

JUL E 2023 | ISSUE #7

INTERNATIONAL JOURNAL OF PROFESSIONAL SCIENCE

.....

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL



SCIPRO.RU
ISSN 2542-1085

MOLECULAR & CELL BIOLOGY
APPLIED FINANCIAL MATHEMATICS
• HUMAN-COMPUTER INTERACTION 5

UDC 001
LBC 72

International Journal Of Professional Science: international scientific journal, Nizhny Novgorod, Russia: Scientific public organization “Professional science”, №7-2023. 114 p.

ISSN 2542-1085

International journal of Professional Science is the research and practice edition which includes the scientific articles of students, graduate students, postdoctoral students, doctoral candidates, research scientists of Russia, the countries of FSU, Europe and beyond, reflecting the processes and the changes occurring in the structure of present knowledge.

It is destined for teachers, graduate students, students and people who are interested in contemporary science.

All articles included in the collection have been peer-reviewed and published in the form in which they were presented by the authors. The authors are responsible for the content of their articles.

The information about the published articles is provided into the system of the Russian science citation index – RSCI under contract № 2819-10/2015K from 14.10.2015

The electronic version is freely available on the website <http://scipro.ru/ijps.html>

UDC 001

LBC 72



Editorial team

Chief Editor – Krasnova Natalya, PhD, assistant professor of accounting and auditing the Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction. (mail@nkrasnova.ru)

Zhanar Zhanpeisova — Kazakhstan, PhD

Khalmatova Barno Turdyhodzhaeva — Uzbekistan, MD, Professor, Head of the Tashkent Medical Academy

Tursunov Dilmurat Abdullazhanovich — Kyrgyzstan, PhD, Osh State University

Ekaterina Petkova, Ph.D Medical University — Plovdiv

Stoyan Papanov PhD, Department of Pharmacognosy and pharmaceutical chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University — Plovdiv

Materials printed from the originals filed with the organizing committee responsible for the accuracy of the information are the authors of articles

Editors N.A. Krasnova, 2023

Article writers, 2023

Scientific public organization
“Professional science”, 2023

Table of contents

APPLIED PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY	5
Azarenok L.E. The use of multimedia and digital technologies in teaching english at school.....	5
Zak A. Formation of reflection and critical thinking in elementary school	12
CLINICAL MEDICINE	23
Musrepov N.Zh., Khabieva T.Kh., Zhangelova Sh.B., Kapsultanova D.A. Heart surgery for adults in Almaty city cardiac center.....	23
ECONOMY, ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF ENTERPRISES, INDUSTRIES, COMPLEXES	34
Batkovsky A.M., Batkovsky M.A., Kravchuk P.V., Khrustalev E.Yu. Economic assessments of the use of dual-use technologies in the process of diversification of production.....	34
PROFESSIONAL SCIENCE MANAGEMENT	41
Isakov A.P., Lipatov M.S. Innovations in thermal insulation materials	41
STEM (science, technology, engineering, mathematics) education	49
Vitiugova I. Calibration of gas sensor data classification models	49
TECHNOLOGY, ENGINEERING	59
Kiselev A.A., Lipatov M.S. Methods of damage control and diagnostics in heat and mechanical equipment	59
Kozlov V.V., Lipatov M.S. Use of solar panels in an urban environment.....	67
Shiryaev A.D. Improving the efficiency of heat supply systems: problems and solutions	75
Shiryaev A.D. Investigation and prevention of corrosion of pipelines in heat supply systems	83
Shiryaev A.D. Seasonal energy storage: analysis and prospects	90
ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT	98
Casanova V.I., Rapoport I.V. Results of environmental impact assessment of recultivated landfill in Gornostay, Primorsky Krai	98
Ermoshkina E.A., Rapoport I.V. Waste from the hydrogen production plant	107

APPLIED PEDAGOGY AND PSYCHOLOGY

UDC 37

Azarenok L.E. The use of multimedia and digital technologies in teaching english at school

Использование мультимедийных и цифровых технологий при обучении английскому языку в школе

Azarenok Leonid Evgenievich,

bachelor, Leningrad State University. A.S. Pushkin, Faculty of Natural Science,
Geography and Tourism

Азаренок Леонид Евгеньевич,

бакалавр, Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, Факультет
естествознания, географии и туризма

Abstract. At present, it is almost impossible to imagine the educational process without the active use of multimedia, as well as information and communication technologies (ICT) and multimedia, since they have a high linguodidactic potential, are characterized by a multidimensional use and multifunctionality of application. They have become an integral attribute of the process of mastering foreign language competencies, providing new opportunities for both teachers to organize and diversify the educational process, testing knowledge, and students, making self-education more accessible and interesting. In connection with the foregoing, the author of this article made an attempt at scientific analysis and critical reflection on the problem of using multimedia and digital technologies in teaching English at school.

Keywords: development of education, teaching English, innovations in education, use of multimedia tools, development of foreign language competencies.

Аннотация. В настоящее время практически невозможно представить учебный процесс без активного использования мультимедийных, а так же информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и мультимедиа, поскольку они имеют высокий лингводидактический потенциал, характеризуются многоаспектностью использования и многофункциональностью применения. Они стали неотъемлемым атрибутом процесса овладения иноязычными компетенциями, дающими новые возможности как учителям для организации и разнообразия учебного процесса, проверки знаний, так и обучающимся, делая самообразование более доступным и интересным. В связи с вышеизложенным, автором настоящей статьи, была предпринята попытка научного анализа и критического осмысления проблемы использования мультимедийных и цифровых технологий при обучении английскому языку в школе.

Ключевые слова: развитие образования, обучение английскому языку, инновации в образовании, использование мультимедиа средств, развитие иноязычных компетенций.

Рецензент: Кулаченко Марина Петровна - кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры психологии и педагогики. ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева»

Мультимедиа - это интерактивные системы, обеспечивающие работу с неподвижными изображениями и движущимся видео, анимированной компьютерной графикой и текстом, речью и высококачественным звуком. Сам термин возник в 80-е г.г. XX ст. с активным развитием компьютеров в мире. Возможность объединения видео, звука, текста, анимации выводит информационную среду на качественно новый уровень. [7, с. 76]

Мультимедиа можно поделить на *аппаратные и программные, линейные и нелинейные*.

К аппаратным мультимедиа относятся все технологические составляющие: видеоредакторы, мониторы, дисководы, накопители на жёстких дисках, звуковые карты, CD-ROM и звуковые колонки. [4, с. 75]

Программные мультимедиа, в свою очередь, можно разделить на системные, инструментальные и прикладные. Основные виды программных мультимедиа представлены в таблице 1.

Примером линейных мультимедиа может служить кино \видео. Такие виды мультимедиа не предполагают никакого участия и изменения со стороны пользователя (хотя с развитием программных мультимедиа и в них возможны изменения). Нелинейный способ представления информации позволяет человеку участвовать в выводе информации, взаимодействуя каким-либо образом со средством отображения мультимедийных данных. [6, с. 47]

Таблица 1

Программные мультимедиа средства, используемые при обучении английскому языку

Программные мультимедиа		
Системные	Инструментальные	Прикладные
это программное обеспечение, входящее в операционную систему ПК и управляющее устройствами мультимедиа. Например, драйверы, кодеки, контроллеры, адаптеры.	это программы, позволяющие создавать мультимедийные приложения и модифицировать их. Например, системы распознавания текста и голоса, средства создания презентаций,	это готовые разработанные информационные продукты. Например, обучающие игры, онлайн-курсы, интерактивные энциклопедии, виртуальные музеи.

Такой способ взаимодействия человека и компьютера наиболее полным образом представлен в категориях компьютерных игр, онлайн-тренажеров. Нелинейный способ представления мультимедийных данных иногда называется «гипермедиа». Мультимедиа

представляют пользователю потрясающие возможности в создании фантастического мира (виртуальной реальности), интерактивного общения с этим миром, когда пользователь выступает не в роли стороннего пассивного созерцателя, а принимает активное участие в разворачивающихся там событиях. Такое общение происходит на привычном для пользователя языке, в первую очередь на языке звуковых и видеообразов. [3, с. 228]

С точки зрения применения мультимедийных технологий для формирования межкультурной компетенции у обучающихся старших классов обосновать методически применение какого-то одного типа мультимедиа не представляется возможным, поскольку каждый из них используется в зависимости от задачи, которая выполняется. Аппаратные мультимедиа дают возможность применять программные средства. Однако среди программных средств мы, прежде всего, обращаемся к инструментальным программным средствам, поскольку они позволяют сделать процесс максимально индивидуально-ориентированным и направленным на достижение конкретной цели. При этом при формировании межкультурной компетенции обучающиеся имеют дело как с линейными, так и нелинейными (интерактивными) технологиями. Линейные мультимедиа позволяют развивать рецептивные навыки у обучающихся, прежде всего аудирования. Нелинейные мультимедиа, в свою очередь, часто используются для создания заданий на отработку лексического и грамматического материала из линейных мультимедиа (видео, презентации) с использованием инструментальных программных средств.

Настоящим прорывом в использовании мультимедиа в образовании стало изобретение и массовое распространение Интернета. Именно Интернет предоставил огромное количество возможностей не только для организации самостоятельного и дистанционного обучения, но и для творчества преподавателей, создания «открытых» разработок, которые можно менять и подстраивать под конкретный курс и индивидуальные потребности обучающихся.

Именно поэтому на современном этапе обучения иностранным языкам, когда используются новейшие Интернет-технологии, возникает необходимость в разработке новых методик на основе Интернет-ресурсов, направленных на решение следующих дидактических задач: [1, с. 153]

- формировать навыки и умения чтения, непосредственно используя материалы Сети разной степени сложности;

- совершенствовать умение монологического и диалогического высказывания на основе проблемного обсуждения материалов Сети, представленных преподавателем или кем-то из обучающихся;
- пополнять свой словарный запас - как активный, так и пассивный специализированной лексикой;
- отрабатывать различные языковые аспекты как самостоятельно, так и с преподавателем в классе;
- обеспечить возможность быстрого обновления упражнений и заданий под разные способности обучающихся;
- знакомить обучающихся с культуроведческими знаниями, включающими в себя речевой этикет, особенности речевого поведения различных народов в условиях общения, особенности культуры, традиций страны изучаемого языка. Таким образом, умение использовать сеть Интернет при изучении иностранного языка позволяет решать целый ряд дидактических задач на занятиях, активизируя у обучаемых все три канала восприятия: слуховой, визуальный и кинестетический.

