineering University, Kazan

²Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan

¹fouadhajjhassan42@gmail.com

This paper explores off-grid renewable energy systems as an alternative to grid-connected power, focusing on key renewables. It examines non-linear characteristics of wind and PV systems, covering power, voltage, and current for efficient Maximum Power Point Tracking (MPPT) with various techniques and storage device modelling.

Keywords: renewable energy systems, wind systems, PV systems, storage device, grid-connected hybrid systems, power generation system.

Renewable energy systems are getting notable as a result of advances in renewable power source developments and subsequent climb in expenses of oil-based goods. Money related pieces of these advancements are adequately encouraging to incorporate them in creating power generation limit with regards to creating nations. Innovative work involved in sun situated, wind, and other maintainable power source progressions are required to continue for, enhancing their execution, developing systems for precisely anticipating their output and dependably incorporation them with other common producing sources

Globally, one-fifth of the population lacks electricity access, with almost one-third in emerging Asian nations facing power deprivation. Hybrid energy systems, combining renewable sources like wind turbines, PV arrays, hydro turbines, and traditional generators, along with batteries, tackle this issue. Modeling individual components is crucial for designing optimal hybrid systems, balancing complexity and accuracy. Performance is typically modeled deterministically or probabilistically [1].

1. *PV system*

Power output of a PV array depends on sunlight-based irradiance and surrounding temperature [2]. The power output in this model is determined as:

$$P_{pv} = \eta_{pv} A_{pv} G_t \quad (1)$$

η_{pv} – PV generation efficiency

A_{pv} : PV generation area (m^2)

G_t : Solar irradiation in titled module plane (W/m^2)

2. Wind system

The basic equation administering the mechanical power of the wind turbine is given by

$$P_w = \frac{1}{2} C_p(\lambda, \beta) \rho A V^3 \quad (2)$$

ρ – air density (kg/m^3), C_p : Power coefficient, A – intercepting area of the rotor blades (m^2), V – Average wind speed (m/s), λ – tip speed ratio.

The theoretical maximum value of the power coefficient C_p is 0,593, also known as Betz's coefficient.

The Tip Speed Ratio (TSR) for wind turbine is characterized as the proportion of the rotational speed of the tip of a blade to the wind speed:

$$\lambda = \frac{R\omega}{V} \quad (3)$$

R – radius of turbine (m), ω – angular speed (rad/s), V – average wind speed (m/s).

The energy generated by wind can be obtained by

$$Q_w = P \times (time) [KWh] \quad (4)$$

The power output as far as wind speed can be assessed utilizing [3]

$$P_\omega(v) = \begin{cases} \frac{v^k - v_C^k}{v_R^k - v_C^k} \cdot P_R & v_C \leq v \leq v_R \\ P_R & v_R \leq v \leq v_F \\ 0 & v \leq v_C \text{ \& } v \geq v_F \end{cases} \quad (5)$$

P_R – Rated power, v_C – cut-in wind speed, v_R is rated wind speed, v_F – Rated cut-out speed, K – weibull shape factor

For the fixed size of rotor blade, and the power generation changes with change in wind speed. Thus, with the difference in wind speed the ideal generator speed relating to max power ought to be resolved for the changed speed. The angular speed of generator must be changed so as to separate the most extreme power, and this procedure is known as maximum power point tracking (MPPT). At the point when the blade pitch angle is zero, the power coefficient is expanded for an ideal TSR [4].

The ideal rotor speed is given by:

$$\omega_{opt} = \frac{\lambda_{opt}}{R} V_{\omega n} \quad (6)$$

ω_{opt} – optimum rotor angular speed in rad/s, λ_{opt} – optimum tip speed ratio
Gives

$$V_{\omega n} = \frac{R\omega_{opt}}{\lambda_{opt}} \quad (7)$$

R – radius of turbine in meters, $V_{\omega n}$ – wind speed in m/s

Maximum power point tracking

Maximum Power Point Tracking (MPPT) is crucial for solar and wind power systems due to their unique characteristics. Unlike traditional power systems, controlling fuel inflow or energy supplied to the generator isn't feasible for solar and wind. Wind energy extraction depends not only on wind speed but also on the tip speed ratio (TSR), requiring rotational speed adjustments for optimal TSR. Similarly, solar array power relies on insolation and temperature, with non-linear voltage-current and voltage-power relationships. Efficient solar energy extraction in PV systems requires tracking the Maximum Power Point (MPP) during varying insolation conditions. Implementing MPPT individually for wind and PV systems enhances efficiency, minimizing installation cost recovery time [5].

MPPT in wind system

Wind turbines operate in fixed speed and variable speed modes. Fixed speed turbines can connect directly to the grid or load, while variable speed turbines use power electronic devices to convert variable frequency and power to constant values. Variable speed turbines adjust their rotational speed continuously with wind speed, enhancing efficiency and reducing power fluctuations. They achieve a 5-10% annual production increase compared to fixed turbines. MPPT in wind aims to find the optimal C_p condition in changing wind speeds, capturing the maximum

power point. In variable speed systems, maintaining maximum power output at all wind speeds is challenging due to nonlinear turbine characteristics. Various control methods exist, some tracking maximum power through power changes, while others use mechanical sensors to measure wind speed, making them responsive to modeling uncertainties and occasionally unresponsive [6].

Open circuit voltage based MPPT technique

The power at maximum power point is noted as follow

$$P_{MPP} = I_{MPP}V_{MPP} \quad (8)$$

As there exists a solitary point where maximum power is acquired, knowing the estimation of any of I_{MPP} or V_{MPP} , MPP can be tracked.

This method assumes that the proportion of MPP voltage and open circuit voltage is pitifully influenced by the solar radiation and temperature giving the equation below.

$$V_{MPP} \approx K_{oc}V_{oc} \quad (9)$$

K_{oc} – voltage factor which can be calculated by analyzing the *PV* system for wide range of solar radiations and temperature and generally varies between 0,71 and 0,92

The major problem related with this method is the estimation of V_{oc} which require periodic disconnection of the *PV* module. In order to quantify V_{oc} the *PV* system is open-circuited for a small amount of second and reading for V_{oc} is taken. V_{MPP} is then determined utilizing the equation below. This procedure is repeated in every few seconds to refresh the estimation of V . An elective way is to quantify on a different *PV* cell called as pilot cell which can address the characteristics of the *PV* array.

$$V_{MPP} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 3ac}}{3a} \quad (10)$$

a,b and c: coefficients determined by sampling values of *PV* voltage.

Battery modeling

Batteries play a vital role in off-grid Hybrid Renewable Energy Systems (HRES), constituting a significant portion of initial expenses. They serve as backup storage for excess power production and supply power during peak hours

when demand exceeds production. In some HRES models, batteries function as the primary power source.

Due to the stochastic nature of renewable energy resources, batteries in HRES may undergo frequent deep cycles and irregular charging patterns, leading to a reduction in battery life. This reduction significantly impacts the overall life cycle cost of HRES, with batteries representing over 40% of the cost in standalone PV systems.

Increasing battery lifespan is crucial for enhancing reliability and reducing life cycle costs. The battery's lifetime is influenced by the rate of energy consumption, making it challenging to decrease the consumption rate in HRES. The effective capacity of the battery degrades during periods of high consumption, diminishing its life. However, during periods without energy utilization, the battery can recover some capacity, extending its life [7].

Peukert's Law is commonly used to predict battery discharge, considering the nonlinear properties of the battery. The charging time for a completely discharged battery is given by

$$t_{\text{charging}} = \frac{\text{Ampere hour of battery}}{\text{Charging Current}} \quad (11)$$

The dynamic interplay at the power electronic connection point of renewable energy sources introduces challenges in terms of system stability and power quality. HES can either function independently or be grid-connected. Standalone systems require substantial generation and storage capacity to handle the load, while grid-connected systems can have smaller storage. A grid-connected hybrid system can supply power to both the load and the utility grid, but this demands precise power electronic controllers to regulate voltage, frequency, harmonic standards, and load sharing.

Performance analysis of HES necessitates evaluating individual system components. During operation, a hybrid wind-solar system encounters varying wind speeds, solar insolation, and load demands. Therefore, a controller is essential to determine the available energy from each component and how much of it to utilize. For standalone systems, the operational strategy should prioritize using energy from the wind turbine and solar panel in each sub-period, storing excess energy in batteries. If renewable energy is insufficient, energy is drawn first from battery storage and then from a diesel generator if available, with batteries acting as a fuel saver.

In the case of grid-connected hybrid systems, the operation strategy should maximize the use of renewable energy, storing excess energy in batteries.

Reference

1. Chiara Candelise, Donatella Saccone, Elena Vallino. An empirical assessment of the effects of electricity access on food security // *World Development*. 2021. Vol. 141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105390>.
2. Fouad Alhajj Hassan. Multi-criteria approach and wind farm site selection analysis for improving power efficiency // *Journal of Human, Earth, and Future*. 2020. Vol. 1, Iss. 2. Pp. 60–70. DOI: 10.28991/HEF-2020-01-02-02.
3. Nathaniel S. Pearre, Lukas G. Swan. Statistical approach for improved wind speed forecasting for wind power production // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2018. Vol. 27. Pp. 180–191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.04.010>.
4. Fouad Alhajj Hassan, Malek Mahmoud, Omar AM Almohammed. Analysis of the Generated Output Energy by Different Types of Wind Turbines // *Journal of Human, Earth, and Future*. 2020. Vol. 1, Iss. 4. Pp. 181–187. DOI: 10.28991/HEF-2020-01-04-03.
5. Ali Omar Baba, Guangyu Liu, Xiaohui Chen. Classification and Evaluation Review of Maximum Power Point Tracking Methods // *Sustainable Futures*. 2020. Vol. 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2020.100020>.
6. Hossam H.H. Mousa, Abdel-Raheem Youssef, Essam E.M. Mohamed, State of the art perturb and observe MPPT algorithms based wind energy conversion systems: A technology review // *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2021. Vol. 126, Pt. A. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106598>.
7. Alhajj Hassan F., Sidorov A. Study of power system stability: Matlab program processing data from Zahrani power plant (Beirut, Lebanon) // *International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems*. Kazan, 2019. Vol. 124. doi.org/10.1051/e3sconf/201912405011.

УДК 697.075.08

INCREMENT OF ENERGY BLEEDING FROM SOLAR COLLECTOR USING THE HEAT PUMP

¹Almohammed Omar Abdulhadi Mustafa, ²Alhajj Hassan Fouad

¹Northern technical university, Iraq

²Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹omerahaly1@ntu.edu.iq, omeralmohammed1983@gmail.com

²fouadhajjhassan42@gmail.com

One of the challenges impacting the performance of solar thermal collectors is the influence of low ambient temperatures. Typically, water serves as the working fluid in solar

thermal collectors. Various applications relying on thermal energy from these collectors demand elevated temperatures to minimize the surface area of the employed heat exchanger.

In this study, the energy harnessed from the solar collector is utilized by a heat pump. Notably, the heat pump is capable of generating a temperature difference even under low ambient temperature conditions. The primary objective of extracting energy from the solar collector is to support a drinking water supply system that optimizes energy consumption based on solar energy. This innovative system facilitates the evaporation of raw water at reduced temperatures by leveraging the vacuum-induced reduction in boiling temperature.

Key words: solar thermal collector, solar energy, heat pump, heat exchanger, vacuum pressure, distilled water, drinking water.

Introduction

Human life worldwide relies on freshwater for various essential purposes. However, numerous regions grapple with water scarcity, impacting agriculture, direct human consumption, and industrial activities. According to [1], a mere 2.5 percent of the world's water is freshwater, with the majority being saline water. Figure 1 provides a clear depiction of natural water sources.

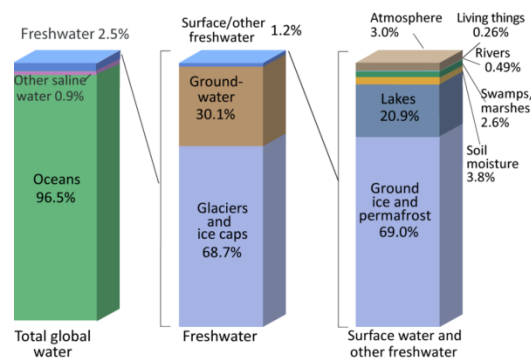


Fig. 1. Raw water source in the world.

Solar energy stands out as a prime choice for water desalination, presenting several advantages:

Renewable Source: Solar energy is a renewable resource generated through nuclear fusion in the sun. It ranks among the cleanest and most abundant renewable sources, ensuring a perpetual and ample supply.

Ubiquitous Availability: Solar energy is accessible everywhere, directly or indirectly, for human utilization.