Рассмотрим более подробно используемые нами сайты и платформы для подготовки и организации учебного процесса, направленного на формирование межкультурной компетенции. Они также дают возможность поддерживать и улучшать дистанционный учебный процесс онлайн, делая его не менее эффективным, чем обучение офлайн. В таблице 2 представлены используемые программы и Интернет-ресурсы для организации учебного процесса с целью формирования межкультурной компетенции у старшеклассников. [5, с. 112]

Таблица 2

Программы и Интернет-ресурсы для организации учебного процесса с целью формирования межкультурной компетенции у старшеклассников.

Цель использования	Программы и Интернет-ресурсы
Для проведения онлайн-уроков	ZOOM, Microsoft Teams
Для организации совместной работы с обучающимися	интерактивные доски Miro и Padlet
Для подбора аутентичного материала	видеохостинг YouTube, TEDed, блоги, информацию с официальных страниц различных организаций в сети Интернет.
Для создания интерактивных - упражнений на снятия лексических, фонетических и грамматических трудностей, - игр и викторин для проверки усвоенного материала.	learningApps.org, quizlet.com, quizzes.com, freecollocation.com, wordwall.com, jeopardylabs.com, создание гипер-ссылок на онлайн-словарь dictionary.cambridge.org, adeptly.ai

Отдельное место в ряду медиа занимают цифровые технологии. Использование смартфонов в образовательном процессе выводит современный урок на новый уровень. Они обеспечивают 100% вовлеченность обучающихся на этапе изучения или повторения новой лексики с использованием Quizlet Live, когда при помощи QR-кода или ссылки, обучающиеся подключались к необходимому модулю для одновременной работы с ним в команде или индивидуально. При этом прогресс каждого из них учитель мог отследить на экране, а каждый обучающийся после выполнения упражнения мог видеть успешность выполнения задания в процентах. Немаловажным фактом является возможность улучшения своего результата, поскольку количество попыток выполнения такого задания не ограничена.

На стыке дидактических и технических средств обучения возникла одна из современных педагогических технологий - эдьютейнмент (от соединения английских слов едсайоп - «образование» и <<entertainment>> - развлечение). Н.А. Кобзева дает такое определение: «Эдьютейнмент - это технология обучения, рассматриваемая как совокупность современных технических и дидактических средств обучения, которая основана на концепции обучения через развлечение, смысл которой заключается в том, что знания должны передаваться в понятной, простой и интересной форме, а также в комфортных условиях». [8, с. 249]

Специфичность данной технологии обучения обуславливается наличием следующих признаков:

1. Акцент на увлечение: важным является непосредственный интерес обучающегося, который приводит к развитию новых навыков и накоплению знаний.
2. Акцент на развлечение: именно развлечение выступает основным мотивом, который приводит к удовольствию, одновременно формируя стойкий интерес к процессу обучения, снимает психологическую нагрузку от процесса образования.
3. Игровой подход: благодаря универсальности игры происходит эффективный процесс обучения вне зависимости от возраста.
4. Акцент на современность: при использовании актуальных возможностей современных технологий, таких как видео- и аудиоматериалы, дидактические игры, образовательные программы в мультимедийном формате и многие другие средства, достигается максимальная вовлеченность обучающихся в образовательный процесс.

Следовательно, эдьютейнмент - особый тип обучения, который основывается на развлечении и формировании первичного интереса к предмету с получением удовольствия от процесса обучения и стойким интересом к процессу обучения.

Использование мультимедиа и ресурсов Интернет при обучении ИЯ играет важную роль, поскольку они выводят преподавание на новый уровень и обладают рядом *преимуществ*: [2, с. 45]

1. Звук и визуальный контент объединены, что позволяет учитывать потребности и аудиалов, и визуалов. При использовании устройств с touchscreen задействуется и кинестетический канал получения информации, что значительно повышает качество запоминания материала.

2. Возможность создания интерактивных упражнений с самопроверкой, а также варьировать уровень сложности для обучающихся с разным уровнем подготовленности.

3. Тексты, выбранные из сети Интернет, позволяют создавать более современное содержание, а также быстрее его обновлять.

4. Использование уже готовых материалов из сети Интернет позволяет мгновенно реагировать на запросы обучающихся и отработать проблемные аспекты глубже.

5. В сложившихся реалиях современного мира (ограничения, связанные с пандемией, а также из-за экономической и политической ситуации, складывающейся в мире) использование аутентичных аудио-, видео- и текстовых материалов позволяет поддерживать связь с англоязычным контентом без путешествий. Многие музеи, галереи, заповедники и т.п. создали виртуальные экскурсии, которые сделали возможным доступ к всемирно известным достопримечательностям. Онлайн-кинотеатры открыли бесплатный доступ к фильмам. Такие просмотры фильмов и экскурсии на английском языке связывают изучение английского языка с реальностью, значительно повышают мотивацию обучающихся.

6. Позволяет вести более четкий контроль над выполнением тестов и обработку их результатов, а также не ограничивает количество самостоятельных попыток для улучшения результата и более прочного усвоения материала.

Исходя из всего вышесказанного, можно утверждать, что использование мультимедийных технологий и ИКТ в обучающем процессе может значительно влиять на совершенствование всех видов речевой деятельности, способствовать развитию языкового компонента межкультурной компетенции, что уже на уровне старших классов и дать возможность обучающимся подготовиться к общению на иностранном языке с представителями разных стран и быть готовыми использовать его в будущем.

References

1. Кочконбаева, С. И. Использование мультимедийной технологии на уроках английского языка / С. И. Кочконбаева, Ч. А. Тыныбекова, С. М. Капарова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – № 1-1(64). – С. 149-156.
2. Кочконбаева, С. И. Педагогические условия использования мультимедийных технологий в условиях дистанционного обучения по дисциплине "Английский язык" / С. И. Кочконбаева, Ч. А. Тыныбекова, Т. М. Сыдыкова // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 2. – С. 40-49.
3. Кошелева, Н. Н. Использование мультимедиа технологий при обучении английскому языку в школе / Н. Н. Кошелева // Омск: Омский автобронетанковый инженерный институт, 2022. – С. 224-231.
4. Курбаниязова, С. А. Использование современных мультимедийных технологий в процессе обучения английскому языку / С. А. Курбаниязова // Теория и практика современной науки. – 2021. – № 10(76). – С. 72-78.
5. Маркова, Е. Г. Использование мультимедийных технологий на уроках английского языка в условиях дистанционного образования / Е. Г. Маркова // Вестник Академии гражданской авиации. – 2021. – № 1(20). – С. 109-116.
6. Муфтахова, А. И. Специфика использования мультимедийных технологий в ходе обучения учащихся английскому языку / А. И. Муфтахова, Д. Р. Низамеева // Студенческий. – 2021. – № 39-2(167). – С. 43-49.
7. Реджепова, Н. В. Методы использования мультимедийных и цифровых ресурсов в обучении иностранному / Н. В. Реджепова, Б. Б. Меретдурдыева // Интернаука. – 2021. – № 7-1(183). – С. 71-79.
8. Сафин, И. М. Использование мультимедийных технологий на уроках английского языка как способ повышения эффективности обучения / И. М. Сафин // Нижний Новгород: "Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина", 2020. – С. 245-253.

UDC 37

Zak A. Formation of reflection and critical thinking in elementary school

Zak Anatoly

Leading Researcher, Psychological Institute of the Russian Academy of Education,
Moscow, Russia

Abstract. *The purpose of the study is to characterize the relationship between critical thinking and reflection. Hypothesis - the formation of reflection during the development of the basic educational program (BEP) of elementary school and in extracurricular activities under the program "Intellectika Plus" contribute more to the development of critical thinking than the development of only BEP. The study involved 111 third-graders (62 - the control group, 49 - the experimental group, which was engaged in the "Intelligence Plus" program in 18 classes from January to May). The initial and final diagnostics with students of both groups was carried out according to two author's methods - "Exchanges" and "Conclusions": the first is intended to determine the type of reflection (internal, external), the second - to determine the level of critical thinking (content, formal). Final diagnosis data: in the control group of children with internal reflection 19.4%, in the experimental group - 38.8%, with a meaningful level of critical thinking, respectively: 29.0% and 48.9% (the difference between both pairs of indicators is statistically significant at $p < 0.05$). The study showed that the formation of reflection significantly contributes to the development of critical thinking.*

Keywords: *formation, reflection, critical thinking, third-graders, program "Intellectika", tasks of non-educational content.*

Рецензент: Кулаченко Марина Петровна - кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры психологии и педагогики. ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева»

1. Introduction

The new Federal State Educational Standard of Primary General Education [8] formulates the requirements for modern education in elementary school. According to these requirements, training in the basic educational program (BEP) should ensure the achievement of meta-subject educational results. In this case, children will have the opportunity to critically evaluate a variety of information and make informed judgments.

Of particular importance for the creation of such opportunities is the development by children of cognitive universal actions, in particular, the logical actions of constructing reasoning. These actions, according to the ideas of a number researchers, are a fundamental characteristic of critical thinking [10], [9], [7], [6]. At the same time, scientists believe that critical thinking is associated with reflection.

Considering the features of critical thinking and reflection, it is important to note the following.

First, relying on the provisions of dialectical logic about rational and rational cognition, we accepted that critical thinking as a cognitive process associated with the substantiation of statements that characterize, in particular, the solution of a problem, can be based on essential relations in its content and on non-essential ones. In the first case, critical thinking is connected, therefore, with the substantiation of statements on the basis of a meaningful analysis of the conditions of the problem, in the second case, on the basis of their formal analysis.

Secondly, based on the works of V.V. Davydov [1] and his collaborators [2], [5] reflection as a cognitive process aimed at analyzing a person's own actions when solving problems can be associated with the necessary characteristics of the conditions for performing actions and with random characteristics. In the first case, reflection will be internal, in the second - external.

2.Materials and methods.

2.1. Brief summary of the study

The purpose of the study is to characterize the connection between the formation of reflection (as the development of internal reflection by children) and the development of critical thinking (as the transition from its formal level to the content one). The study involved 111 third-graders (62 - the control group, 49 - the experimental group, which was engaged in the "Intellectika Plus" program in 18 classes from January to May.

It should be noted that the program "Intellectika plus" is a modification of the program "Intellectika" for grade 3 [3, 4].

The noted modification of the program " Intellectika " is associated with the inclusion of tasks in the lesson material, in solving which the child needs to change the activity position (i.e., the position of the person solving the problem) to the reflexive position (i.e., the position of the person checking the solution of the problem).

The research hypothesis is that the formation of internal reflection in the classes under the program "Intellectika Plus" contributes to the development of critical thinking as a transition from its formal level to the content one.

The study included three stages. Stage 1 (January): students of both groups solve diagnostic tasks to determine the type of reflection and the level of formation of critical thinking. Stage 2 (January - May): the experimental group masters the "Intellectika Plus" program in 18 extracurricular activities. Stage 3 (May): re-diagnosis of reflection and critical thinking.

2.2. Features of the “Intellectika Plus” program

It is important to note the originality of the problematic material of the program "Intellectika Plus" and features of group classes.

The program is based on the material of search tasks of non-educational content of four types: plot-logical, comparative, spatial-combinatorial, route. In each genus contains six types of tasks. Problems of each type are proposed to be solved in several structural variants: a problem with a complete condition and a question (“find an answer”), with an incomplete condition and a question (“find a part of the condition”), with a complete condition and without a question (“find a question”).

The “Intellectika Plus” program is designed for 18 classes. At each lesson, one of 18 types of problems of non-educational content was solved: 6 types of logical problems (for the formation of actions related to reasoning), 6 types of spatial problems (for the formation of actions necessary to combine judgments in the process of deploying critical thinking), 6 types of route problems associated with the movement of imaginary characters around the playing field based on the proposed rules (for the formation of actions for planning a sequence of judgments, substantiation or refutation as forms of critical thinking). Within each lesson, students were asked to solve only one type of problem.

2.3. Problems of a logical nature

The six types of logical problems have a number of characteristic features.

No. 1, for example: “Gena, Oleg and Dima ran across the field. Gena ran slower than Oleg. Oleg ran slower than Dima. Which boy ran the slowest?”

No. 2, for example: “The names Misha, Masha and Pasha were written in red, yellow and black pencils. The red and black names have the same 1st letter, while the black and yellow names have the same 2nd letter. Whose name was written in yellow pencil?”

No. 3, for example: “Egor and Vasya differed in age. When many years pass, Yegor will be several years older than Vasya is now. Which of the guys is younger?”

No. 4, for example: “Fedya, Alik and Tolya sent telegrams: two to St. Petersburg, one to Samara. Fedya and Alik, Alik and Tolya sent telegrams to different cities. To which city did Fedya send the telegram?”

No. 5, for example: “Three geometric shapes were drawn with pink, purple and brown paint: a square, an oval, a rhombus. The pink shape is drawn on the forest side of purple, and the brown shape is drawn on the right side of purple. What color is the oval drawn in?”

No. 6, for example: “Dasha and Nina played cubes with letters on them. The first to play was Dasha, who folded the BAG, and then rearranged the cubes and it turned out GAB. Nina

folded the MAP, and then rearranged the cubes following Dasha's example. What happened to Nina?"

2.4. Spatial issues

Six types of spatial problems have this content.

Type 1, for example: "What is possible to change the order of numbers | 4 |
 | 8 | using two actions to become such an order | 8 | 4 | | ?"

Rule: one action is to move some number to an unoccupied place.

Answer: (1) | 4 | | 8 | --- | | 4 | 8 | (2) | | 4 | 8 | --- | 8 | 4 | |.

Type 2, for example: "What is possible to change the order of numbers |
 5 | 5 | 7 | | with the help of two actions to become such an order of letters | G
 | K | | K | ?"

Rule: 1) one action is to move some number to an unoccupied place; 2) you need identical numbers to be in the same places where there are identical letters.

Answer: | 5 | 5 | 7 | | --- | | 5 | 7 | 5 | --- | 7 | 5 | | 5 |.

Type 3, for example: "What is possible to change the order of numbers | 8 |
 | 4 | | 2 | using two actions to become such an order | | 8 | 4 | 2 | | ?"

Rule: one action is to move some number to an unoccupied place.

Answer: (1). | 8 | | 4 | | 2 | --- | 8 | | 4 | | 2 | | (2). | | 8 | 4 | | 2 | | --- | | 8 | 4
 | 2 | |.

Type 4, for example: "What is possible to change the order of numbers | 2 |
 2 | | 4 | | with the help of two actions to become such an order of letters | | |
 C | D | | C | ?"

Rule: 1) one action is to move some number to an unoccupied place; 2) you need identical numbers to be in the same places where there are identical letters.

Answer: | 2 | 2 | | 4 | | --- | | 2 | | 4 | 2 | --- | | | 2 | 4 | 2 |.

Type 5, for example: "What is the possibility of changing the order of the numbers: 9 2
 5 using two actions to become the order 5 9 2?"

Rule: for one action, a simultaneous permutation of any two digits is taken.

Answer: 9 2 5 --- 5 2 9 --- 5 9 2.

Type 6, for example: "What is the possibility of changing the order of the numbers 7 7
 5 3 with the help of two actions so that the letters become I K M M ?"

Answer: 7 7 5 3 --- 3 7 5 7 --- 3 5 7 7.

2.5. Route problems

Six types of problems that involve movements of fictional game participants on the playing field based on conditional rules are characterized by the following content.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Fig. Field for the game.

Type 1, for example: "What 2 steps did the ant take from 11 to 18?"

Rules: 1) "Ant", - the first invented participant in the game "Moving by the rules", - moves by numbers; 2) the characteristics of his movements: (a) he walks straight, i.e. to the neighboring number vertically (for example: from the number 13 to the number 8 or 18) or horizontally (for example: from 13 to 14 or 12); b) walks obliquely, i.e. diagonally (for example, from 13 to 7, or 9, or 19, or 17); 3) the ant cannot take two identical steps (two straight steps or two oblique steps) in a row.

Solution: 11 - 12 - 18.

Type 2, for example: "What two jumps did the grasshopper make to get from 11 to 5?"

Rules: 1) "Grasshopper", - the second invented participant in the game, - moves through the numbers; 2) characteristics of his movements: (a) he jumps straight, i.e. over a number vertically (for example: from 13 to 3 or to 23) or horizontally (for example: from 13 to 11 or 15); b) jumps obliquely, i.e. diagonally, for example: from 13 to 5 or 1, or 21, or 25; 3) a grasshopper cannot make two identical jumps (two straight or two oblique) in a row.

Solution: 11 - 13 - 5.

Type 3, for example: "What two moves must an ant and a grasshopper make to get from 7 to 20?"

Rules: 1) the ant and the grasshopper move in turn, 2) the ant only steps straight, 3) the grasshopper only jumps obliquely - for example: ant: 12 - 7, grasshopper: 7 - 19, ant: 19 - 18, grasshopper: 18 - 10.

Solution: 7 - 8 - 20.

Type 4, for example: "What two moves must an ant and a grasshopper make to get from 8 to 19?"

Rules: 1) the ant and the grasshopper move in turn, 2) the ant steps only obliquely, 3) the grasshopper only jumps straight, for example: ant: 8 - 14, grasshopper: 14 - 4 ant: 4 - 10, grasshopper: 10 - 20.

Solution: 8-7-19.

Type 5, for example: "What three moves must an ant and a grasshopper make to get from 20 to 3?"

Rules: 1) the ant and the grasshopper move in turn, 2) the ant steps straight or obliquely, 3) the grasshopper jumps straight or obliquely, for example: ant: 7 - 12, grasshopper: 12 - 14, ant: 14 - 18.

Solution: 20-19-7-3.

Type 6, for example: "What are the three moves that a grasshopper and an ant must make to get from 2 to 25?"

Rules: 1) the grasshopper and the ant take turns walking, 2) the grasshopper jumps straight or obliquely, 3) the ant steps straight or obliquely, for example: grasshopper: 17 - 9, ant: 9 - 10, grasshopper: 10 - 20.

Solution: 2-12-13-25.

2.6. Features of classes under the program "Intellectika Plus"

Each lesson in the program consists of three parts. In the first part, the teacher, together with the students, analyzes the solution of the sample problem, i.e. tasks typical of the type that is mastered in this lesson. Such a discussion is necessary so that children understand what needs to be found in problems of this type and how this can be done. Children are given the means of analyzing problems and ways to manage the search for a solution and control their actions (this contributes to the development of internal reflection of actions to solve a problem).

In the second part, children independently solve 12-15 tasks of this type. Here, favorable conditions are created for the use of tools for analyzing the conditions of the problem and methods for finding a solution presented in the first part.

In the third part, the teacher and students check the solved problems. Wrong decisions and their reasons are analyzed, which is useful for all children, both for those who made a mistake and for those who decided correctly: the methods of analyzing conditions and analyzing problem solving are once again explained to children. This creates favorable conditions for children to master cognitive actions of various kinds and internal reflection of actions to solve problems.

2.7. Diagnostics of reflection and critical thinking

Before and after 18 sessions with children from both groups, a group diagnostic session was conducted on the material of two tasks: "Exchanges" and "Conclusions."

2.7.1. Task "Exchanges"

This task is intended to determine the type of reflection in solving problems. The construction of this task was based on the above-mentioned provisions on two types of reflection. In accordance with these provisions, we have developed a two-part experimental situation [2].

In its first part, it was proposed to solve three problems of two classes (the first and third problems were constructed and solved on the basis of one principle, the second problem - on the basis of another principle). In the second part, with the correct solution of all problems, it was proposed to group them.

If the grouping was based on random characteristics of the conditions of action in solving problems, then it was assumed that in this case external reflection was carried out. If their necessary characteristics (a single principle of their construction and solution) were taken as the basis of the grouping, then this testified to the implementation of internal reflection.

The task "Exchanges" includes tasks in which it is required, according to certain rules, to change places of letters.

Explaining the characteristics of the tasks of the "Exchanges" task, the teacher said: "Let's consider a task in two actions, where you need to convert the arrangement of letters P L B in two actions to the arrangement B P L. One action is the exchange of places of any two letters."

After discussing with the children possible approaches to getting an answer, the teacher writes down the solution to this problem on the board: 1) B L P, 2) B L P and explains: "The letters P and B are reversed with the first action, the letters L and P with the second action."

After the teacher's explanations, it is proposed to solve two training and three main tasks in two actions.