Environmental Friendliness: As a clean energy source, solar energy is environmentally friendly, producing no emissions during its utilization.

However, solar energy does come with certain drawbacks:

Limited Temperature Generation: In many global locations, solar energy's low intensity restricts its capacity to generate high temperature differences.

Variable Heat Flux: The use of solar collectors faces challenges in maintaining a constant heat flux due to fluctuations in radiation intensity based on the inclination of radiation.

To address these limitations, a heat pump serves as a viable solution. The heat pump effectively regulates the energy output from the solar thermal collector, making it suitable for diverse applications [2].

The apparatus

This laboratory project aims to produce distilled water utilizing the energy required for water evaporation obtained from a flat plate solar thermal collector, as illustrated in Figure 2.

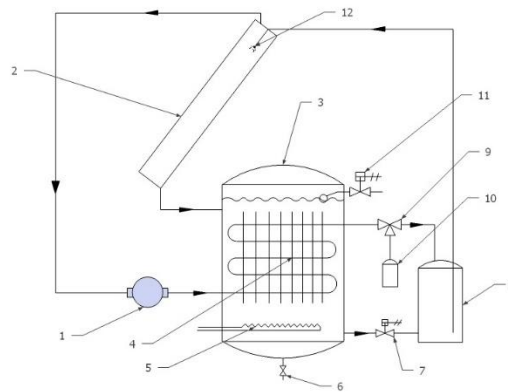


Fig. 2. the schematic diagram of the improved solar collector

The system comprises various components, including a vacuum pump (1), flat plate solar thermal collector (2), heat exchanging column (3), distilled water condenser (4), auxiliary electrical heater (5), concentrated salty water drain valve (6), water controlling valve (7), water pressurizing vessel (8), pressure-reducing three-way valve (9), distilled water container (10), raw water entering valve (11), and water spray (12) [3].

The system initiates its operation when the vacuum pump (1) creates a vacuum pressure within the solar collector (2). As the pressure decreases, the boiling temperature of the water also reduces, inducing water evaporation. The phase change from fluid to gas necessitates latent heat, which is extracted from the solar collector, even at low temperatures. The resulting water vapor is compelled through the heat exchanger (distilled water condenser (4)) by the vacuum pump to undergo complete condensation. The heat released during water vapor condensation is absorbed by raw water to enhance system efficiency. A three-way pressure-reducing valve (9) is incorporated to separate the condensate water and reduce its pressure to atmospheric levels. The distilled water accumulates in the vessel (10). The remaining high-pressure water vapor pressurizes the raw water in the water pressurizing vessel (8), spraying it over the heat absorption plate inside

the solar collector to increase the contact area exposed to evaporation. Picture 3 provides a visual representation of the actual project in the laboratory of the Mechanical Power Engineering Department at Technical Engineering College in Mosul, Iraq [4].



Fig. 3. the real project in the laboratory

The water spray (12) reduces the pressure of the raw water to a vacuum pressure. As the pressure decreases, the flow speed of water increases, and the Reynolds number of the water rises, causing its flow to change into a spray form. The fine water droplets absorb heat from the solar collector, making it cooler than in normal circumstances. Consequently, the solar collector can absorb thermal energy at higher rates compared to typical flat plate solar thermal collectors.

Raw water enters the system through the raw water entering valve (11), which is controlled by a float to sense the water level inside the heat exchanging column (3). An auxiliary electrical heater is provided to heat the water when the thermal energy from the solar collector is insufficient at very low ambient temperatures. The water controlling valve (7) regulates the raw water level inside the water pressurizing vessel (8). When water is injected into the solar collector and a small amount remains in the water pressurizing vessel, the water controlling valve switches off the vacuum pump, allowing pressure stabilization inside the system. Then, it directs the water from the heat exchanging column to the water pressurizing vessel. Once the water pressurizing vessel is filled, the controller switches on the vacuum pump, and the system resumes operation.

The heat pump cycle is a well-known thermodynamic process designed to transfer heat from one place to another. It involves four main processes: compression, condensation, expansion, and evaporation. Heat pumps, widely utilized for their high effectiveness in rejecting and absorbing thermal energy at different sides, are coupled with solar thermal collectors to enhance the thermal energy obtained from the collector [5].

In this study, the heat pump cycle is employed to boost the effectiveness of the solar collector, ensuring its functionality even at low temperatures. The cycle begins with the compression process in the vacuum pump, which extracts water vapor from the solar collector and charges it to the distilled water condenser. Condensation occurs in the distilled water condenser, and the condensate water exits the system through the three-way pressure-reducing valve, maintaining atmospheric pressure. The remaining uncondensed water vapor at high pressure is used to force additional raw water from the water pressurizing vessel, expanding it over the absorption plate of the solar collector. The expansion process occurs immediately as the water leaves the water spray. Finally, the evaporation process of the heat pump is completed through the solar collector, closing the cycle loop.

According to the Global Solar Atlas, Nineveh Governorate receives an average solar thermal energy of about 6 kWh/m². This implies that if all thermal energy is utilized for water distillation, approximately 25 liters of distilled water per square meter can be obtained daily. Practical results from our water distillation system indicate that it can produce around 100 liters of distilled water per square meter each day [6].

Reference

1. Omar Abdulhadi Mustafa Almohammed, Farida Mizkhatovna Philippova, Fouad Ibrahim Alhadj Hassan, Nail Farilovich Timerbaev, Anatoliy Anatolyevich Fomin, Practical study on heat pump enhancement by the solar energy // International Symposium “Sustainable Energy and Power Engineering 2021” (SUSE-2021). 2021. Vol. 288. DOI: 10.1051/e3sconf/202128801069.
2. Ankita S.G., Desta Z. Fitiwi, John Curtis. Heat pumps and our low-carbon future: A comprehensive review // Energy Research & Social Science. 2021. Vol. 71. Pp. 97–107.
3. Ambarita H. Study on the performance of natural vacuum desalination system using low grade heat source // Case Studies in Thermal Engineering. 2016. Vol. 8. Pp. 346–358.
4. A review of the fault behavior of heat pumps and measurements, detection and diagnosis methods including virtual sensors / I. Bellanco [et al.] // Journal of Building Engineering. 2020. Vol. 39. Pp. 102–154.
5. Seyed Ali Sakhaei, Mohammad Sadegh Valipour. Thermal performance analysis of a flat plate solar collector by utilizing helically corrugated risers: An experimental study // Solar Energy. 2020. Vol. 207. Pp. 235–246.
6. Omar Abdulhadi Mustafa Almohammed, Nail Farilovich Timerbaev, Basil Ibraheem Ahmad, Heat Pump Application for Water Distillation // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). Vladivostok, 2019. DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934168.

TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER WITH ACTIVATED SAMPLES BASED ON DEFECATE AND BENTONITE

Azimova D.A., Salikhanova D.S.

Institute of General and Inorganic Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

This article presents the results of the quantitative and qualitative indicators of waste water of the industrial enterprise “Navoielektrokimyo” JS. The studied wastewater has a high concentration of dissolved salts and solids. Laboratory tests were conducted for wastewater treatment using samples activated by heat treatment based on defect and bentonite.

Keywords: defect, bentonite, waste water, purification, pH, turbidity, degree of frequency, modification, roasting.

The problem of deep purification of industrial wastewater contaminated with various substances is one of the most important from the point of view of environmental protection. Adsorption is a multi-purpose purification method that allows for almost complete removal of impurities from a liquid medium. Adsorption purification is effective in all concentration ranges of dissolved pollutants, especially at low pollutant contents. It is known that in order to extract pollutants of various natures from wastewater, bentonite sorbents must have a developed specific surface area with a micro and mesoporous structure. Scientific principles for selecting organophilic bentonites for adsorption purification have not yet been created. Therefore, before developing new adsorbents, it is necessary to study in more detail the structure and properties of the starting materials [1-6].

Bentonite is a natural clay mineral, hydroaluminosilicate, which has the property of swelling when hydrated (14-16 times). In a confined space, when it swells freely in the presence of water, a dense gel is formed, preventing further penetration of moisture. This property, as well as non-toxicity and chemical resistance, makes it indispensable in industrial production, construction and many other areas of application [7-10].

For the purpose of a detailed study of the mineralogical composition of the samples and the effect of modification on their properties, methods of X-ray diffraction, thermogravimetric and electron microscopic analyzes were chosen.

Chemical analysis of fine clay fractions was carried out according to GOST 21216-2014, according to which the weight percentages of SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O and P_2O_5 are determined. From the chemical

analysis data it follows that the bentonite clay under study is rich in alkali metal ions. The table also provides data on the chemical composition of Krantaus (KR) and Navbakhor alkali bentonite (NAB).

Based on the results of chemical analysis of bentonite clays, it became known that the studied samples differ in the content of main oxides.

In the first stage of the work, the quantitative and qualitative characteristics of wastewater from the Navoi electrochemical enterprise were determined. The initial parameters of wastewater (selected from the combined sewer of enterprises) are given in Table 1. It shows the results of mass spectrometric analysis (ICP-MS) of wastewater, as well as the maximum permissible concentration of industrial waters for comparison. As can be seen from the tables, in wastewater the content of Ca^{+2} – 220 mg/l, Mg^{+2} – 152 mg/l, NH^{4+} ions is 60 mg/l; Cu – 26 mg/l, Fe – 116 mg/l, Ni – 58 mg/l, As – 0.84 mg/l; Se – 1.1 mg/l; Sr – 3.95 mg/l; SO_4^{2-} -1017 mg/l; Cl^- - 452 mg/l; NO_3^- - 230 mg/l. And the dry residue is 3700 mg/l. This suggests that this wastewater has a complex chemical composition, for the purification of which it is necessary to use a multifunctional adsorbent.

To do this, we activated samples based on defecate and bentonite in different mass ratios at 400 – 650 °C. The obtained samples were used for wastewater treatment, the results of which are shown in Table 2. Since samples based on defecate and bentonite contain organic impurities, heat treatment leads to the combustion of organic substances not to the final products - NO_2 , H_2O , CO_2 , but only to the stage of charring and the formation of carbon particles deposited on the surface of CaCO_3 , at which it is obtained modified sample with high adsorption properties.

Bathing time in the republic in production conditions, water is a vital resource, saving it and returning it to the cycle is an urgent problem.

From Table 3 it can be seen that it is possible to purify industrial wastewater to MPC standards.

It has been established that the modified defect obtained at 650 °C purifies industrial wastewater until it is environmentally friendly and this water can be used for the technical needs of the plant

The results of the studies showed that for a number of indicators it was possible to achieve an effective reduction in the content of pollutants, the residual concentrations of which will satisfy the requirements of industrial waters.

Thus, the study showed that the use of modified defecate significantly reduces the content of heavy metals in wastewater.

Table 1

Results of analyzes and tests of wastewater treated with samples based on activated defecate and bentonite

Cations	Content per liter			Other indicators	
	mg/l	mg-ekv/l	%-ekv/l		
Na ⁺	192,4	8,3694	11	Hardness mg-ekv/l: total	8,620
K ⁺	18,5	0,4736	2	Carbonate	3,90
NH ₄ ⁺	22,2	1,2321	6	Non-carbonate	3,10
Ca ²⁺	81,4	4,07	23	pH	7,40
Mg ²⁺	56,24	4,625	58	CO ₂ free mg/l	29
Fe ³⁺	0,3			CO ₂ agr mg/l	no
Fe ²⁺	0,3			SiO ₂ mg/l	9
total		18,77	100	Dry residue: mg/l	
anions				Experimental.	1213
				Calculated	1158
Cl ⁻	167,24	4,0675	22	Physical properties	
SO ₄ ²⁻	447,31	10,5668	56	Transparency	Transparent after filtering
NO ₂ ⁻	0,0037	0	0	Taste	Very salty
NO ₃ ⁻	52,54	0,8473	5	Color	No color
CO ₃ ⁻	0	0	0	Smell	Without smell
HCO ₂ ⁻	200,91	3,293	17	Sediment	Sediment forms when standing
total		18,77	100	Weigh it. substances, mg/l	300

References

1. Daifa M., Shmoeli E., Domb A.J. Enhanced flocculation activity of polyacrylamide-based flocculant for purification of industrial wastewater // *Polymers for Advanced Technologies*. 2019. Vol. 30, Iss. 10. Pp. 2636–2646.
2. Lead adsorption at the calcite-water interface: Synchrotron X-ray standing wave and X-ray reflectivity studies / N.C. Sturchio [et al.] // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1997. Vol. 61, Iss. 2. Pp. 251–263.
3. Garcia-Sánchez A., Alvarez-Ayuso E. Sorption of Zn, Cd and Cr on calcite. Application to purification of industrial wastewaters // *Minerals Engineering*. 2002. Vol. 15, Iss. 7. Pp. 539–547.
4. Performance of a variety of treatment processes to purify wastewater in the food industry / A. Shamsan [et al.] // *Current Chemistry Letters*. 2023. Vol. 12, Iss. 2. Pp. 431–438.
5. Heavy metal removal by cellulose-based textile waste product / I.N. Pugacheva [et al.] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy khimiya khimicheskaya tekhnologiya*. 2020. Vol. 63, Iss. 2. Pp. 105–110.

6. Zubkova O.S., Alekseev A.I., Zalilova M.M. Research of combined use of carbon and aluminum compounds for wastewater treatment // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy khimiya khimicheskaya tekhnologiya*. 2020. Vol. 63, Iss. 4. Pp. 86–91.

8. Arvaniti O.S., Stasinakis A.S. Review on the occurrence, fate and removal of perfluorinated compounds during wastewater treatment // *Science of the Total Environment*. 2015. Vol. 524. Pp. 81–92.

9. Cleaning of waste water for fatty production by waste of sugar production – defecate / R.M. Usmonov // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*. 2018. № 9-10. Pp. 82–86.

10. Sverguzova Zh.A. Purification of model solutions and emulsions from milk fat, whey and asparagine with modified defecate // *Geosystems: development factors, rational use, management methods: materials of the International Scientific Conference / ed. by Doctor of Geography, Prof. S.Ya. Sergina*. Tuapse, 2008. Pp. 218–219.

УДК 574.5; 574.6

ASSESSMENT of MUĞLA PROVINCE FRESH WATER RESOURCES IN TERM OF WATER QUALITY (MUĞLA-TURKEY)

¹Nedim Özdemir, ²Asiya Galeeva, ¹Ahmet Demirak, ¹Cengiz Koç, ³Iskander Gilmanshin

¹Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey

²Kazan State Power Engineering University, Kazan

³Kazan National Research Technical University named after. A.N. Tupolev – KAI, Kazan

onedim@mu.edu.tr, ata.dadaoz@gmail.com

This study was carried out between December 2017 and November 2018 in fresh waters; Eşen River, Namnam River, Yanıklar River, Kadın Creek, Akçapınar Creek, Çamlı River, Dalaman River and Köyceğiz Lake. In total 43 stations points were water sampled on these fresh waters. Water temperature, pH, electrical conductivity, salinity, dissolved oxygen were measured on site by using YSI 556 MPS multi-probe instrument. Water samples taken from selected stations were analyzed in the Water Analysis Laboratory of the accredited Research Laboratories of Muğla Sıtkı Koçman University. Water samples, taken from these stations were studied for physico-chemical evidences. Physico-chemical data were evaluated in accordance with the Legislation of Water Pollution Control. As a conclusion of this study the pollution in these fresh waters were seen to be mostly influenced by a combination of anthropogenic factors, agricultural pollutants (especially pesticides), uncontrolled rain water, sediment, micro-macro plastic, domestic waste and sewage water.

Keywords: Anthropogenic factors, Fresh waters, Physico-chemical parameters, Legislation of water pollution control, Water pollutants

Freshwater which are important ecologically are special ecosystems and have many significant roles such as arranging water regime of the region, enabling characteristic plant and animal groups to live and forming a great source economically, culturally, scientifically and recreationally. Muğla Province, located between 36°17' and 37°33' Northern latitude and 27°13' and 29°46' Eastern longitude, has 13 328 km² surface area and a very rough terrain. The province is located in the basins of Büyük Menderes, Dalaman and Eşen Rivers and surrounded by the Mediterranean Sea in the South and the Aegean Sea in the West. Muğla Province is rich in terms of fresh water resources with major water resources in the province being the Eşen River, Namnam River, Yanıklar River, Kadın Creek, Akçapınar Creek, Çamlı River, Dalaman River and Köyceğiz Lake.

This study was carried out between December 2017 and November 2018 in these important fresh waters; Eşen River, Namnam River, Yanıklar River, Kadın Creek, Akçapınar Creek, Çamlı River, Dalaman River and Köyceğiz Lake. These stations, selected these fresh waters were investigated for water quality aspects. In total 43 stations points were water sampled on these fresh waters. Water temperature, pH, electrical conductivity, salinity, dissolved oxygen were measured on site by using YSI 556 MPS multi-probe instrument. Other water samples taken from selected stations were analyzed in the Water Analysis Laboratory of the accredited Research Laboratories of Muğla Sıtkı Koçman University.

Water samples, taken from these stations were studied for physico-chemical evidences. Results of the study were determined as: water temperature (10,80-27,56 °C), pH (7,12-9,31), electrical conductivity (348-23792 μScm^{-1}), salinity (0,16-14,99 ‰), dissolved oxygen (4,15-9,71 mgL^{-1}), nitrite nitrogen (BDL-0,50 mgL^{-1}), nitrate nitrogen (BDL-23,39 mgL^{-1}), ammonia nitrogen (BDL-2,92 mgL^{-1}), total phosphorus (BDL-0,285 mgL^{-1}), BOD₅ (0,56-5,70 mgL^{-1}), ortho-phosphate (BDL-3,85 mgL^{-1}) and suspended solids (0,20-75,80 mgL^{-1}). Physico-chemical data were evaluated in accordance with the Legislation of Water Pollution Control. As a conclusion of this study the pollution in these fresh waters were seen to be mostly influenced by a combination of anthropogenic factors, agricultural pollutants (especially pesticides), uncontrolled rain water, sediment, micro-macro plastic, domestic waste and sewage water.

References

1. Anonymous (1998). Report on the environmental position of Muğla city. Muğla, Muğla Valiliği İl Çevre Müdürlüğü Yayını, (in Turkish).
2. Anonymous, (2008). Water Pollution Control Regulation, 13 February 2008 dated and number 26786 Official Gazette, Ministry of Environment and Forest, Ankara.
3. Barlas, M., Ikiel, C. and Ozdemir, N., (1995). Physical and chemical examination of stream resources of Gokova Bay. East Anatolia Region I. (1993) and II (1995) water resources symposium, Erzurum, Atatürk University, 704-712.
4. Barlas M., Yılmaz F., İmamoğlu Ö. and Akboyun Ö. (2000). Yuvarlakçay (Köyceğiz-Muğla)'ın Fiziko-Kimyasal ve Biyolojik Yönden İncelenmesi, I. Su Ürünleri Sempozyumu, Sinop, 249-265.
5. Dügel M. (1995). Köyceğiz Gölüne Dökülen Akarsuların Su Kalitesinin Fiziko kimyasal ve Biyolojik Parametrelerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 87pp.
6. Özdemir N., Yılmaz F., Barlas M. and Yorulmaz B. (2003). Namnam Çayı (Köyceğiz) Balık Faunası ve Ekolojik Özellikleri, XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 2-5 Eylül, 166-170.
7. Özdemir N., Yılmaz F. and Yorulmaz B. (2007). Dalaman Çayı Üzerindeki Bereket Hidro-Elektrik Santrali Baraj Gölü Suyunun Bazı Fiziko-Kimyasal Parametrelerinin ve Balık Faunasının Araştırılması, Ekoloji Dergisi, 16 (62): 30-36.
8. Yorulmaz B., Barlas M., Özdemir N. and Yılmaz F. (2003). Dalaman Çayı (Muğla) Su kalitesinin Biyolojik Olarak Değerlendirilmesi, XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Elazığ.42-47.
9. Barlas, M., Yılmaz, F., Yorulmaz, B. and Kalyancu, H. (2008). Ecological Status of Inland Waters of Mugla. EIFAC Symposium on Interactions Between Social, Economic and Ecological Objectives of Inland Commercial and Recreational Fisheries and Aquaculture, Antalya 21-24 Mayıs 2008, 34-43.
10. Erdinc, S.O. (2010). Water Quality Investigation of Kadın Creek and Akcapinar Creek that Fed Gokova Bay. Master thesis, Mugla University Institute of Science and Technology, p. 88.
11. De Sa Matos Paixao, L.S. (2011). Water Quality Investigation of Namnam Creek Which Feeds Koycegiz Lake. Master thesis, Mugla University Institute of Science and Technology. p. 67, Mugla.
12. Salathe, T. (2008). Healthy Lakes-Healthy People. Sustainable Development of Lake Areas. 21-22 February 2008, 26-27, Tartu, Estonia.
13. Wetzel R.G. (2001). Limnology Lake and River Ecosystems. Third Edition, Elsevier Academic Press, An Imprint of Elsevier, p.1006, USA.

14. Vlasova AY. Comparative analysis of flocculants used for water purification for household and drinking purposes at different temperature conditions of the water source // Kazan state power engineering university bulletin. 2023. Vol. 15, Iss. 2 (58). Pp. 16–28.

15. Spectroscopic study of the organic impurities behaviour in thermal power plants technological waters / A.A. Filimonova [et al.] // Kazan state power engineering university bulletin. 2022. Vol. 14, Iss. 3 (55). Pp. 3–12.

16. Голицына Л.А., Голицын С.А. Особенности реализации регионального проекта «Чистая вода» в Республике Татарстан // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12, № 2 (46). С. 86–90.

УДК 544.723.2.023.2

ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОАГУЛЯНТА-АДсорбЕНТА

¹Аймурзаева Л.Г., ¹Айтбаева Х.Б., ²Жумаева Д.Ж.

¹Нукусский государственный педагогический институт им. Ажинияза,
Республика Узбекистан, г. Нукус

²Институт общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан
aymurzaevaliza591@gmail.com

В работе спектрофотометрическим методом изучены адсорбционные свойства полученных коагулянтов-адсорбентов АПАК-3 и АПАК-7 по отношению к индикаторам метиленовому голубому и метиленовому оранжевому. Результаты исследования показали, что активированный коагулянт-адсорбент АПАК-3 имеет более высокую адсорбцию, чем коагулянт-адсорбент АПАК-7, а также большее количество мезопор.

Ключевые слова: адсорбент, индикатор, адсорбционные свойства, метиленовый голубой, метиленовый оранжевый, коагулянт-адсорбент

STUDY OF THE ADSORPTION CHARACTERISTICS OF THE COAGULANT-ADSORBENT

¹Aymurzaeva L.G., ¹Aitbaeva Kh.B., ²Zhumaeva D.Zh.

¹Nukus State Pedagogical Institute named after. Ajiniyaza, Republic of Uzbekistan, Nukus

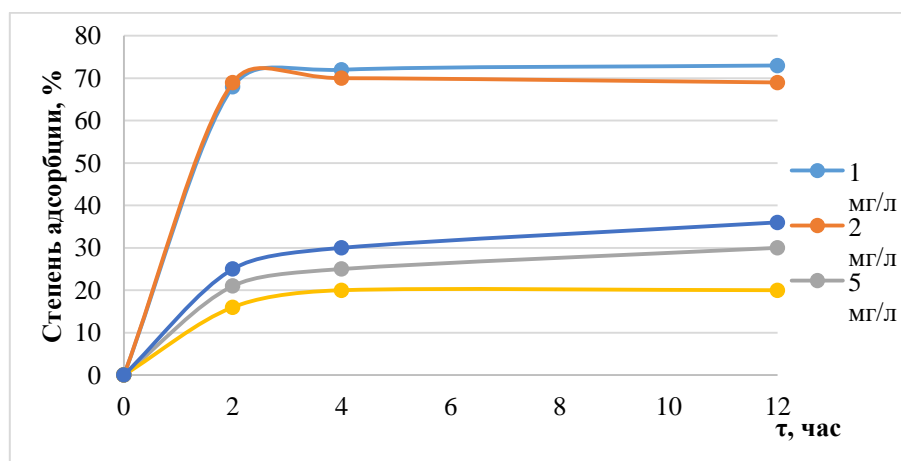
²Institute of General and Inorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan

Во всем мире ведутся научно-исследовательские работы по получению на основе синтетического или природного сырья сорбентов для применения их при очистке промышленных сточных вод, в число которых входят и окрашенные сточные воды текстильных предприятий. Наиболее распространенным сырьем для получения адсорбентов являются глины разного состава, которые изначально обладают сорбционными свойствами. Для улучшения этих свойств ведутся работы по разработке способов и методов физического и химического воздействия на структуру глин для получения адсорбентов, обладающих определенными качествами и отвечающих требованиям при очистке сточных вод предприятия [1, 2].