Training tasks

1. D V F --- V F D
2. R N K --- K R N

Main goals

- 1) W G L M --- G W M L
- 2) R S P H --- P C R S
- 3) W T F B --- T W B F

* * *

Next, you had to choose one of five opinions about these tasks:

- 1) all the main tasks are similar;
- 2) all the main tasks are different;
- 3) the main tasks 1 and 2 are similar, but the 3rd differs from them;
- 4) the main tasks of the 1st and 3rd are similar, and the 2nd differs from them;
- 5) the main tasks 2 and 3 are similar, but the 1st is different from them.

Then it was required to briefly explain the reasons for the choice.

2.7.2. Task "Conclusions"

The task "Conclusions" is intended to determine the level of formation of critical thinking. The task includes logical tasks constructed in different ways.

In some tasks, the question "Who ...?" The correct answer is the name of one of the characters in the story. For example: "Alik, Borya and Vova solved examples: someone for addition, someone for subtraction, someone for multiplication. Alik solved addition problems. Borya didn't solve multiplication problems. Who solved the examples for subtraction?" Answer: Borya.

In other problems, the correct answer is a statement characterizing the absence of a solution. For example: "Alik, Borya and Vova solved examples: someone for addition, someone for subtraction, someone for multiplication. Alik did not solve addition problems. Borya didn't solve multiplication problems. Who solved the examples for subtraction?" Answer: the problem has no solution.

In each problem, you need to choose an answer from several proposed ones, among which there are correct and incorrect ones. The "Conclusions" task included 8 tasks, in half of which the correct answer is "the task has no solution". If the student solved correctly all the tasks of the "Conclusions" task, then this testified to the formation (in relation to these tasks) of the meaningful level of critical thinking. If not all tasks were solved correctly, especially those where it is impossible to find out the name of the character of the plot, then this testified to the lack of formation (in relation to these tasks) of the meaningful level of critical thinking and the manifestation of its formal level.

3. Results.

The results of the students' tasks "Exchanges" and "Conclusions" are presented in the table.

Table

The number of children in the control and experimental groups who successfully solved the tasks of the tasks "Exchanges" and "Conclusions" in January and May (in %).

Tasks	Control group		Experimental group	
	January	May	January	May
"Exchanges"	11,3	19,4*	10,2	38,8*
"Conclusions"	20,9	29,0*	20,4	48,9*

Note: * $p < 0.05$.

The data given in the table make it possible to note the following.

First, among the subjects of the control and experimental groups, according to the results of completing the "Exchanges" task in January, there were, respectively, 11.3% and 10.2% of children who performed internal reflection when solving problems, in May - respectively: 19.4% and 38.8% (the difference between these results is statistically significant: at $p < 0.05$).

Secondly, among the subjects of the control and experimental groups, according to the results of solving the task "Conclusions", in January there were, respectively, 20.9% and 20.4% of children who showed a meaningful level of critical thinking when solving problems, in May - respectively: 29.0% and 48.9% (the difference between these results is statistically significant: at $p < 0.05$).

Thirdly, a comparison of the results of performing both tasks in the control and experimental groups indicates that the proportion of children with internal reflection among children with a meaningful level of critical thinking has increased: in January, respectively: 53.8% and 50.0%, in May: 66.7% and 75.0%.

4. Conclusion.

4.1. Experiment conditions

It should be noted that the result obtained in the study is due to the peculiarities of the "Intellectika Plus" program: non-educational content and the search nature of the tasks solved by children, differentiation of tasks by nature: logical, spatial-combinatorial and route.

It is also important that 18 one-hour lessons were organized, held weekly for five months.

At the same time, each lesson included three periods: preliminary discussion, independent problem solving, and final discussion.

The preliminary discussion is intended to familiarize students with the methods of analyzing the conditions of problems and ways to find solutions. Such a discussion contributes to the formation of cognitive actions in children to solve problems. The final discussion is aimed at teaching children how to control their own mental activity when solving problems.

It should be mentioned that the subjects were ordinary students in ordinary classes in ordinary schools.

4.2. Scientific value of research An analysis of the results of the study allows us to state that new knowledge has been obtained about the conditions for the formation of internal reflection in third-graders and the transition of children's critical thinking from its formal level of implementation to the content one.

This knowledge expands and refines the ideas of developmental and pedagogical psychology about the possibilities of intellectual development of children during their education in the primary grades of the school.

5.Summary

The data obtained allow us to reasonably assert that classes under the program "Intellectika Plus" significantly contribute to the formation of actions of internal reflection in third-graders and the development of critical thinking as a transition from its formal level to the content one. In addition, these activities significantly increase the proportion of children with internal reflection among children with a meaningful level of critical thinking.

In general, the study showed that the formation of reflection in younger students (in particular, third-graders) reveals and enhances its connection with critical thinking, significantly contributing to its development.

References

1. Davidov V.V. Problems of developing learning. Moscow: Direct-media, 2008 [In Russian].
2. Zak A. Z. Thinking of a junior schoolchild. – St. Petersburg: Assistance, 2004. 828 p. [In Russian].
3. Zak A.Z. Intellectika. The book for the teacher. M.: Intellect-center, 2008. [In Russian]
4. Zak A.Z. Intellectika grade 3. Notebook for the development of mental abilities. M.: Intellect-center, 2003 - 2019. [In Russian]
5. Novikov P.V. The development of reflection in younger students: Abstract of the thesis. ... cand. psychol. Sciences. M., 1998. [In Russian]
6. Paul R., Elder L. The Miniature Guide to Critical Thinking: Concepts and Tools. 7th ed. Foundation for Critical Thinking Press, 2014.

7. Facione P.A. Critical Thinking: What It is and Why it Counts. Hermosa Beach, CA: Measured Reasons LLC, 2015.
8. Federal State Educational Standard of Primary General Education / Bulletin of Education of Russia. – 2010. – No. 2. – pp. 10 – 38. [In Russian].
9. Fisher, A. (2001). Critical Thinking: An Introduction. Cambridge University Press.
10. Halpern, D. Psychology of critical thinking. St. Petersburg: Peter, 2000. [In Russian].

CLINICAL MEDICINE

UDC 61.616-082

Musrepov N.Zh., Khabieva T.Kh., Zhangelova Sh.B., Kapsultanova D.A. Heart surgery for adults in Almaty city cardiac center

Кардиохирургическая помощь взрослому населению в городском кардиологическом
центре Алматы

Musrepov Nurzhan Zhidebaevich

master's student, International Economic University, Prague,
International Institute of Public Health, Nursultan.

Khabieva Tamara Khamitovna,

Esentay Clinic, Chief Physician, Ph.D., Associate Professor – Supervisor

Zhangelova Sholpan Bolatovna,

Asfendiyarov Kazakh National Medical University, professor of the Department of Internal Diseases,
Ph.D., associate professor - co-author

Kapsultanova Dina Amangeldinovna,

Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Associate Professor,
Department of Internal Diseases, Ph.D.
- co-author

Мусрепов Нуржан Жидебаевич
магистрант, Международный экономический университет, Прага, Международный институт
общественного здравоохранения, Нурсултан

Хабиева Тамара Хамитовна,
Главный врач, к.м.н., доцент - научный руководитель
Жангелова Шолпан Болатовна,

Казахский национальный медицинский университет им.С.Д. Асфендиярова, профессор
кафедры внутренних болезней, к.м.н., доцент - соавтор

Капсултанова Дина Амангельдиновна,

Казахский национальный медицинский университет им.С.Д. Асфендиярова, доцент кафедры
внутренних болезней, к.м.н. - соавтор.

Abstract. The purpose of the study was to study the organization of cardiac surgery for the adult population in the conditions of the city cardiological center (CCC) of Almaty. The data of the annual reports of the CCC for 2020-2022 were used. The CCC provides emergency cardiac care, including emergency highly specialized cardiac surgery that meets international standards. Age of patients potentially requiring cardiac surgery, predominantly over 60 years of age, in the context of concomitant chronic diseases, with a predominance of males. In 2021, there was a sharp decrease in planned operations on the 50%, and emergency operations on the 32% and there was an increase in the number of operations in 2022, although this growth still remains significantly lower than in 2020.

Along with the effectiveness of cardiac surgery, which includes achieving indicators of effective treatment, it is necessary to ensure the rational use of volumes, resources, and process management. Patients need to ensure timely referral and selection of patients for cardiac surgery, which requires the organization of planned free consultations of cardiac surgeons at the outpatient stage.

Keywords: *Cardiosurgery, valvular heart disease, coronary artery bypass grafting.*

Аннотация. *Целью исследования явилось изучение организации кардиохирургической помощи взрослому населению в условиях городского кардиологического центра (ГКЦ) Алматы. Используются данные годовых отчетов ГКЦ за 2020-2022 годы. ГКЦ предоставляет экстренную кардиологическую помощь, включая экстренную высокоспециализированную кардиохирургическую помощь, соответствующие международным стандартам. Возраст пациентов, потенциально нуждающихся в кардиохирургическом вмешательстве, преимущественно старше 60 лет, на фоне сопутствующих хронических заболеваний, с преобладанием лиц мужского пола. В 2021г отмечается резкое снижение плановых операций на 50%, а экстренных - на 32% и наблюдается рост числа операций в 2022г, хотя данный рост еще остается значительно ниже, чем в 2020г.*

Наряду с эффективностью кардиохирургии, которая включает достижение индикаторов эффективного лечения, необходимо обеспечить рациональное использование объемов, ресурсов, управления процессами. Пациенты нуждаются в обеспечении своевременного направления и отбора пациентов на кардиохирургическое лечение, что требует организации плановых бесплатных консультаций кардиохирургов на амбулаторном этапе.

Ключевые слова: *Кардиохирургия, коррекция пороков, аорто-коронарное шунтирование.*

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

В рамках Программы развития здравоохранения Республики Казахстан до 2025 года были установлены конкретные цели:

- Повышение ожидаемой продолжительности жизни граждан до 75 лет.
- Снижение уровня риска преждевременной смертности от сердечно-сосудистых, онкологических, хронических респираторных заболеваний и диабета в возрастной группе от 30 до 70 лет до 15,43%.

Министерством здравоохранения акцент поставлен на формирование здорового образа жизни у населения, повышение качества медицинской помощи и создание устойчивой системы здравоохранения, способной эффективно отвечать на потребности граждан. А интеграция новейших услуг и методов лечения, включая кардиохирургическую помощь, телемедицину, эндоваскулярные операции на сердце и использование передового оборудования, является важным шагом в современном развитии здравоохранения, позволяющим улучшить доступность и качество медицинской помощи пациентам [1-6].