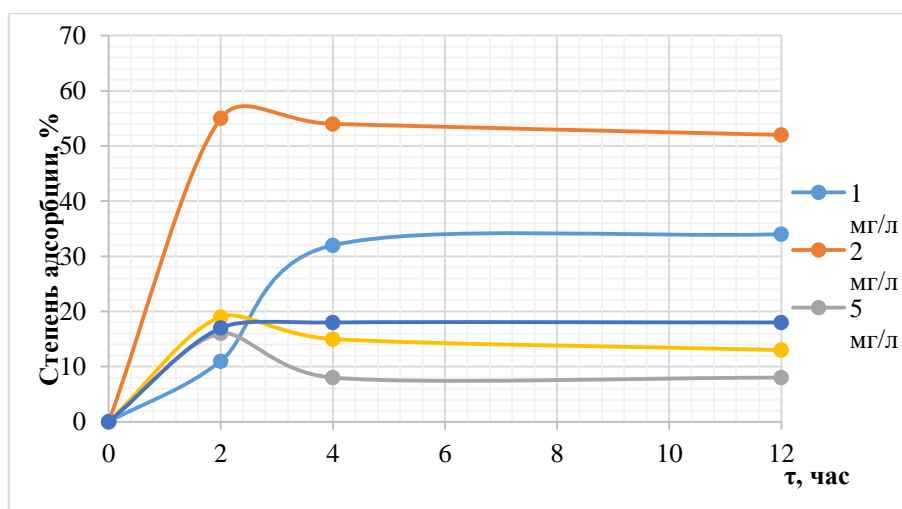
Спектрофотометрическим методом изучены адсорбционные свойства полученных коагулянтов-адсорбентов АПАК-3 и АПАК-7 по отношению к индикаторам метиленовому голубому и метиленовому оранжевому.

Определение адсорбционной емкости по метиленовому голубому является одной из важных характеристик сорбентов [3].

Согласно методике исследования, для изучения процесса адсорбции коагулянтов-адсорбентов с индикатором метиленовым голубым предварительно взвешивали по 0,1 г индикаторов метиленового голубого и Метиленового оранжевого и готовили их растворы в объеме 100 мл в дистиллированной воде. Готовые растворы хранили в темном месте в течение 12 часов. Затем отбирали разные количества из приготовленных растворов, т.е. 0,01 мл, 0,02 мл, 0,05 мл, 0,08 мл и 0,1 мл и доводили их объемы до 100 мл дистиллированной водой. Затем из каждого объема 100 мл отбирали 50 мл приготовленного раствора. В каждый раствор с различной концентрацией добавляли по 0,05 г коагулянта-адсорбента АПАК-3 и АПАК-7. Наблюдали процесс адсорбции. Величину адсорбции в растворах измеряли на фотоколориметре с использованием пучка света с длиной волны 620,0 нм, а кинетику в течение 4,0 ч, 12,0 ч, 24,0 ч и 48,0 ч (рис. 1).



a



б

Рис. 1. Кинетика адсорбции метилового голубого из растворов различной концентрации коагулянтами-адсорбентами АПАК-3 (а) и АПАК-7 (б)

Первоначально твердую часть отделяли от жидкой фазы центрифугированием на приборе DM0412 в течение 5 мин при скорости 6000 об/мин. Затем растворы помещали в кюветы фотоколориметра. Результаты были получены и проанализированы. Изотермы адсорбции по метиленовому голубому на поверхности исследуемого коагулянта-адсорбента представлены на рис. 2.

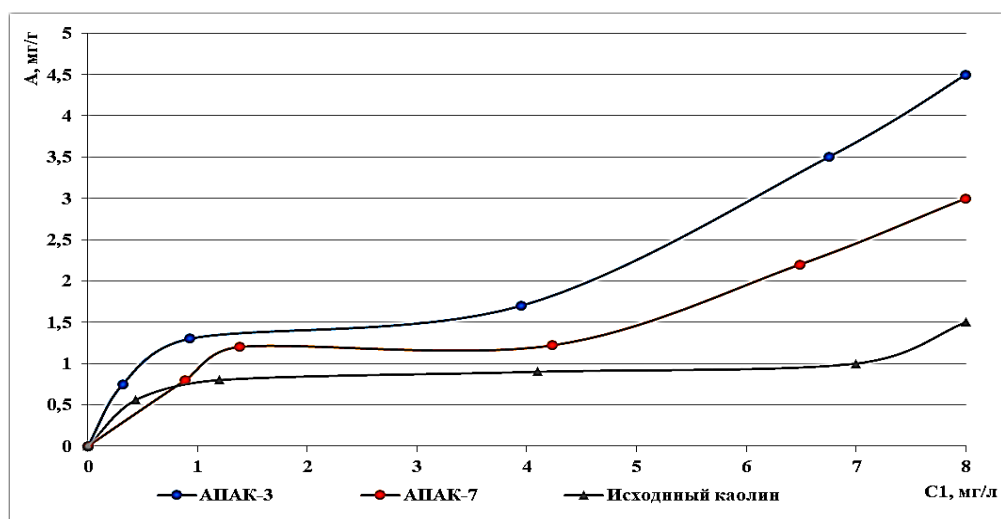


Рис. 2. Зависимость адсорбционных свойств коагулянтов АПАК-3 и АПАК-7 по метиленовому голубому от концентрации растворов: а – АПАК-3-активированный коагулянт-адсорбент из Ангреского пестроцветного каолина и природного мирабилита; б – АПАК-7- химический модифицированный коагулянт-адсорбент из Ангреского пестроцветного каолина и реагента сульфат натрия; в – Исходный Ангреский пестроцветный каолин.

Как видно из рис. 2, коагулянт-адсорбент АПАК-7 адсорбирует из 1, 2, 5, 8, 10 мг/л растворов индикатора 34, 55, 16, 19, 18 % соответственно, а коагулянт-адсорбент АПАК-3 адсорбирует 70, 73, 30, 20, 36 %. На основании полученных результатов видно, что адсорбирующие свойства коагулянта-адсорбента АПАК-3 выше, чем у коагулянта-адсорбента АПАК-7. Исходный каолин показал малую величину адсорбции, так как является неактивированным.

В ходе экспериментов изучали адсорбцию анионной активности активированных коагулянтов-адсорбентов метиленовому оранжевому.

На рис. 3. представлены результаты адсорбции коагулянтами-адсорбентами, полученными путем активации Ангреноского пестроцветного каолиновой глины, в присутствии природного мирабилита и реагента сульфата натрия [4, 5]. На коагулянте-адсорбенте АПАК-3 процесс адсорбции наблюдался на 0,5 моль/кг выше, чем на АПАК-7. Изотерма, полученная на основе исследования, соответствует третьему типу и классу L изотерм, классифицированных Чарльзом Гильсом. Эти виды изотерм рассчитываются на основе уравнений американского химика Ирвинга Ленгмюра и называются мономолекулярной адсорбцией.

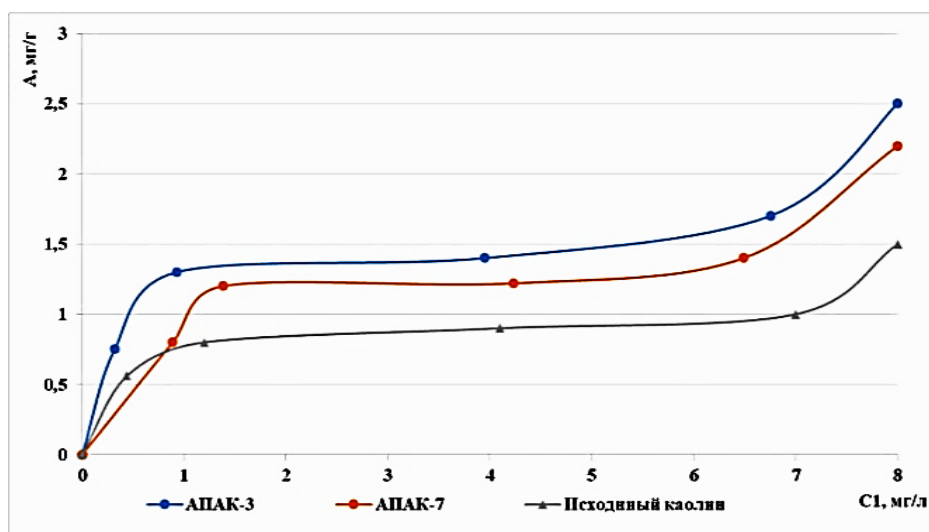


Рис. 3. Зависимость адсорбционных свойств коагулянтов АПАК-3 и АПАК-7 от концентрации растворов по метиленовому оранжевому:

- а* – АПАК-3-активированный коагулянт-адсорбент полученный из Ангреноского пестроцветного каолина и природного мирабилита;
- б* – АПАК-7-химический модифицированный коагулянт-адсорбент полученный из Ангреноского пестроцветного каолина и реагента сульфата натрия;
- в* – Исходный Ангреноский пестроцветный каолин

Исследована кинетика адсорбции (см. рис. 1) активированных коагулянтов-адсорбентов по метиленовому голубому и метиленовому оранжевому из растворов с концентрациями от 1 мг/л до 10 мг/л. При этом первые два часа шел активный процесс адсорбции, после чего демонстрировалась устойчивая равновесная ситуация. Кинетика адсорбции различных концентраций характеризуется величиной их адсорбции.

Результаты исследования показывают, что активированный коагулянт-адсорбент АПАК-3 имеет более высокую адсорбцию, чем коагулянт-адсорбент АПАК-7, а также большее количество мезопор.

Источники

1. Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью природных и искусственных сорбентов [Электронный ресурс] / Н.М. Привалова [и др.] // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 113. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-neftesoderzhaschih-stochnyh-vod-s-pomoschyu-prirodnih-i-iskusstvennyh-sorbentov> (дата обращения: 14.12.2023).

2. Ануфриев В.Н. Очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности // Экология. 2015. № 1 (43). С. 87–96.

3. Алдашева Н.Т. Определение интенсивности адсорбционной активности поверхности искусственного графита по индикатору метиленовому голубому [Электронный ресурс] // Бюллетень науки и практики. 2020. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-adsorbtsionnoy-aktivnosti-udelnoy-poverhnosti-iskusstvennogo-grafita-po-indikatoru-metilenovomu-golubomu> (дата обращения: 14.12.2023).

4. Аймурзаева Л.Г., Жумаева Д.Ж. Технология получения адсорбента-коагулянта на основе ангреноского каолина и мирабилита [Электронный ресурс] // Universum: Химия и биология. 2022. Вып. № 2 (92). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/13027> (дата обращения: 23.10.2023).

5. Минералогический состав и физико-химические характеристики каолинов Ангреноского месторождения / А.Х. Абдурахимов [и др.] // Universum: Химия и биология. 2022. Вып. № 9 (99). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/14219> (дата обращения: 23.10.2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ РАДОНА В ВОЗДУХЕ ПОМЕЩЕНИЙ КГЭУ

¹Апкин Ренат Нуриханович, ²Гайнуллина Лейсан Раисовна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹renat.apkin@gmail.com

Знания о естественном радиационном фоне, создаваемом радоном, необходимы при выборе площадки под строительство, правильной эксплуатации зданий и сооружений, в целом для безопасной жизнедеятельности человека. Представляло интерес измерение содержания радона в воздухе учебных корпусов Казанского государственного энергетического университета и в воздухе почвы на его территории. Результаты измерений показали влияние на концентрацию радона как сезонных изменений окружающей среды, так и конструкции фундамента.

Ключевые слова: радон, радиационный фон, грунт, почвенный воздух, концентрация, влажность воздуха.

STUDY OF RADON LEVEL IN THE AIR OF KGEEU PREMISES

¹Apkin Renat Nurikhanovich, ²Gainullina Leysan Raisovna

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹renat.apkin@gmail.com

Knowledge about natural radiation background, created by radon, is necessary when selecting a site for construction, proper operation of buildings and structures, in general for safe human life activity. It was of interest to measure the radon content in the air of educational buildings of Kazan State Power Engineering University and in the soil air on its territory. The results of measurements showed the influence of both seasonal environmental changes and foundation construction on radon concentration.

Key words: radon, radiation background, soil, soil air, concentration, air humidity

Радон – радиоактивный газ, являющийся естественным природным источником радиационного излучения. Исследования, проведенные учеными в последнее время [1–3], установили, что из естественного природного излучения 50 % приходится на радон и продукты его распада. Радон выделяется из горных пород и почвы; имея плотность в 7,6 раз больше плотности воздуха, он скапливается в цокольном или на первом этажах.

Однако в холодное время года в результате процесса конвекции возможна его циркуляция по верхним этажам [4, 5].

Цель данной работы – исследование радонового фона на территории Казанского государственного энергетического университета. В процессе исследования были произведены замеры радона в учебных корпусах и грунтах прилегающей территории; проанализированы полученные результаты. Измерения в помещении были проведены радиометром RTM-1688 (PPA-1688) (в Госреестре №50382-12) в соответствии с МУ 2.6.1.037-2015, измерения содержания радона в грунте – радиометром RTM1688-2 Geo Station в соответствии с МУ 2.6.1.038-2015.

В геологическом отношении, территория, на которой расположены корпуса КГЭУ, представляет собой насыпные грунты на аллювиальных песках второй террасы р. Волги с близким залеганием горизонта грунтовых вод.

По результатам замеров радона средняя концентрация объемной активности радона в грунте около корпуса «Б» КГЭУ составила в июле 2010 года 5,5 тыс. Бк/м³, в ноябре 2023 года около 4 тыс. Бк/м³.

Радон, высвобождаясь из коренных пород и проходя сквозь почву, через отверстия и трещины в фундаменте попадает в воздух помещений, где накапливается. Концентрация радона повышается в отопительный сезон, однако имеет многофакторную зависимость (от влажности, температуры, барометрического давления, состава почвы состав строительных материалов фундаментов и др.), что усложняет определение этих зависимостей. Результаты измерений содержания радона в помещениях КГЭУ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Средние значения концентрации радона в корпусах КГЭУ

Корпус	А	Б	В	Г	Д
Концентрация радона, Бк/м ³	217	233	296	219	20
Фундамент	Сваи + ленточный	Ленточный	Ленточный (плиты)	Ленточный (плиты)	Свайный (плиты)

Современный корпус «Д» построен на фундаменте, изолирующем подвальные помещения от грунта. Измерения проводились в октябре 2023 года в течение трех суток. Проведенные измерения концентрации радона показали низкие значения в пределах 50 Бк/м³.

В соответствии с СанПиН 2.6.1.2800-10 «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счёт природных источников ионизирующего излучения» помещениях эксплуатируемых зданий жилищного и общественного назначения среднегодовая эквивалентная равновесная объёмная активность (ЭРОА) изотопов радона в воздухе помещений не должна превышать 200 Бк/м³.

В корпусах «А» и «Б» подвальные помещения расположены на открытом грунте. В результате измерений среднее значение содержания радона в воздухе земляного пола составило 217 и 233 Бк/м³ соответственно. Учитывая подъем уровня грунтовых вод из-за большого количества атмосферных осадков произошло подтопление открытого грунта в подвале корпуса «А» в период проведения замеров радона, и, соответственно, высокую влажность, предполагается, что среднее значение в нормальных условиях (по влажности) будет больше. Различия в содержании радона по учебным корпусам связано не только с погодными условиями и строением фундамента, но также и с материалом этого фундамента, грунтовой эмиссии радона на территории КГЭУ, системы вентиляции и т.д.

Таким образом, состояние воздуха в учебном корпусе «Д» КГЭУ в отношении радона соответствует нормам, в подвалах (в которых занятия не проводятся) корпусов «А», «Б» и «В» сезонные небольшие отклонения устраняются элементарным проветриванием.

Источники

1. Геолисс. Инженерные изыскания и геофизические исследования [Электронный ресурс]. URL: <https://geoliss.ru/news/vsya-pravda-o-gaze-rodon-i-radiatsii/#> (дата обращения: 30.10.2023).

2. Ионизирующее излучение и его последствия для здоровья [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения: сайт. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects> (дата обращения: 30.10.2023).

3. Радон: здоровье, опасность, защитные мероприятия [Электронный ресурс] / А. Карабанов [и др.] // Наука и инновации. 2013. № 122. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/radon-zdorovie-opasnost-zaschitnye-meropriyatiya> (дата обращения: 14.12.2023).

4. Киселев С.М, Маренный А.М., Романов В.В. Радон. Современные подходы к регулированию радиационной безопасности населения // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 2. С. 94–102.

5. Радон почвенного воздуха и потенциальная радоноопасность построенных зданий / А.И. Андреев [и др.] // Современные проблемы регионального развития: матер. VII Всерос. науч. конф.. Биробиджан, 2018, С. 42–45.

УДК 662.75

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЖИГАНИЯ МАЗУТА И ПЕЧНОГО БЫТОВОГО ТОПЛИВА

¹Зверева Эльвира Рафиковна, ²Макеева Е.Н., ³Морозова О.Ю.

^{1,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

² Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Гомель, Республика Беларусь

¹belvira6@list.ru, ²volkova_katerina@gstu.by

В статье выполнена оценка вредных выбросов, образующихся при сжигании котельного мазута и печного бытового топлива. В результате сравнительного анализа установлено, что при переходе с мазута на печное бытовое топливо обеспечивается уменьшение загрязнения и износа оборудования, уменьшение образования сажи и диоксида серы

Ключевые слова: мазут, печное бытовое топливо, оксиды, окружающая среда, экологический ущерб.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF COMBUSTION MAZUTE AND HEATING FUEL

¹Zvereva E.R., ²Makeeva E.N., ³Morozova O.Yu.

^{1,3}KSPEU, Kazan

²Educational Institution "Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi", Gomel, Republic of Belarus

¹belvira6@list.ru, ²volkova_katerina@gstu.by

An assessment was made of the amount of pollutant emissions from the combustion of fuel oil and heating household fuel. As a result of a comparative analysis, it was found that when switching from fuel oil to household heating fuel, it ensures a reduction in pollution and wear of equipment, a reduction in the formation of soot and sulfur dioxide

Keywords: fuel oil, household heating fuel, oxides, environment, environmental damage.

При сжигании мазута образуются вредные вещества: оксиды серы, азота, углерода, твердая летучая зола. Другие вещества, например, тяжелые металлы, галогеноводороды, диоксины выбрасываются в меньших количествах, однако они тоже могут нести значительный ущерб окружающей среды из-за их токсичности и устойчивости [1-3].

Оценка количества выбросов загрязняющих веществ при сжигании мазута и печного бытового топлива, характеристики которого соответствовали ТКП 17.08-04-2006, выполнена в соответствии с нормативными актами [2, 3].

Для расчета были использованы данные из задания на проектирование по объекту: «Реконструкция топливного хозяйства РК «Черниговская» по ул. Черниговская, 22а в г. Гомеле» от 28 сентября 2018 г. и дополнения № 1 к заданию на проектирование по объекту: «Реконструкция топливного хозяйства РК «Черниговская» по ул. Черниговская, 22а в г. Гомеле» от 1 сентября 2020 г. [1].

Максимальный расчетный расход топлива принимаем равным 5,9 т/ч [5, 6]. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Экологические параметры загрязняющих веществ

Вид загрязняющего вещества	Вид топлива	
	мазут	печное бытовое топливо
Количество серы диоксида M_{SO_2} , г/с	88,575	1,312
Суммарное количество азота оксидов M_{NO_x} в пересчете на азота диоксид (NO_2), г/с	2,175	2,424
Количество углерода оксида M_{CO} , г/с	3,75	4,007
Количество твердых частиц количество сажи M_c , г/с количество мазутной золы в пересчете на ванадий M_v , г/с	0,4 0,146	0,21 –

Таким образом, в результате проведенных расчетов получены наиболее значимые виды выбросов, образующиеся при сжигании различных видов жидкого топлива – мазута и печного топлива, а именно: диоксид серы, оксиды азота, оксиды углерода, твердые частицы, наиболее влияющие на состояние окружающей среды [2,3].

Полученные значения загрязняющих веществ, образующихся при сжигании мазута и печного бытового топлива, сравнивались со значениями, регламентируемыми ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 ТКП 17.02-XX-2019 .

В результате установлено, что при переходе с мазута на печное бытовое топливо обеспечивается уменьшение загрязнения и износа

оборудования за счет меньшего, чем у мазута, в 7 раз показателя зольности для печного бытового топлива, а также уменьшения в 2 раза образования сажи и в 67,5 раз диоксида серы при десятидневном использовании печного бытового топлива [4, 5].

Источники

1. Заглубоцкий Н.З., Устиненко С.И. Обеспечение эффективности и надежности работы теплоэнергетических систем: практикум по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника» дневной и заочной форм обучения. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2021. 51 с.

2. Открытое акционерное общество «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» [Электронный ресурс]. URL: <https://mnpz.by> (дата обращения: 12.10.2023).

3. Рыков А.Н., Бушкевич О.А. Схема теплоснабжения г. Гомеля на 2025 год с перспективой до 2030 года: в 3 т. М.: Проектное научно-исследовательское республиканское предприятие «БелНИПИЭнергоПром», 2018. Т. 1, ч. 1. 230 с.

4. Шаповалов А.В., Заглубоцкий Н.З., Морозова О.Ю. Реконструкция топливного хозяйства Гомельского теплофикационного комплекса // Современные проблемы машиноведения: Матер. XIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых. Гомель, 2020. С. 210–212.

5. Морозова О.Ю., Кидун Н.М. Печное бытовое топливо – экологичная альтернатива резервного топлива для пиковых котельных // Экология и защита окружающей среды: тез. докл. VI Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 2021. С. 260–262.

УДК 502.1:004

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПУАССОНА В МОДЕЛИРОВАНИИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

¹Мунирова Эвелина Джамильевна, ²Будникова Иветта Константиновна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹evelina.munirova.04@mail.ru, ²ikbudnikova@yandex.ru

Данная статья посвящена применению распределения Пуассона для моделирования аварийных выбросов в окружающую среду с использованием цифровых технологий. В данной статье также рассматривается возможность использования распределения Пуассона для моделирования и прогнозирования числа случаев аварийных выбросов,

позволяющих принимать соответствующие меры для предотвращения негативных последствий для окружающей среды.

Ключевые слова: распределение Пуассона, аварийные выбросы, окружающая среда, цифровая технология, цифровизация, моделирование.

APPLICATION OF THE POISSON DISTRIBUTION IN THE MODELING OF ACCIDENTAL EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES

¹Munirova Evelina Dzhamil`evna, ²Budnikova Ivetta Konstantinovna

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹evelina.munirova.04@mail.ru, ²ikbudnikova@yandex.ru

This article is devoted to the application of the Poisson distribution for modeling emergency emissions into the environment using digital technologies. This article also discusses the possibility of using the Poisson distribution to model and predict the number of cases of accidental emissions, allowing appropriate measures to be taken to prevent negative consequences for the environment.

Keywords: Poisson distribution, emergency emissions, environment, digital technology, digitalization, modeling.

В современном мире цифровые технологии играют все более значимую роль в различных областях, включая инженерную экологию. Моделирование аварийных выбросов в окружающую среду является важной составляющей процесса оценки и управления рисками. Одним из основных инструментов, используемых в моделировании таких событий, является распределение Пуассона.

По информации, содержащейся в Государственном докладе «О состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Татарстан в 2022 году», наблюдается определенная динамика в отношении выбросов вредных веществ в атмосферу данного региона (рис. 1) [1].

Распределение Пуассона является математической моделью, которая используется для описания случайных событий, происходящих с постоянной средней интенсивностью, независимо друг от друга и во времени [2].

Чтобы оценить вероятность возникновения аварийного выброса опасных химических веществ при производстве полиэтилена на предприятии ПАО «Казаньоргсинтез», можно воспользоваться данными о прошлых аварийных ситуациях и применить распределение Пуассона для моделирования вероятности будущих выбросов [3]. Затем, используя

цифровые технологии, можно создать компьютерную модель, которая будет симулировать различные сценарии и предсказывать вероятность аварийных выбросов в будущем.

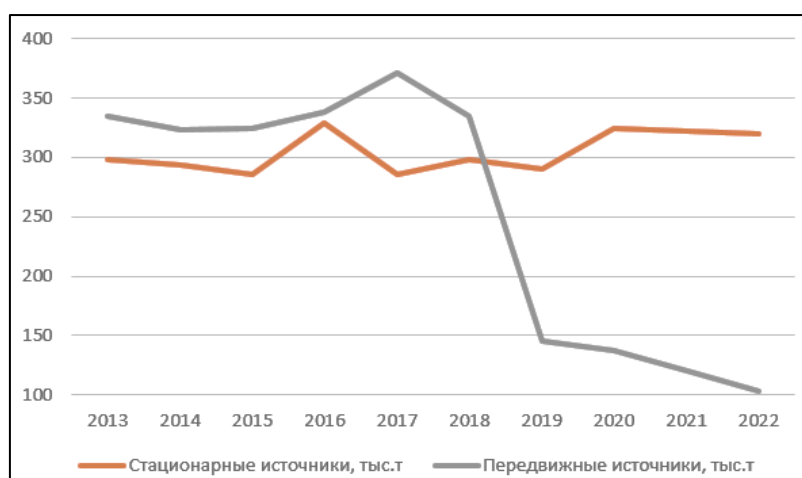


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в Татарстане

Используя распределение Пуассона, можно определить вероятность возникновения определенного количества аварийных выбросов в определенный день.