В связи с этим **целью нашего исследования** явилась изучение организации кардиохирургической помощи взрослому населению в условиях городского кардиологического центра (ГКЦ) Алматы.

Материал и методы исследования. Использованы данные годовых отчетов ГКЦ за 2020-2022 годы. В настоящем исследовании использовались общепринятые статистические методики. Из данных анкет была сформирована база данных в программе Excel.

Для статистической обработки всех данных использовался статистический пакет программы STATISTICA 10.0 версия.

При обработке данных применялись методы современной статистики (группировка данных по полу, возрасту, построение таблиц и графиков, расчет относительных величин, способы оценки достоверности разности полученных данных).

Результаты и обсуждение. ГКЦ предоставляет экстренную кардиологическую помощь, включая экстренную высокоспециализированную кардиохирургическую помощь жителям города Алматы. Благодаря Государственной программе интенсивного развития кардиохирургической помощи населению Республики Казахстан и города Алматы, объем и доступность основных современных экстренных терапевтических и интервенционных методов диагностики и лечения значительно увеличились, населению стали доступны все основные виды неотложной высокотехнологической инвазивной помощи (эндоваскулярной, аритмологической, хирургической), которые входят в Государственный объем бесплатной медицинской помощи.

В ГКЦ г. Алматы развернуто две ангиографические установки, которые работают в режиме 24/7 (круглосуточно / 7 дней в неделю) и одна операционная в кардиохирургическом отделении, оказывающая экстренную высокоспециализированную кардиохирургическую помощь круглосуточно.

Структура кардиоцентра: ГКЦ г. Алматы развернут на 258 коек, из них: кардиологического профиля – 238 коек, кардиохирургического - 20 коек.

Кадровый состав: 138 врачей (6 кандидатов медицинских наук, 6 – отличников здравоохранения), 267 медицинских сестер, 155 младшего медицинского персонала. Врачей высшей категории - 49, врачей первой категории - 39. Кардиоцентр является клинической базой пяти кафедр Казахского национального медицинского университета им. С.Д. Асфендиярова и клинической базой Казахстанско-Российского медицинского университета, «Высшего медицинского колледжа». Лечебно-консультационную помощь оказывают 8 профессоров, 10 доцентов, 12 кандидатов медицинских наук.

Взаимодействие кафедр сердечно-сосудистой хирургии, кардиологии и внутренних болезней университета и городского кардиоцентра является важным элементом обеспечения качественной медицинской помощи пациентам с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

В рамках взаимодействия кафедр и ГКЦ проводятся совместные научно-исследовательские проекты, клинические исследования и практические занятия для студентов медицинского вуза. Молодые врачи-интерны и резиденты получают возможность пройти стажировку в городском кардиологическом центре и приобрести практические навыки в работе с пациентами. Сотрудниками кафедры внедрена в практическую работу Городского кардиологического центра одна из наиболее инновационных методик в интервенционной кардиологии – оценка моментального резерва кровотока. Коронарография по-прежнему считается основным методом для обнаружения стенозирующих поражений артерий сердца и оценки их анатомии. Однако этот метод не предоставляет информацию о функциональных параметрах коронарного кровотока.

Для оценки функциональной значимости стенозов коронарных артерий, на сегодняшний день основным инвазивным методом является фракционный резерв кровотока (ФРК), измеряемый в ходе процедуры. Однако использование ФРК ограничено побочными эффектами препаратов, используемых для создания гиперемии, а также их недоступностью в некоторых странах.

Улучшенным методом оценки функционального резерва кровотока является моментальный резерв кровотока (МРК), также измеряемый во время процедуры. Клинические исследования, в которых участвовало более 15 000 пациентов, подтвердили эффективность этого метода. В ГКЦ данная методика внедрена в клиническую практику и применяется по показаниям при необходимости определения функциональной значимости стенозов коронарных артерий.

Достижением Центра является то, что в течение 2022 года проводились новые виды операции: Операция Дэвида, одномоментная операция Бентало + резекция коарктации аорты, МІС – миниторакотомическая пластика дефекта межпредсердной перегородки, МІС – протезирование аортального клапана (мини J разрезом), ремоделирование левого желудочка по Дору при хронической аневризме верхушки. При поддержке Акимата г. Алматы наши специалисты прошли обучение в Израиле, Ташкенте и других городах Республики Казахстан.

Основные статистические показатели работы. Структура и сравнительный анализ оказанных медицинских услуг по годам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные показатели работы кардиохирургического отделения

№ п/п	Наименование	2020	2021	2022
1	Всего пролечено	625	363	465
2	Летальность	18 (2,8%)	6 (1,6%)	9 (1,93%)
3	Средняя длительность лечения	6,0	6,6	7,7
4	Оборот койки	37,1	52,8	43,4
5	Работа койки	220,9	346,9	334,6

По таблице 1, что количество пролеченных больных в 2021 г. меньше (что связано с пандемией COVID-19), а в последующем 2022г., отмечено увеличение пролеченных пациентов. Летальность в 2022г. снизилась по сравнению с 2020г в 2 раза. Средняя продолжительность лечения увеличилась, соответственно с работой койки, а оборот койки снизился сравнительно с 2021г., что говорит об эффективном использовании коечного фонда, являющимся одним из важных показателей эффективности, а также степени его рационального и целевого использования.

Таблица 2

Анализ возрастного состава пациентов (2020-2022гг.)

№ п/п	Возрастной диапазон	Абс			%		
Годы		2020	2021	2022	2020	2021	2022
	До 40 лет	34	16	15	5,44	4,4	3,22
	41-50 лет	127	24	33	20,32	6,6	7,09
	51-60 лет	162	108	159	25,92	29,7	34,19
	61-70 лет	203	156	195	32,48	42,9	41,93
	71-80 лет	98	57	62	15,68	15,7	13,33
	Старше 80 лет	1	2	1	0,16	0,55	0,21
	Всего	625	363	465	100	100	100

В таблице 2 представлен анализ полученных возрастных данных пациентов, госпитализированных в кардиохирургическое отделение, за период 2020-2022гг. Преобладающее большинство пациентов, получивших кардиохирургическое лечение были в в возрасте 61 лет и старше ($p < 0,001$), на втором месте группа пациентов в возрасте 51-60 лет, на третьем месте - пациенты в возрасте 41-50 лет. Для наглядности анализ возрастного состава представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 Анализ возрастного состава пациентов (2020-2022гг.)

В возрастном составе преобладание лиц старших возрастных групп связано с развитием возрастных дистрофических изменений в сердце, требующих кардиохирургической помощи на фоне нескольких хронических заболеваний, что является характерной особенностью в старших возрастных группах (таблица 3).

Таблица 3

Нозологическая структура пролеченных больных за 2020-2022гг.

№	Диагноз	Абс			%		
		2020	2021	2022	2020	2021	2022
1	Инфаркт миокарда	196	134	137	31,36	36,9	29,46
2	Стенокардия напряжения	138	69	128	22,08	19	27,52
2	Стенокардия напряжения	138	69	128	22,08	19	27,52
3	Нестабильная стенокардия	154	112	139	24,64	30,85	29,89
4	Приобретенные пороки сердца	111	45	55	17,76	12,39	11,82
5	Врожденные пороки сердца	26	3	6	4,16	1,1	1,29
7	Всего	625	363	465	100	100	100

Таблица 4

Количество проведенных операций в КХО по месяцам

Месяцы	2021 год	План на 2022 год	2022 год
Январь	15	40	24
Февраль	58	40	40
Март	30	40	48
Апрель	24	40	43
Май	13	40	38
Июнь	26	40	45
Июль	49	40	-39
Август	16	27	27
Сентябрь	22	30	38
Октябрь	27	38	43
Ноябрь	45	34	42
Декабрь	43	32	38
Общее	363	441	465

Анализ полученных данных в таблице 3 за период с 2020 по 2022гг., говорит о том, что большее количество кардиохирургических вмешательств было проведено в 2022г. - это 465 вмешательств. По сравнению с 2021г.- 441 и в 2020г. - 363 вмешательства. В 2020г.- уменьшение кардиохирургических вмешательств было обусловлено с последствиями COVID-19. И только в 2021г. кардиохирургическое отделение стало снова работать в прежнем режиме. Анализ по месяцам каждого года (таблица 4) отмечает большую активность кардиохирургических вмешательств в феврале (58 – 40 – 40), июле (49-40-39), в ноябре (45 – 34 - 42), в декабре (43 – 32 - 38).

Кардиохирурги Казахстана, на примере кардиохирургического отделения ГКЦ эффективно работают с взрослым населением с пороками сердца, даже самыми тяжелыми. А многоэтапное хирургическое лечение с пороками сердца, коррекция возникших осложнений, тяжелый и иногда продолжительный послеоперационный период – неизбежные спутники кардиохирургии во всех странах и клиниках, включая Казахстан. И это подтверждается следующими нашими данными.

Таблица 5

Виды операции и распределение.

№ п/п	Операции	Всего
Аортокоронарное шунтирование (АКШ) и маммарно-коронарное шунтирование (МКШ)		
1	АКШ+МКШ в условиях искусственного кровообращения	384
2	АКШ+МКШ на работающем сердце	114
Приобретенные пороки сердца		
3	Протезирование митрального клапана	23
4	Пластика митрального клапана	1
5	Протезирование аортального клапана	14
6	Протезирование аортального и митрального клапанов	16
7	Протезирование аортального клапана + АКШ	15
8	Протезирование митрального клапана + АКШ	16
9	Протезирование аортального, митрального клапана + АКШ	1
10	Пластика митрального клапана + АКШ	5
Аорта		
11	Операция Бентало де Боно	16
12	Операция Бентало де Боно + АКШ, МКШ	3
13	Супракоронарное протезирование	2
Прочие		
14	Пластика дефекта межпредсердной перегородки	9
15	Удаление миксомы	6



Рисунок 2 Распределение по структуре госпитализации

Согласно таблицам 3, 4 и рисунку 2, отмечается резкое снижение плановых и экстренных госпитализаций в 2021г. и рост в 2022г, хотя данный рост немного ниже, чем в 2020г. За 2021-2022гг отмечен рост оказания плановых и экстренных кардиохирургической помощи, говорящей о росте доверия населения отечественным кардиохирургии.

Таблица 6

Распределение умерших по полу и возрасту

Пол	Возраст				
	41-50	51-60	61-70	70-старше	всего
2020г					
Мужчины	1	1	8	2	12
Женщины			2	4	6
2021г					
Мужчины			1	1	2
Женщины	1		1	2	4
2022г					
Мужчины	1	4	2	1	8
Женщины				1	1

Согласно таблице 6, в возрастном составе больше смертности в возрасте от 51год и выше и 61год и выше, причём в половом различии смертность среди мужчин всё же выше, чем среди женщин. Во- первых, - казахстанских мужчин губит несвоевременное обращение к врачам Во- вторых, - высокая смертность среди мужчин связана со стрессами и с социальной неустроенностью. Только 36% пациентов

состояло на диспансерном учете по поводу своих заболеваний. А 76% пациентов были не приверженными к консервативному медикаментозному лечению. Все эти факторы свидетельствуют об отсутствии своевременного отбора пациентов на плановое кардиохирургическое лечение.

Выводы :

1. Анализ объёмов оказываемой кардиохирургической помощи населению Городским Кардиохирургическим Центром г.Алматы демонстрирует современный этап развития кардиохирургии, который соответствует международным стандартам.
2. Обеспеченность населения доступностью кардиохирургической помощи, в том числе при пороках сердца, у взрослого населения требует организации качественного диспансерного наблюдения и своевременного отбора пациентов на хирургические методы лечения.
3. Разработка комплекса мероприятий по совершенствованию доступности и эффективности качественной кардиохирургической помощи взрослому населению, в том числе и с пороками сердца требует более детального изучения проблем организации кардиохирургической помощи взрослому населению путём социологических исследований (анкетирования), что позволит разработать предложения по доступности и оптимизации механизмов ее обеспечения.

References

1. Сагатов Инкар Ергалиевич Анализ вероятности госпитальной летальности у пациентов кардиохирургического профиля // Журнал МедиАль. 2018. №1 (21).
2. Бокерия Л.А., Скопин И.И., Мироненко В.А., Дмитриева Ю.С. и др. Применение системы EuroSCORE для оценки операционного риска у пациентов с дилатационным поражением левого желудочка в сочетании с патологией клапанов сердца. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2010. № 4. С. 11-13
3. Wang T.K., Harnos S., Gamble G.D., Ramanathan T., Ruygrok P.N. Performance of contemporary surgical risk scores for mitral valve surgery. J Card Surg. 2017. Mar. Vol. 32 (3). P. 172-176.
4. Rajput, N. K., Kalangi, T. K. V., Andappan, A., & Swain, A. K. (2021). MICS CABG: a single-center experience of the first 100 cases. Indian journal of thoracic and cardiovascular surgery, 37(1), 16–26.
5. Статистика о ведущих причинах смертности и инвалидности во всем мире за период 2000–2019 гг. / Пресс-релиз ВОЗ, 9 декабря 2020 г. -

<https://www.who.int/ru/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>

6. Sakhov O, Kuzhukeyev M, Kodasbayev A, Egemberdiev T, Berkinbayev S, Zholdin B, Alimbaev S, Zhangelova S, Rakhimov R, Makhanov D, Sabitov Y, Teleuov D, Baisebenov R, Kuzhukeyev A. Kazakhstan: coronary and structural heart interventions from 2010 to 2015// EuroIntervention 2017;13:Z42-Z46
7. Кодасбаев, А. Т. Организация экстренной кардиологической службы (обзор литературы) / А.Т. Кодасбаев, Г.К. Каусова // Вестник КазНМУ. -2
8. Камалиев М.А., Альмуханова А.Б. Болезни системы кровообращения в республике Казахстан и обеспечение населения высокотехнологичной медицинской помощью / // International Scientific and Practical Conference World Science. - 2015. - Т. 2. - № 4 (4). - с. 30-33.016. - № 1. - С. 631-635.
9. Абзалиева, С.А. Анализ кардиологической и кардиохирургической помощи пациентам с болезнями системы кровообращения Кызылординской области Казахстана / С.А. Абзалиева // Вестник АГИУВ. Алматы., 2014. -№2. - С. 27-32.
10. Абзалова, Р.А. Казахстанская модель первичного здравоохранения: достижения, проблемы, перспективы / Р.А. Абзалова // Менеджер здравоохранения Республики Казахстан. - 2013. - №4. - С. 97-102.
11. Аканов, А.А. Оценка пациентами качества стационарной медицинской помощи в Республике Казахстан / А.А. Аканов, К.А. Тулебаев, К.К. Куракбаев и др. // Медицинская экология. - 2017. - №8. - С. 44-56.
12. Бокерия, Л.А. Интегральные компоненты оптимальной модели организации реабилитационной помощи пациентам после хирургического лечения врожденных пороков сердца / Л.А. Бокерия, Е.Б. Милюевская, С.М. Крупянко, О.А. Манерова // Социальные аспекты здоровья населения. -2014. - № 5. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/601/30/lang,ru/>
13. Бокерия, Л.А. Некоторые проблемы несоответствия реальной клинической практики утвержденным стандартам, выявленные с помощью информационных систем / Л.А. Бокерия, И.Н. Ступаков, И.В. Самородская и др. // Проблемы стандартизации в здравоохранении. - 2008. - № 2. - С.13-18.
14. Деятельность медицинских организаций, оказывающих кардиохирургическую и интервенционную кардиологическую помощь населению Республики Казахстан в 2012-2014 гг. Статистический сборник. -Астана, 2015. - 54 с.
15. Джусипов, А.К. Прогноз роста показателей БСК в РК до 2024г. / А.К. Джусипов, К.П. Ошакбаев, Т.И. Аманов и др. // Терапевтический вестник. -2007.- №3. - С. 3-7.

ECONOMY, ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF ENTERPRISES, INDUSTRIES, COMPLEXES

UDC 338

Batkovsky A.M., Batkovsky M.A., Kravchuk P.V., Khrustalev E.Yu. **Economic assessments of the use of dual-use technologies in the process of diversification of production**

Экономические оценки использования технологий двойного назначения в процессе
диверсификации производства продукции

Batkovsky Alexander Mikhailovich

Doctor of Economics, Chief Researcher,
Central Economic and Mathematical Institute of the RAS,
Moscow, Russia

Batkovsky Mikhail Alexandrovich

Candidate of Economic Sciences, Researcher,
Central Economic and Mathematical Institute of the of the RAS,
Moscow, Russia

Kravchuk Pavel Vasilievich

Doctor of Economics, Finance Director,
Scientific Testing Center "Intelektron",
Moscow, Russia

Khrustalev Evgeny Yurievich

Doctor of Economics, Doctor of Economics, Chief Researcher,
Central Economic and Mathematical Institute of the RAS,
Moscow, Russia

Батьковский Александр Михайлович
доктор экономических наук, главный научный сотрудник,
Центральный экономико-математический институт РАН,
г. Москва, Россия

Батьковский Михаил Александрович
кандидат экономических наук, научный сотрудник,
Центральный экономико-математический институт РАН,
г. Москва, Россия

Кравчук Павел Васильевич
доктор экономических наук, финансовый директор,
Научно-испытательный центр «Интелэлектрон»,
г. Москва, Россия

Хрусталеv Евгений Юрьевич
доктор экономических наук, главный научный сотрудник,
Центральный экономико-математический институт РАН,
г. Москва, Россия

Abstract. *Managing the process of using dual-use technologies in the process of product diversification is an important economic task. The results of its solution have a significant impact on the effectiveness of the diversification activities of enterprises of the military-industrial complex. In the course of the conducted research, a toolkit for optimizing the solution of this problem has been developed, the use of which in practice will increase the efficiency of production diversification.*

Keywords: *military-industrial complex, diversification, production, technologies, dual-use, problems.*

Аннотация. *Управление процессом использования технологий двойного назначения в процессе диверсификации производства продукции является важной экономической задачей. Результаты ее решения оказывают существенное влияние на эффективность диверсификационной деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса. В ходе проведенного исследования разработан инструментарий оптимизации решения указанной задачи, использование которого на практике позволит повысить эффективность диверсификации производства.*

Ключевые слова: *оборонно-промышленный комплекс, диверсификация, производство, технологии, двойное назначение, проблемы.*

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

Введение

В условиях проведения диверсификации производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (ОПК) необходимо оценивать возможности использования при этом технологий двойного назначения. Важность данной задачи определяется разнообразием возможных областей применения этих технологий и изменчивостью условий их использования. В ходе проведения указанной оценки следует определять условия возможного дополнительного финансирования оборонных задач за счет двойных технологий [1; 2; 3].

Наиболее важными объектами этой оценки являются следующие:

- объем инвестиций, необходимый для реализации технологии в форме патентов, лицензий, готовой серийной продукции и т.д.;
- объем возможного дополнительного финансирования оборонных заказов за счет коммерческого распространения технологии;
- риски и неопределенности, связанные с работами по реализации технологии в процессе производства [4; 5].

Методы и методики

Реализация технологий двойного назначения осуществляется, как правило, путем продажи лицензий, которые, как объекты оценки, отличаются от серийной продукции:

- эффект от приобретения лицензии должен определяться за весь планируемый период производства продукции по лицензии [6];

- экономический эффект от использования лицензии должен определяться как разность абсолютных эффектов (чистой прибыли) от производства продукции по покупаемой лицензии и производства на основе собственных разработок [7].

При продаже лицензий необходимо учитывать предстоящие затраты при их использовании в процессе производства продукции [8].

Результаты исследования

Проводить сравнительную оценку эффективности использования технологий двойного назначения в процессе диверсификации производства продукции необходимо проводить на общегосударственном уровне и на уровне отдельных предприятий [9; 10; 11]. Предположим, что в рамках Государственного оборонного заказа разработана новая технология двойного назначения. При ее использовании в военной сфере предполагается производство одного изделия со сроком выпуска $T_{\theta j}$, годовым объемом выпуска n_j , ожидаемыми значениями лимитной цены изделия C_j^{π} и ценой производства C_{npj} .