1. Найти среднее количество аварийных выбросов опасных веществ за год на предприятии.

2. Используя формулу распределения Пуассона, можно рассчитать вероятность возникновения выброса опасных веществ в определенный день [4]. Формула распределения Пуассона:

$$P(x) = \frac{\lambda^x * e^{-\lambda}}{x!},$$

где $P(x)$ – вероятность возникновения x выбросов опасных веществ; λ – среднее количество выбросов в день; e – математическая константа; x – количество выбросов.

Эта модель позволяет оценить вероятность возникновения аварийных выбросов и использовать ее для улучшения систем безопасности и предотвращения потенциальных аварийных ситуаций [5].

Итак, использование распределения Пуассона при моделировании экологических выбросов, связанных с применением цифровых технологий, является высокоэффективным средством для оценки рисков, связанных с использованием возобновляемых источников энергии. [6].

Источники

1. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды в Республике Татарстан в 2022 году» [Электронный ресурс]. URL: https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_3770309.pdf (дата обращения: 16.11.2023).
2. Распределение Пуассона: простыми словами и примеры [Электронный ресурс]. URL: <https://promenter.ru/fakty/raspredelenie-puassona-prostymi-slovami-i-primery> (дата обращения: 16.11.2023).
3. Дулатова Н.В. Цифровизация и эколого-экономическая безопасность [Электронный ресурс] // Вестник ЮУрГУ. Серия: Право. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-i-ekologo-ekonomicheskaya-bezopasnost/> (дата обращения: 16.11.2023).
4. Применение распределения Пуассона для оценки риска аварий [Электронный ресурс]. URL: <https://mydocx.ru/2-106639.html> (дата обращения: 16.11.2023).
5. Дикарева А.С. Применение информационных технологий в решении экологических проблем [Электронный ресурс] // Молодой ученый. 2022. № 42 (437). С. 14–16. URL: <https://moluch.ru/archive/437/96202/> (дата обращения: 16.11.2023).
6. Секретарева К.Н. Влияние цифровизации на экологию // Хроноэкономика. 2021. № 1 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsifrovizatsii-na-ekologiyu> (дата обращения: 16.11.2023).

УДК 628.3:66.081

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КАТИОНОВ МЕДИ

¹Николаева Лариса Андреевна, ²Аджигитова Айгуль Айдаровна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹larisanik16@mail.ru

В статье приведены результаты исследований по использованию органических растительных отходов в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора с дальнейшим применением золы для адсорбции катионов меди из сточных вод гальванического производства.

Ключевые слова: сточные воды; катионы меди; органические растительные отходы; адсорбент

USE OF FOOD WASTE ASH AS A SORBENT WHEN TREATING WASTEWATER FROM COOPER CATIONS

¹Nikolaeva Larisa Andreevna, ²Adzhigitova Aigul Aidarovna

KSPEU, Kazan

¹larisanik16@mail.ru

The article discusses the need to study the issue of recycling organic plant waste. The results of studies on the use of such waste as a secondary energy resource for a waste heat boiler with the further use of ash for the adsorption of copper cations from wastewater from galvanic production are presented.

Keyword: wastewater; copper cations; organic plant waste; adsorbent

С каждым годом все более остро встает проблема образования новых полигонов и несанкционированных свалок ТБО. Значительную часть отходов (около 40 %) составляют пищевые отходы [1].

В «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» (распоряжение Правительства РФ от 25 января 2018 г. № 84-р) отмечено, что несанкционированное размещение отходов, в том числе пищевых, на полигонах коммунальных и промышленных отходов существенно увеличивает экологическую и санитарно-эпидемиологическую опасность территорий в зоне расположения данных объектов. При разложении органических отходов на свалках в окружающую среду выделяются опасные соединения, такие как парниковые газы и др.

Результаты некоторых исследований последних лет показывают, что вещества, содержащиеся в органических растительных отходах (опад листвы, скорлупа орехов, злаки, фруктовый жмых и др.) способны адсорбировать ионы тяжелых металлов [2, 3] с эффективностью позволяющей конкурировать с активированными углями некоторых марок. Конкурентным преимуществом на рынке сорбентов из органических растительных отходов является более низкая по сравнению с углями себестоимость.

Основными источниками ионов тяжелых металлов в водоемах и почве являются предприятия гальванического производства. Одной из подобных предприятий является ООО «ЕЛТОНС», которое занимается покрытием различных изделий способом гальванического нанесения.

В компании «ЕЛТОНС» используется система селективной очистки сточных вод (СВ), в которую входят приёмные емкости, реакторы

нейтрализации, электрофлотаторы, фильтры тонкой очистки, емкости приготовления и хранения растворов, гравитационные фильтры. После очистки сточных вод концентрация практически всех веществ, в том числе ионов тяжелых металлов, не превышает ПДК в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Концентрация катионов меди - $5,08 \text{ мг/дм}^3$, что превышает ПДК в водах водных объектов рыбохозяйственного значения - $0,001 \text{ мг/л}$.

Для приведения состава СВ к нормативным показателям необходима доочистка. Доочистку СВ предлагается осуществлять адсорбционной технологией золой многотоннажного отхода пищевой промышленности – твердых отходов органического происхождения, образующихся при поражении овощей, фруктов, зелени грибком плесени.

Органические растительные отходы (ОРО) после измельчения и сушки предлагается использовать в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора. Образовавшаяся после сжигания зола применяется для очистки сточных вод гальванического производства от катионов меди [4].

Были проведены исследования, чтобы оценить способность золы к адсорбции катионов меди. Для экспериментов применялись модельные растворы $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ с концентрацией 100 мг/дм^3 .

В целях исследования механизма адсорбции проводился эксперимент при разных температурах в статических условиях.

Результаты показали что процесс адсорбции протекает на поверхности раздела жидкой и твердой фаз. Для определения константы скорости адсорбции применяется кинетическое уравнение, которое основывается на экспериментальных данных.

Из полученных данных был сделан вывод, что при повышении температуры константа скорости адсорбции меди уменьшается.

Для успешного притягивания молекул адсорбата и адсорбента необходимо, чтобы они обладали достаточной энергией, превышающей определенное критическое значение, известное как энергия активации (E_a). Расчет этой энергии осуществляется при помощи графического метода, основанного на уравнении Аррениуса.

Протекание процесса физической адсорбции подтверждается расчетным значением кажущейся энергии активации ($5,36 \text{ кДж/моль}$).

Более полное использование емкости сорбента достигается путем анализа адсорбции ионов тяжелых металлов в динамических условиях, что имеет технологические, эксплуатационные и экономические преимущества по сравнению с адсорбцией в статических условиях. Это важно для производственных процессов.

Процесс адсорбции ионов меди проводился с гранулами, полученными путем перемешивания золы со связующим жидким натриевым стеклом при соотношении 1(масс.):2(объем).

Экспериментальным путем выяснено, что наиболее эффективные значения суммарного объема пор и удельной поверхности материала достигаются при 500 °С.

В фильтровальную стеклянную колонку диаметром 25 мм помещаются гранулы размером от 0,5 до 2,5 мм. Через гранулы пропускают модельный раствор. Средняя концентрация ионов меди в сточной воде промышленных предприятий при входе в адсорбционный фильтр составляет 50 мг/дм³ и является равной концентрации ионов меди в модельном растворе.

Проскок ионов меди фиксируется при концентрации 0,001 мг/дм³, что соответствует ПДК меди в сбросе сточных вод в водные объекты рыбохозяйственного значения.

Эксперимент позволил определить, что сорбционный материал обладает динамической обменной емкостью ДОЕ в размере 145,3 мг/г при объеме пропущенной воды в 170 дм³ и полной обменной емкостью ПОЕ в размере 284,9 мг/г при объеме пропущенной воды в 315 дм³ по отношению к катионам меди.

Произведена модернизация технологической схемы очистки сточных вод компании «ЕЛТОНС». Производительность системы очистки - 0,7 м³/ч. Система очистки СВ от ионов тяжелых металлов включает следующие стадии: усреднение качественного и количественного состава СВ, нейтрализация и перевод загрязняющих веществ в нерастворимые соединения (формирование осадка), осветление СВ электрофлотацией, фильтрацией.

В блок тонкой доочистки СВ от катионов меди предлагается два варианта очистки: статический (загрузка золы ОРО в емкость с механическим смешиванием) и динамический (загрузка гранул из золы ОРО в адсорбционный фильтр).

Произведенные расчёты показали, что адсорбционная доочистка СВ от катионов меди в статическом режиме осуществляется технологией трехступенчатого противоточного ввода золы ОРО в аппарат механического смешения с эффективностью очистки – 85,9 %; в динамическом режиме с загрузкой гранул из золы ОРО в адсорбционный фильтр с эффективностью очистки – 97,8 %.

Расчет себестоимости очистки 1 м³ СВ в статическом и динамическом режимах показал, что в динамических условиях технология адсорбционной доочистки СВ является наиболее эффективной и экономически выгодной.

Произведен расчет капитальных затрат производственного оборудования, инструментов и приспособлений при производстве сорбционного материала, себестоимости изготовления сорбционного материала, себестоимости очистки СВ от катионов меди с помощью разработанного материала, предотвращенного экологического ущерба и экономической эффективности внедрения адсорбционной технологии очистки промышленных СВ на примере гальванического производства. Модернизация системы очистки компании «ЕЛТОНС» дает экономическую эффективность в размере 1 505 тыс. руб./год. Кроме того, был предотвращен экологический вред, который составляет 244 974 тыс. руб./год.

В качестве утилизации отработанного сорбционного материала предлагается использование насыщенного катионами меди сорбционного материала в качестве добавки к топливному углю при сжигании, что приведет к сокращению на 40% выбросов угарного газа и понижению в три раза недожога, превратив его в полезное тепло. Такое применение позволит увеличить эффективность горения, которое достигается за счет понижения температуры сжигания и интенсификации самого процесса [5].

Источники

1. Соломин И.А. Организация системы управления муниципальными органическими отходами // Природообустройство. 2019. № 2. С. 60–65.
2. Сорбционные свойства «пищевых волокон» во вторичных продуктах переработки растительного сырья / С.С. Ставицкая [и др.] // Журнал прикладной химии. 2001. Т. 74, № 4. С. 575–578.
3. Removal of Cu and Pb by Tartaric Acid Modified Rise Hask from Aqueous Solutions / К.К. Wong [et al.] // Chemosphere. 2003. Vol. 50, Iss. 1. Pp. 23–28.
4. Николаева Л.А., Аджигитова А.А., Борисова С.Д. Очистка сточных вод промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов золой отходов потребления // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 1. С. 102–109.
5. Модификатор горения твердого топлива: пат. 2749373 Рос. Федерация № 2020138909; заявл. 27.11.2020; опубл. 09.06.2021, Бюл. № 16.

АДСОРБЦИЯ СУЛЬФАТ- И ХЛОРИД- ИОНОВ ЗОЛОШЛАКОВЫМИ ОТХОДАМИ НА ПРИМЕРЕ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТА

¹Николаева Лариса Андреевна, ²Зайнуллина Элеонора Райнуровна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹larisanik16@mail.ru

В статье исследуется процесс адсорбции сульфат- и хлорид- ионов золошлаковыми отходами образующаяся при сжигании Кузнецкого угля. исследован процесс адсорбции по отношению к сульфат- и хлорид- ионам на модельных растворах. Изучен механизм физической неактивированной адсорбции сульфат- и хлорид- ионов золой Кузнецкого угля с использованием термодинамических и кинетических показателей.

Ключевые слова: адсорбция, зола, модельные растворы

ADSORPTION OF SULFATE AND CHLORIDE IONS BY ASH AND SLAG WASTE USING THE EXAMPLE OF REVERSE OSMOTIC CONCENTRATE

¹Nikolaeva Larisa Andreevna, ²Zainullina Eleonora Raynurovna

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹larisanik16@mail.ru

The article examines the process of adsorption of sulfate and chloride ions by ash and slag waste generated during the combustion of Kuznetsk coal. The adsorption process in relation to sulfate and chloride ions on model solutions was studied. The mechanism of physical non-activated adsorption of sulfate and chloride ions by Kuznetsk coal ash was studied using thermodynamic and kinetic parameters.

Key words: adsorption, ash, model solutions

Развитие экономики способствует расширению масштабов энергопотребления. Рост темпа производства и потребления энергии оказывает негативное воздействие этой отрасли на окружающую среду и создает ряд экологических проблем. В статье предложена технология очистки концентрата УОО методом адсорбции с использованием в качестве сорбента золы, образующейся при сжигания Кузнецкого угля. Обусловлено это тем, что зола по своему составу близка к неорганическим

катионообменникам, последние в свою очередь используются для извлечения из водных растворов катионов аммония, ионов тяжелых металлов [1]. Зола может применяться в качестве сорбционного материала и для очистки водных сред от нефтепродуктов [2].