Лимитная цена опытно-конструкторских работ (ОКР) можно определить, используя следующую зависимость:

$$\mathcal{E}_j^{OKP} = \mathcal{E}_{jnec}^u \times \tau_{op} - C_{OKPj} \times (1 + E_c)^{T_{pjnec}}, \quad (1)$$

где: $\mathcal{E}_j^{OKP}$ - военно-экономический эффект от реализации ОКР; $\mathcal{E}_{jnec}^u$ - пессимистическая оценка интегрального эффекта от использования данной j -ой технологии, определенная с учетом различных рисков, присущих данному комплексу ОКР; τ_{op} - величина организационного риска прекращения ОКР в ходе его выполнения; $\tau_{op} < 1$; C_{OKPj} - цена (стоимость) ОКР для j -го образца (ожидаемая) технологии; T_{pjnec} - пессимистическая оценка срока проведения ОКР, лет.

Величину $\mathcal{E}_{jnec}^u$ можно определить в виде:

$$\mathcal{E}_{jnec}^u = (C_{jnec}^{\pi} - C_{jnec}) \times \frac{(1 + E_c)^{T_{\theta jnec} + 1}}{(1 + E_c)^{T_{\theta jnec}} \times E_c} \times n_{jnec}, \quad (2)$$

где: C_{jnec}^{π} - пессимистическая оценка ожидаемого значения лимитной цены j -ой

технологии с учетом различных рисков; $U_{j_{\text{несс}}}$ – пессимистическая оценка ожидаемой величины стоимости производства продукции с использованием рассматриваемой технологии и с учетом различных рисков; $T_{\text{несс}}, n_{\text{несс}}$ – пессимистические оценки сроков выпуска и годовых объемов закупки образцов продукции, создаваемой с использованием рассматриваемой технологии и с учетом различных рисков.

Пессимистическую оценку лимитной цены образца продукции, создаваемой с использованием j -го образца технологии можно определить в виде:

$$U_{j_{\text{несс}}}^n = U_{j_{(\text{ож})}}^n (\bar{x}, \bar{y}) \times \tau_x^- \times \tau_y^-, \quad (3)$$

где: $\bar{x}$ – вектор планируемых (прогнозируемых) значений тактико-технических характеристик (ТТХ) продукции, создаваемой с использованием j -го образца технологии; $\bar{y}$ – вектор параметров внешней среды, определяющей процессы морального старения продукции, создаваемой с использованием j -го образца технологии; τ_x^- – риск не достижения заданного уровня ТТХ, $\tau_x^- < 1$; τ_y^- – риск ускоренного морального старения продукции, создаваемой с использованием j -го образца технологии, $\tau_y^- < 1$; $U_{j_{(\text{ож})}}^n$ – ожидаемый уровень лимитной цены образца продукции, создаваемой с использованием j -го образца технологии при $\tau_x^-, \tau_y^- = 1$.

Пессимистическую оценку величины цены производства изделий, создаваемых с использованием j -го образца технологии можно определить, используя следующую зависимость:

$$U_{j_{\text{несс}}} = U_{j_{(\text{ож})}} \times \tau_S \times \delta_{u_n}(\tau_n) \times \delta_{u_{T_e}}(\tau_{T_e}), \quad (4)$$

где: $U_{j_{\text{несс}}}$ – пессимистическая оценка величины цены производства изделий, создаваемых с использованием j -го образца технологии; τ_S – риски не достижения планируемого уровня себестоимости; τ_n – организационные риски снижения годовых объемов закупки изделий, разработанных с использованием j -го образца технологии, относительно запланированного уровня данных закупок; τ_{T_e} – риски сокращения периодов выпуска изделий, разработанных с использованием j -го образца технологии; $\delta_{u_n}, \delta_{u_{T_e}}$ – прогнозируемые величины увеличения издержек производства при реализации средних рисков снижения объема закупок и периодов производства изделий; $U_{j_{(\text{ож})}}$ – ожидаемый уровень стоимости образца изделия, разработанного с использованием j -

го образца технологии.

При этом $\tau_S, \delta_{u_n}, \delta_{u_{T_e}} > 1$; $\tau_n, \tau_{T_n} < 1$.

Пессимистическую оценку времени производства продукции с использованием j -го образца технологии с учетом рисков можно определить, используя следующую зависимость:

$$T_{\theta_j \text{ песс}} = T_{\theta_j}^{(nl)} \times \tau_{T_e}; \quad (5)$$

где $T_{\theta_j \text{ песс}}$ - пессимистическая оценка величины времени производства продукции с использованием j -го образца технологии; $T_{\theta_j}^{(nl)}$ - плановая величина времени производства продукции с использованием j -го образца технологии.

Пессимистическая оценка объема производства продукции с использованием j -го образца технологии и с учетом рисков определяется следующим образом:

$$n_{j \text{ песс}} = n_j^{(nl)} \times \tau_n \quad (6)$$

где $n_{j \text{ песс}}$ - пессимистическая оценка объема производства продукции с использованием j -го образца технологии и с учетом рисков $n_j^{(nl)}$ - плановая оценка объема производства продукции с использованием j -го образца технологии.

При оценке эффективности использования технологий двойного назначения в процессе диверсификации производства важной задачей является оценка опытно-конструкторских работ, проводимых при разработке технологий двойного назначения [12; 13].

Пессимистическую оценку времени проведения ОКР при разработке j -го образца технологии с учетом рисков можно определить, используя следующую зависимость:

$$T_{P_{j \text{ песс}}} = T_{P_{j (оэ)}} \times \tau_{T_p}, \quad (7)$$

где $T_{P_{j \text{ песс}}}$ - пессимистическая оценка времени проведения ОКР при разработке j -го образца технологии с учетом рисков; $T_{P_{j (оэ)}}$ - ожидаемый срок проведения ОКР при разработке j -го образца технологии; τ_{T_p} – риск завышения сроков ОКР, $\tau_{T_p} > 1$.

Тогда величина экономического эффекта от проведения ОКР выразится в виде:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_j^{OKP} = & \left(\Pi_j^L \times \tau_x^- \times \tau_y^- - \Pi_j \times \tau_S \times \delta_{\Pi_n} \times \delta_{\Pi_{T_e}} \right) \times \\ & \times \frac{(1 + E_c)^{T_e \cdot \tau_{T_e} + 1} - 1}{(1 + E_c)^{T_e \cdot \tau_{T_e}} \times E_c} \times n_j \times \tau_n \times \tau_{op} - \Pi_{OKP_j} \times (1 + E_c)^{T_{pj}} \tau_{Tp} \end{aligned} \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_j^{OKP}$ - экономический эффект от проведения ОКР; Π_{OKP_j} - цена ОКР.

Используя зависимость (8) можно определить лимитную цену ОКР при разработке j -го образца технологии с учетом рисков:

$$\Pi_{OKP_j}^L = \frac{\left(\Pi_j^L \times \tau_x^- \times \tau_y^- - \Pi_j \times \tau_S \times \delta_{\Pi_n} \times \delta_{\Pi_{T_e}} \right) \times \left[(1 + E_c)^{T_e \cdot \tau_{T_e} + 1} - 1 \right]}{(1 + E_c)^{T_e \cdot \tau_{T_e} + T_{pj}} \cdot \tau_{Tp} \times E_c} \times n_j \times \tau_n \times \tau_{op} \quad (9)$$

где $\Pi_{OKP_j}^L$ - лимитная цена ОКР.

Если лимитная цена ОКР больше цены данной работы, то проведение опытно-конструкторской работы с целью разработки j -го образца технологии экономически целесообразно. В противном случае проведение указанной работы неэффективно [14].

Заключение

В ходе проведения исследования, результаты которого представлены в данной статье, установлено, что при оценке использования технологий двойного назначения в процессе диверсификации производства продукции необходимо решать данную задачу комплексно и системно. Кроме того, необходимым условием данной оценки является анализ возможности привлечения дополнительного финансирования военного производства за счет реализации технологий двойного назначения в гражданском секторе экономике.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 21-78-20001.

References

1. Батьковский А.М., Батьковский М.А., Хрусталева Е.Ю. Экономический эффект трансфера технологий в условиях диверсификации производства. // Оригинальные исследования. - 2023. - № 2. - С. 26-32.
2. Гаврилюк А.В. Формы реализации и функциональное назначение трансфера технологий. // Экономические науки. – 2018. - № 4 (161). - С 16-20.
3. Тюрина В.Ю., Ипполитова А.А. Маркетинговая стратегия как фактор развития трансфера и коммерциализации инновационных технологий. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право. - 2015. - № 2. - Том 15. - С. 163.

4. Анагенез управления экономическими системами как новый взгляд на экономическое развитие: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, 28 февраля 2017 г. Санкт Петербург: НОО «Профессиональная наука». - 2017. - 393 с.

5. Довгучиц С.И., Хрусталеv Е.Ю. Методы анализа и оценки эффективности изделий и технологий двойного применения. // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса в России. - 2022. - С. 5-13.

6. Батьковский А.М., Батьковский М.А. Развитие методологических основ и инструментария экономической оценки технологий. // Современные технологии управления. - 2017. - № 4 (76). - С. 51-58.

7. Теория и практика институциональных преобразований в России [Текст]: сборник научных трудов / под ред. Б.А. Ерзнкяна. Вып. 40. – М.: ЦЭМИ РАН, 2017. – 182 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа // <http://cemi.rssi.ru> (дата обращения: 29.06.2023).

8. Батьковский А.М., Кравчук П.В., Фомина А.В. Военно-гражданская интеграция в условиях ухудшения социально-экономического развития России. // Экономические исследования и разработки. - 2020. - С. 161-170.

9. Ларин С.Н., Соколов Н.А. Передача космических технологий двойного назначения: особенности, детерминанты, практические подходы. // Современные научные исследования и разработки. - 2018. - №7(24). - С. 103-111.

10. Акимкина Д.А. Диверсификация ОПК как альтернатива импорта технологий. // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей международной научной конференции. 30-31 января 2022 г. Казань: ООО «Конверт». - 2022. - С. 224-227.

11. Батьковский А.М., Батьковский М.А., Кравчук П.В. Системная оценка проектов диверсификации производства и создаваемой диверсификационной продукции. // Экономические исследования и разработки. - 2022. - № 8. - С.70-77.

12. Славянов А.С., Хрусталеv Е.Ю. Диффузия технологий оборонно-промышленного комплекса. // Военный академический журнал. - 2018. - № 2 (18). - С. 132-135.

13. Дутов А.В., Клочков В.В., Рождественская С.М. Прогнозирование эффективности межотраслевой интеграции прикладных исследований и разработки новых технологий. // Инновации. – 2018. – № 8 (238). – С. 26-35.