В качестве примера возможности использования предложенной адсорбционной технологии рассматривается очистка концентрата УОО.

Лабораторно проводились исследования адсорбции модельных солевых растворов сульфат- и хлорид ионов с применением в качестве адсорбента золы образующегося при сжигании Кузнецкого угля. Концентрация сульфат- и хлорид- ионов определялась на ионном хроматографе. Также были построены изотермы адсорбции сульфат- и хлорид- ионов в статических условиях, с помощью метода переменных навесок [3]. Данная изотерма по своей форме относится к изотермам IV типа (классификация по БЭТ) [4] и характерна для адсорбции на пористом твердом теле. Процесс адсорбции заканчивается образованием на поверхности адсорбента полимолекулярного адсорбционного слоя. С помощью построенных изотерм адсорбции (рис.) из температурной зависимости рассчитаны термодинамические параметры (Δh ; ΔG) [5] адсорбции SO_4^{2-} и Cl^- на золе Кузнецкого угля.

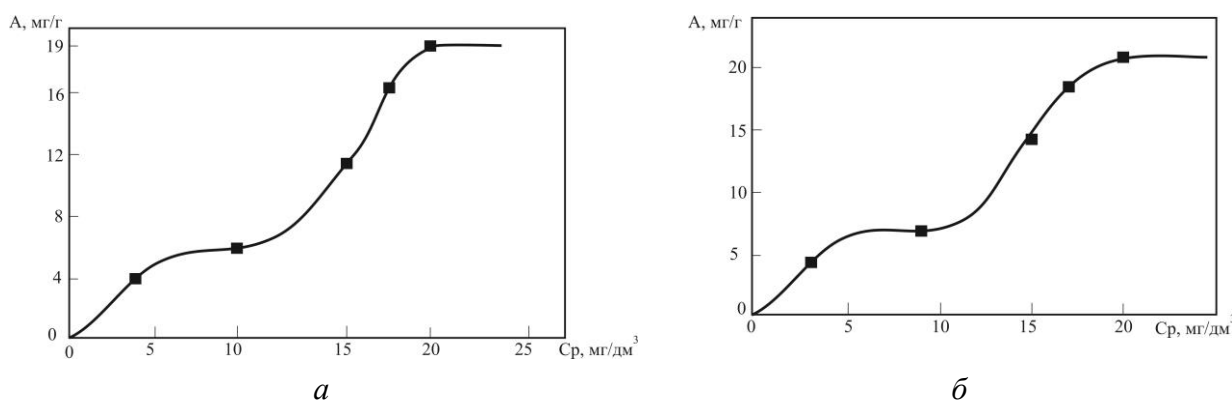


Рис. Изотермы адсорбции сульфат- (*а*) и хлорид-ионов (*б*):

A – величина адсорбции, мг/г; C_p – равновесная концентрация в модельном растворе, мг/дм³

Эффективность очистки модельного солевого раствора в статическом режиме по SO_4^{2-} – 96%, Cl^- – 98%.

Источники

1. Николаева Л.А., Аджигитова А.А. Очистка сточных вод промышленных предприятий от ионов меди золой отходов потребления // Вопросы современной науки

и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2021. № 1 (79). С. 60–68.

2. Назарова Э.С., Николаева Л.А. Очистка сточных вод от нефтепродуктов золой ТЭС // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ЕЛРПТ: матер. V Междунар. эколог. конгресса (VII Междунар. науч.-техн. конф.). Самара, Тольятти, 2015. С. 220–223.

3. Николаева Л.А., Голубчиков М.А. Адсорбционная очистка промышленных сточных вод от нефтепродуктов модифицированным карбонатным шламом: моногр. Казань: КГЭУ, 2018. 100 с.

4. Гаврилова Н.Н., Назаров В.В. Анализ пористой структуры на основе адсорбционных данных: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015. 132 с.

5. Цветков Д.С., Аксенова Т.В. Общая химия: основы химической термодинамики и кинетики : Теория и упражнения : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 120 с.

УДК 351.777

СНИЖЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

¹Фасыхов Айдар Равилевич, ²Гайнуллина Лейсан Раисовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹fara.388@mail.ru

Изменение климата – одна из важнейших проблем, стоящих перед человечеством, и вынуждающих пересматривать производственный сектор, экономический сектор, и, самое главное, использование энергетических ресурсов. Применение различных добавок, таких как летучая зола, в составе строительных материалов, изменение технологий производства строительных материалов в целом позволяет решать задачи экономии ресурсов, утилизации отходов, снижения углеродного следа производства, при этом повысить качество продукции.

Ключевые слова: углеродный след, строительство, добавки к строительным материалам.

REDUCING THE CARBON FOOTPRINT OF MATERIALS TECHNOLOGIES FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY

¹Fasykhov Aydar Ravilevich, ²Gainullina Leysan Raisovna

KSPEU, Kazan

¹fara.388@mail.ru

Climate change is one of the most important challenges facing mankind and forcing to revise the manufacturing sector, economic sector and most importantly the utilization of energy resources. The use of various additives, such as fly ash, in the composition of building materials, changing the technology of production of building materials in general can solve the problems of saving resources, waste utilization, reducing the carbon footprint of production, while improving the quality of products. footprint of production, while improving the quality of products.

Keywords: carbon footprint, construction, additives.

Применение различных добавок, в том числе отходов производств, таких как летучая зола, в составе строительных материалов, изменение технологий производства строительных материалов в целом позволяет решать задачи экономии ресурсов, утилизации отходов, снижения углеродного следа производства. Проводимые исследования в этой области направлены также на повышение качества продукции.

Цементная промышленность является крупным источником выбросов диоксида углерода (CO_2). На долю этой промышленности приходится до 5% мировых антропогенных выбросов этого газа, из которых 50% - углеродный след химических процессов и 40% - сжигания топлива [1]. Количество CO_2 , получаемого для изготовления конструкционного бетона (с использованием ~ 14% цемента), оценивается в 410 кг/м^3 (~ 180 кг/тонна при плотности $2,3 \text{ г/см}^3$) [2].

Выбросы CO_2 при производстве бетона прямо пропорциональны содержанию цемента, используемого в бетонной смеси; 900 кг CO_2 выбрасывается при изготовлении каждой тонны цемента, что составляет 88% выбросов, связанных со средней бетонной смесью. Производство цемента способствует выбросу парниковых газов как непосредственно за счет образования двуокси углерода при термическом разложении карбоната кальция с образованием извести и двуокси углерода, так и за счет использования энергии, в частности, при сжигании ископаемого топлива [3].

Для примера примем энергетический объект гидроэлектростанцию. С объемом здания $1\,000\,000 \text{ м}^3$ и плотинной $150\,000 \text{ м}^3$ (для сравнения Новочебоксарская ГЭС имеет объемы $1\,018\,000 \text{ м}^3$ и $155\,000 \text{ м}^3$ соответственно). Углеродный след, согласно методикам расчета выбросов парниковых газов, возможно рассчитать по формуле:

$$E_{\text{ц}} = (V_1 + V_2) \cdot k_1 \quad (1)$$

где $E_{ц}$ – выбросы углеродного следа тонн $CO_2/м^3$; k_1 – количество CO_2 , получаемого для изготовления конструкционного бетона ($кг/м^3$) [4]; V_1 – объем плотины, $м^3$; V_2 – объем здания, $м^3$.

Подставив данные в формулу (1) получим:

$$E_{ц1} = (150\,000 + 1\,000\,000) \cdot 410 = 471\,500 \text{ тонн } CO_2/м^3 \quad .$$

Количество CO_2 , получаемого для изготовления конструкционного бетона в настоящее время возможно снизить до $290 \text{ кг} / м^3$ с заменой 30% цемента на летучую золу [5, 6]. Подставив изученные значения получим:

$$E_{ц2} = (150\,000 + 1\,000\,000) \cdot 290 = 333\,500 \text{ тонн } CO_2/м^3.$$

Исходя из сравнения использования «чистого» цемента и добавления в конструкционные материалы примесей, сделан вывод, что углеродный след конструкционного бетона снижается значительно при замене части цемента на летучую золу, повышающую к тому же прочностные характеристики бетона.

Таким образом, одной из характерных особенностей всего комплекса бетонных работ является стремление к разработке и применению технологий, обеспечивающих необходимый температурный режим в блоках бетонирования и в целом сооружения, исключающих трещинообразование в период строительства и эксплуатации. В данном направлении при подборе и приготовлении бетона решаются задачи снижения углеродного следа, производства, утилизация отходов добавляемых примесей и повышение прочностных и технологических свойств бетона.

Источники

1. Ваулин И. Гидроэнергетика подтверждает статус безуглеродной [Электронный ресурс] // Атомный эксперт. 2020. № 1-2. URL: https://atomicexpert.com/carbonless_hydropower?ysclid=ls034x07lg122154612 (дата обращения: 30.10.2023).
2. Гидроэлектростанции России. М.: Типография Института Гидропроект, 1998. 467 с.

3. Возобновляемая энергия. Гидроэлектростанции России / М.И. Дворецкая [и др.]. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, 2018. 224 с.

4. СТБ 1544-2005. Бетоны конструкционные тяжелые. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2006. 25 с.

5. Золосодержащие бетоны и растворы [Электронные ресурсы]. URL: <https://bibliotekar.ru/spravochnik-110-stroitelnye-materialy/15.htm> (дата обращения: 19.11.2023).

6. Кривошапка И. Российская энергетика имеет низкий углеродный след [Электронный ресурс] // Энергетика и промышленность России. 2021. 13 янв. URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2021/4127444.htm?ysclid=ls03cinjke913120607> (дата обращения: 19.11.2023).

УДК 001.891.5

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ

¹Фахреев Наиль Насихович, ²Залалтдинова Эвелина Рафисовна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹fakhreevnn@mail.ru, ²zalaltdinovaer2004@gmail.com

Методика применялась для новой разработанной установки по патенту № 2754911. Лабораторные исследования проводились в аккредитованной лаборатории. Программа исследований переработана с учетом ГОСТ 31346-2007 «Установки для переработки помёта. Методы испытаний». Установка предназначена для утилизации отходов птицеводства

Ключевые слова: отходы птицеводства, лабораторные исследования, методика.

METHODOLOGY OF LABORATORY RESEARCH TO SUBSTANTIATE THE ENVIRONMENTAL AND ENERGY EFFICIENCY OF NEW ENGINEERING SOLUTIONS

¹Fakhreev Nail Nasikhovich, ²Zalaltdinova Evelina Rafisovna

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹fakhreevnn@mail.ru, ²zalaltdinovaer2004@gmail.com

The technique was used for a newly developed installation under Patent No. 2754911. Laboratory tests were carried out in an accredited laboratory. The research program has been reworked taking into account GOST 31346-2007 “Manure processing plants. Test methods”. The installation is designed for the disposal of poultry waste

Keywords: poultry waste, laboratory research, methodology.

Динамичное развитие птицеводческого сектора агропромышленного комплекса и повышающиеся с 2019 года коэффициенты за размещение отходов стимулируют предприятия к внедрению новых инженерных решений по обращению с отходами и внедрению наилучших доступных технологий.

Для обоснования применения инженерных решений по утилизации подстилочного помёта, далее сырьё, необходимо провести тщательные инструментальные исследования существующей ситуации на птицефабрике.

Для исследований разработанной и собранной автором газификационной установки на основании типовой программы составляют рабочую программу-методику, в которой указывают с учётом особенностей конкретной установки перечень определяемых показателей по каждому виду оценки, режимов, условия и место испытаний, наименования приборов и оборудования, применяемых при исследованиях [1, 2].

Для количественного химического анализа исходного сырья и продуктов газификации привлекалась аккредитованная эколого-химическая лаборатория Инжинирингового центра КГЭУ.

Анализы сырья и золы проводились на приборах и оборудовании установленных в помещениях лаборатории. Выездные измерения проводились на переносных приборах.

Все приборы, измерительное оборудование на момент измерений прошли поверку и имели соответствующую документацию.

Перед началом эксперимента и после выгрузки золы проводилась оценка влажности. Для лабораторных исследований отбирается навеска и помещается на весы, после чего производится измерение её начальной массы ($M_{нач}$) с занесением в протокол измерений. После проведения эксперимента зола высыпается, и измерение повторяется ($M_{кон}$). Затем навеска помещается в муфельную печь для определения конечной влажности и производится третье взвешивание навески ($M_{сух}$). Массы золы ($M_{зл}$) и влаги ($M_{вл}$) вычисляется по формулам:

$$M_{зл} = M_{сух} - M_{нач}; \quad (1)$$

$$M_{\text{вл}} = M_{\text{кон}} - M_{\text{сух}} \cdot \quad (2)$$

Каждое измерение масс навески и золы состоит из 1 взвешивания для каждого повтора, по результатам которых вычисляется среднее арифметическое значение массы. Абсолютная погрешность прямых измерений вычисляется по методу Стьюдента для значения доверительной вероятности 0,95 [3,4].

Проведение экспериментов требует тщательного анализа полученных результатов. В связи с этим необходимо провести математическую обработку экспериментальных данных.

Среднее значение влажности определяется по формуле:

$$\bar{\omega} = \sum(\omega_n) / n, \quad (3)$$

где ω_n – влажность в пробе; n – количество проб.

Предельное отклонение рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \pm \left(\sum (\omega_n - \bar{\omega})^2 \right) / (n - 1), \quad (4)$$

где $(\omega_n - \bar{\omega})^2$ – квадрат отклонения.

Для проведения анализов на удобрительные свойства исходного сырья и золы принимаются следующие методики:

ГОСТ 26717-85 «Метод определения общего фосфора». Метод определения фосфора состоит в спектральном анализе подготовленной пробы с дальнейшей обработкой результатов на персональном компьютере. Применяемые средства измерения: спектрофотометр. Погрешность данного метода составляет 0,2 %.

ГОСТ 20851.3-93 «Методы определения массовой доли калия». Метод основан на осаждении калия тетрафенилборатом натрия в уксуснокислой среде и последующем высушивании и взвешивании полученного осадка тетрафенилбората калия. Применяемые средства измерения: весы 4 класса точности. Погрешность метода: 0,2 %.

ГОСТ 26715-85 «Методы определения общего азота». Азот в подстильно-пометной массе определялся по Методу Кьельдаля. Для применения данного метода была собрана установка представленная на рисунке 1.



Рис. 1. Установка и процесс определения азота в помёте

Применяемые средства измерения: весы 2 класса точности, колбы Кьельдаля. Погрешность метода: 0,1 %.

Таким образом с применением данной методики была обоснована применение новой разработанной установки в условиях реального птицеводческого предприятия [1, 5]. Обоснованы конструкционные особенности, а также обоснованы характеристики работы установки при которых достигаются наилучшие показатели качества золы в качестве удобрения.

Источники

1. Установка для газификации углеродсодержащих отходов: пат. 2754911 Рос. Федерация № 2021104704; заявл. 11.11.2020; опубл. 09.09.2021, Бюл. № 25.
3. Алексеев В.П., Кузнецов А.В. Алгоритм и программа обработки массивов непрерывных данных методом планирования эксперимента // Вестник ТГПУ. Серия: Естественные и точные науки. 2005. Вып. 7 (51). С. 61–67.
4. Зиганшин Б.Г., Гайфуллин И.Х., Фахреев Н.Н. Математическое моделирование и экспериментальные исследования газификации отходов птицеводства // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 78–84.
5. Implementation of poultry waste disposal technology for energy and fertilizer production / N.N. Fakhreev [et al.] // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 411. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341101065>.

МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНОГО КЛИМАТА ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ДАННЫМ

¹Фугина Арина Константиновна, ²Будникова Иветта Константиновна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», Казань

¹fugina.arina@yandex.ru, ²ikbudnikova@yandex.ru

В статье исследуется вероятность глобального потепления в Республике Татарстан и его возможные последствия для региона. Выполнен анализ статистических данных температурного климата за сто последних лет по городу Казани, который показал устойчивый тренд на увеличение среднегодовой температуры.

Ключевые слова: глобальное потепление, климатические изменения, вероятность, температура, осадки, прогнозирование.

TEMPERATURE CLIMATE MONITORING ACCORDING TO STATISTICS

¹Fugina Arina Konstantinovna, ²Budnikova Ivetta Konstantinovna

KSPEU, Kazan

¹fugina.arina@yandex.ru, ²ikbudnikova@yandex.ru

The article examines the likelihood of global warming in the Republic of Tatarstan and its possible consequences for the region. An analysis of statistical data on the temperature climate for the last hundred years was carried out for the city of Kazan, which showed a steady trend towards an increase in average annual temperature

Keywords: global warming, climate change, probability, temperature, precipitation, forecasting.

Вопрос глобального потепления и его последствий становится все более актуальным в современном мире. Изменение климата может привести к массовым изменениям в природной среде, а также оказать негативное воздействие на экономику и социальную сферу региона.

На протяжении последних столетий средняя температура поверхности Земли постепенно увеличивалась, а интенсивность этого роста значительно ускорилась, что связывается с выбросами парниковых газов в атмосферу [1].

Особенности климата Татарстана связаны с его географическим положением. Глобальное потепление и изменение природных условий не прошли мимо этого региона [2, 3].

Изменение климата может повлиять на биоразнообразие и экосистемы региона, а также развитие сельского хозяйства и других отраслей экономики.

В статье представлены результаты исследования, выполненные по статическим данным мониторинга температуры воздуха в Казани за 100 лет с 1923 по 2022 гг. [4,5].

За каждые 10 лет вычислена средняя температура. Пример изменения среднемесячных показаний температуры воздуха за последние 10 лет представлен в таблице.

Таблица

Среднемесячные показания температуры воздуха за период с 2013 по 2022 гг.

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Средняя T , °C	-9,7	-7,3	-2,7	5,6	14,8	18,7
Месяц	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Средняя T , °C	20,8	19,9	12,4	5,2	-1,6	-6,9

Результаты обработки температурных данных за 100 лет показаны на диаграмме (рис. 1), на которой четко наблюдается тренд на рост температуры.



Рис.1. Динамика изменения температурного режима за 100 лет

Используя последние данные за октябрь 2023 г., проведен сравнительный анализ изменения температуры по дням за октябрь 1923 и 2023 гг. (рис. 2).

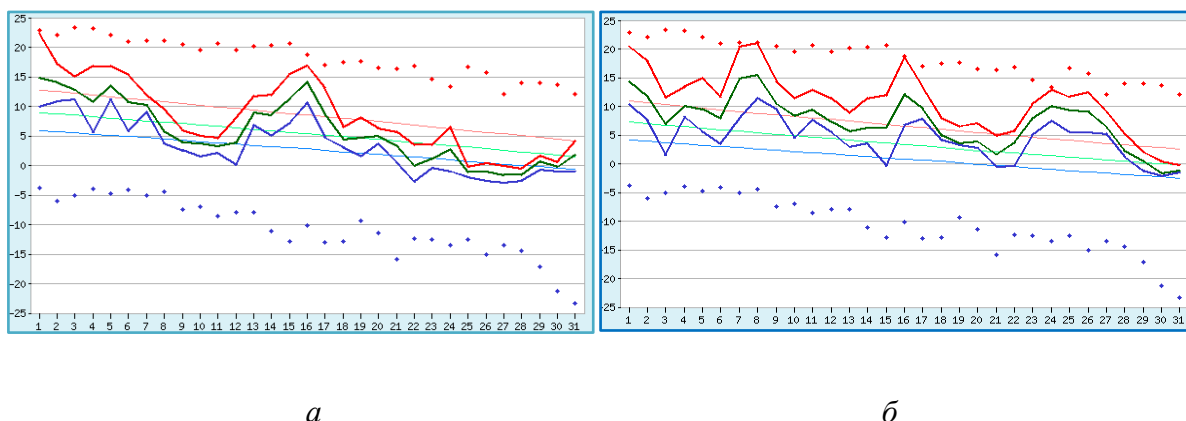


Рис 2. Графики хода температуры воздуха за октябрь 1923 г. (а) и 2023 г. (б)

Среднемесячная температуры октября 1923 г. – 3,4 °С, а в 2023 г. по – 5,8 °С. Отклонение от нормы: +0,5 °С.

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают наличие устойчивого тренда на повышение температурного климата, и как следствие этого процесса повышается вероятность прогноза глобального потепления в целом по Республике Татарстан.

Источники

1. Глобальная климатическая угроза и экономика России: в поисках особого пути [Электронный ресурс]. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Climate_Primer_RU.pdf (Дата обращения 10.11.2023).

2. Состояние климата в Татарстане [Электронный ресурс]. URL: <https://sushica.ru/sostoyanie-klimata-v-tatarstane><https://sushica.ru/sostoyanie-klimata-v-tatarstane/> (дата обращения: 10.11.2023).

3. Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г. Основные особенности климата последних десятилетий на территории Татарстана // Ученые записки КФУ. Естественные науки. 2008. № 4. С. 22–32.

4. Справочно-информационный портал «Погода и климат» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27595&month=9&year=2023> (дата обращения: 20.10.2023).

5. Будникова И.К., Приймак Е.В., Сокова А.О Статистический анализ качества обслуживания потребителей электроэнергии // Вестник Технологического университета. 2018. Т. 19, № 22. С. 106–108.

СОДЕРЖАНИЕ

Направление 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Ahmed Ibrahim Jaber, Hiba Sami Jurmut, Amir Hooshang Mazinan.</i> Study of the losses of the three phase voltage source inverter	3
<i>Богданова А.Н.</i> Обеспечение безопасности труда при переменных погодных условиях на комбинированной энергоустановке ветряных электростанций и солнечных фотоэлектрических установок	6
<i>Гильманишин И.Р., Агафонов А.А., Галеева А.И., Култан И.Б.</i> Новые классы потребителей: особенности исследования и моделирования	9
<i>Мадышев И.Н., Дмитриева О.С., Маясова А.О.</i> Охлаждение циркуляционной воды в оребренном трубчатом радиаторе гибридной градирни	13
<i>Мытников А.В., Стругов В.В.</i> Методика обнаружения частичных разрядов на основе анализа коммутационных импульсов	15
<i>Сафаров И.И.</i> Мировой опыт применения водородных топливных элементов на автотранспорте	19
<i>Филиппова Ф.М.</i> Эффективность внедрения автоматизированных систем мониторинга качества воздуха на химических предприятиях	23

Направление 2. ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

<i>Alhajj Hassan Fouad, Gainullina Leysan Raisovna, Merle Maria Klemens.</i> Optimizing battery performance in off-grid hybrid renewable energy systems: challenges and strategies	26
<i>Almohammed Omar Abdulhadi Mustafa, Alhajj Hassan Fouad.</i> Increment of energy bleeding from solar collector using the heat pump	31
<i>Azimova D.A., Salikhanova D.S.</i> Treatment of industrial wastewater with activated samples based on defecate and bentonite	36

<i>Nedim Özdemir, Asiya Galeeva, Ahmet Demirak, Cengiz Koç, Iskander Gilmanshin. Assessment of Muğla province fresh water resources in term of water quality (Muğla-Turkey)</i>	39
<i>Аймурзаева Л.Г., Айтбаева Х.Б., Жумаева Д.Ж. Исследование адсорбционной характеристики коагулянта-адсорбента</i>	42
<i>Апкин Р.Н., Гайнуллина Л.Р. Исследование уровня радона в воздухе помещений КГЭУ</i>	47
<i>Зверева Э.Р., Макеева Е.Н., Морозова О.Ю. Экологические аспекты сжигания мазута и печного бытового топлива.....</i>	50
<i>Мунирова Э.Д., Будникова И.К. Применение распределения Пуассона в моделировании аварийных выбросов вредных веществ.....</i>	52
<i>Николаева Л.А., Аджигитова А.А. Использование золы пищевых отходов в качестве сорбента при очистке сточных вод от катионов меди</i>	55
<i>Николаева Л.А., Зайнуллина Э.Р. Адсорбция сульфат- и хлорид-ионов золошлаковыми отходами на примере обратноосмотического концентрата.....</i>	60
<i>Фасыхов А.Р., Гайнуллина Л.Р. Снижение углеродного следа технологий производства материалов для строительной отрасли</i>	62
<i>Фахреев Н.Н., Залалтдинова Э.Р. Методика проведения лабораторных исследований для обоснования экологической и энергетической эффективности новых инженерных решений</i>	65
<i>Фугина А.К., Будникова И.К. Мониторинг температурного климата по статистическим данным</i>	69

Научное издание

СОДРУЖЕСТВО НАУЧНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ:
ЭНЕРГЕТИКА, ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ

I Международная научно-практическая конференция
(Казань, 29 и 30 ноября 2023 г.)

Электронный сборник материалов конференции

Подписано в печать .
Формат 60×84/16. Усл. печ. л.4,69. Уч.-изд. л.76.
Заказ № /эл.

Центр публикационной активности КГЭУ.
420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

К Г Э У

ISBN 978-5-89873-657-6



9 785898 736576