14. Балашова К.М. Развитие механизма управления инновационной деятельностью высокотехнологичных предприятий. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук: специальность 08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством (управление инновациями). Санкт-Петербург. Институт проблем региональной экономики РАН. - 2022. – 240 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа // <http://iresras.ru> (дата обращения: 28.06.2023).

PROFESSIONAL SCIENCE MANAGEMENT

UDC 699.86

Isakov A.P., Lipatov M.S. Innovations in thermal insulation materials

Инновации в теплоизоляционных материалах

Isakov Alexander Petrovich,

Student of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Lipatov Maxim Sergeevich,

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Исаков Александр Петрович,
Студент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики
Липатов Максим Сергеевич,
Ст. преподаватель кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. *This work is devoted to traditional types of insulation and innovations in thermal insulation materials on the example of their domestic use. The article analyzes the factors influencing the choice of a suitable thermal insulation material, and also compares them, as a result of which the importance of innovation and development of thermal insulation materials is emphasized.*

Keywords: *thermal insulation materials, energy, traditional materials, innovations in thermal insulation.*

Аннотация. *Данная работа посвящена традиционным видам изоляции и инновациям в теплоизоляционных материалах на примере их бытового применения. В статье проводится анализ факторов, влияющих на выбор подходящего теплоизоляционного материала, а также произведено их сравнение, в результате которого подчеркивается важность инновации и развития теплоизоляционных материалов.*

Ключевые слова: *теплоизоляционные материалы, энергетика, традиционные материалы, инновации в теплоизоляции.*

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Теплоизоляционный материал — это тип материала, который используется для уменьшения или предотвращения передачи тепла между двумя объектами или областями. Эти материалы часто используются в зданиях, чтобы помочь снизить потребление энергии и поддерживать комфортную температуру в помещении за счет создания барьера, уменьшая количество тепла, которое теряется или приобретается помещением.

В соответствии с рисунком 1, теплоизоляционные материалы разделяются на органические и неорганические. К наиболее распространенным классическим теплоизоляционным материалам относятся [1]:

1. Войлок из стекловолокна – относительно недорогой тип материала, изготавливаемый из скрученных стеклянных волокон и обычно используемый для изоляции стен, полов и потолков.

2. Целлюлозная изоляция - экологически чистый вариант, изготовленный из переработанной бумажной продукции, который обычно вдувают в стены, пол и потолок.

3. Минеральная вата - тип изоляции, изготавливаемый из каменных или шлаковых волокон и отличающийся высокой прочностью и огнестойкостью.

4. Изоляция распыляемой пеной – тип, распыляемый в виде жидкости и расширяемый для заполнения пространства, обеспечивая её герметичное уплотнение. В основном является популярным выбором для изоляции чердаков и подвальных помещений.



Рисунок 1. Виды теплоизоляционных материалов

По внешнему виду и форме теплоизоляционные материалы бывают штучные (плиты, скорлупы, сегменты, кирпичи, цилиндры); рыхлые и сыпучие (вата, перлит, песок); рулонные и шнуровые (маты, шнуры, жгуты) [2]. Внешний вид основных материалов представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. Внешний вид основных теплоизоляционных материалов

Значительные инновации в теплоизоляционных материалах были разработаны в последние годы, а именно [3]:

1. Аэрогелевая изоляция: представляет собой суперизоляционный материал с достаточно низкой теплопроводностью среди всех твердых материалов. Изоляция из аэрогеля состоит из прочной сети частиц кремнезема. Легкий, огнестойкий и экологически чистый материал, обладающий отличными тепловыми свойствами и позволяющий снизить потери тепла более чем на 90%.

2. Вакуумные изоляционные панели: представляют собой высокоэффективный изоляционный материал, состоящий из сердцевины из жесткого микропористого материала, такого как стекловолокно, заключенного в вакуумно-герметичную панель. Вакуум внутри панели сводит к минимуму передачу тепла посредством теплопроводности и конвекции. Панели отлично подходят для приложений с ограниченным пространством, таких как холодильники, морозильники и небольшие сооружения.

3. Материалы с фазовым переходом: накапливают и выделяют тепловую энергию при переходе из твердого состояния в жидкое или из жидкого в газообразное. Материалы используются в строительстве и в других областях с целью снижения колебаний температуры внутри зданий. Они могут эффективно поглощать, выделять тепло и снижать потребление энергии до 50%.

4. Светоотражающая изоляция: относительно недорогой и простой в установке тип изоляции, который отражает лучистое тепло, а не поглощает его. Состоит из слоя металлической фольги, отражающий тепло обратно к его источнику, уменьшая потери тепла через структуру материала.

5. Переработанные материалы: хорошо работают для звукоизоляции и уменьшения тепловых мостов, то есть передачи тепла между внутренней и внешней частью здания. В основном, данный тип изоляции получается за счет переработки отходов, таких как: стекло, джинсовая ткань и пластиковые бутылки.

Есть несколько факторов, влияющих на выбор подходящего теплоизоляционного материала:

1. Теплопроводность материала, то есть его способность проводить тепло. Чем ниже коэффициент теплопроводности, тем лучше теплоизоляционные свойства материала, поэтому материалы с низкой теплопроводностью (к примеру стекловолокно, целлюлоза и пенопласт) являются обычными изоляционными материалами. На рисунке 3 произведено сравнение толщин материалов, обеспечивающих одинаковую величину теплоизоляции, в зависимости от коэффициента теплопроводности.

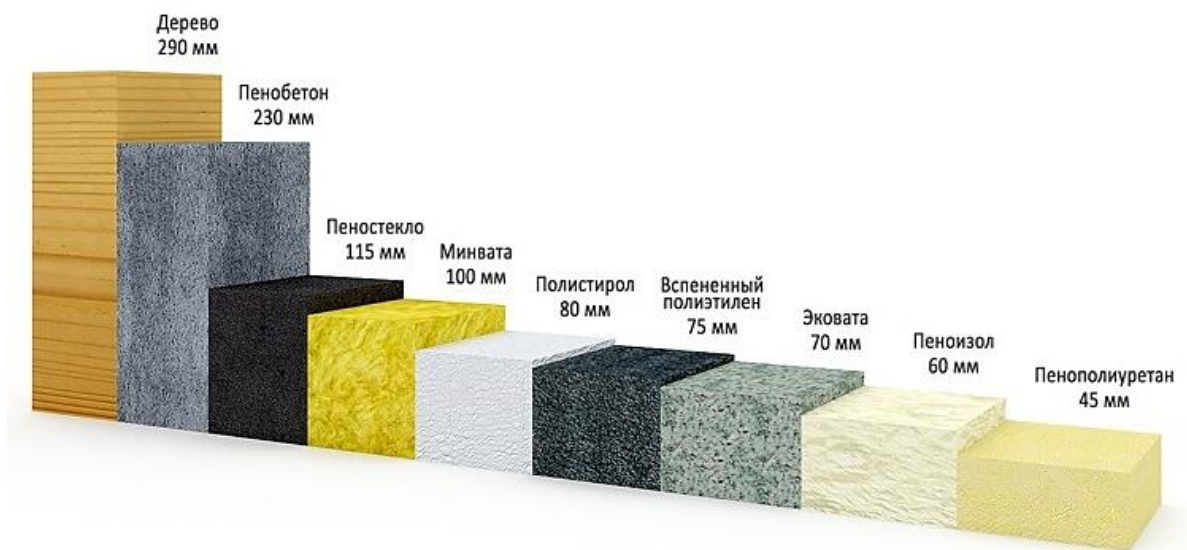


Рисунок 3. Сравнение толщины теплоизоляционных материалов

2. Влагостойкость. Влага может снизить изоляционные свойства материала, поэтому материалы, устойчивые к влаге (к примеру минеральная вата) часто используются в помещениях, подверженных влаге.

3. Огнестойкость. Огнестойкость является важным фактором для изоляционных материалов, особенно в местах, где присутствуют легковоспламеняющиеся предметы. Такие материалы, как минеральная вата и стекловолокно, обладают естественной огнестойкостью, в то время как другие, такие как пенопласт, необходимо обрабатывать огнестойкими химикатами.

4. Совместимость с другими материалами. Изоляционные материалы должны быть совместимы с другими материалами в оболочке здания, такими как кровельные материалы, чтобы они не разрушались со временем.

5. Воздействие на окружающую среду, которое становится все более важным фактором при выборе изоляционных материалов. Материалы с низким воздействием на окружающую среду (к примеру целлюлоза) пользуются большой популярностью. Например, изоляция "Airgel" состоит на 90% из воздуха, что делает её очень устойчивой. С другой стороны, традиционные изоляционные материалы (к примеру стекловолокно и минеральная вата) обладают высокой энергоемкостью и не столь экологичны.

6. Стоимость. При выборе изоляционных материалов следует учитывать стоимость. Хотя некоторые материалы могут быть более дорогими, они могут обеспечивать лучшие изоляционные свойства или иметь более длительный срок службы, что делает их лучшими долгосрочными инвестициями. Например, изоляция из аэрогеля может стоить до 10 раз дороже, чем стоимость традиционного изоляционного материала, однако она обеспечивает значительную экономию затрат на энергию, что делает её экономически эффективными в долгосрочной перспективе.

7. Простота установки. Изоляционные материалы должны быть просты в установке, особенно при модернизации объекта. В таких ситуациях часто используются материалы, которые можно легко резать и подгонять (к примеру войлок из стекловолокна).

По опыту применения инновационных теплоизоляционных материалов в мире [4] в сравнении с традиционными материалами можно сделать вывод, что инновационные теплоизоляционные материалы, такие как аэрогели, вакуумные изоляционные панели, фазовые переходные материалы и другие, обладают высокой эффективностью и потенциалом для повышения энергоэффективности зданий. Они обладают низкой теплопроводностью и отличными теплоизоляционными свойствами, что позволяет снизить энергопотребление и улучшить теплорегуляцию внутри помещений. Также опыт применения инновационных теплоизоляционных материалов в мире показывает их положительное влияние на экономию энергии и снижение затрат на отопление и кондиционирование. Они способствуют сокращению выбросов

углекислого газа и других вредных веществ, что является важным аспектом с точки зрения экологии и устойчивого развития.

В России за последние годы также был сделан значительный прогресс в области использования материалов, что позволяет снижать теплопотери и улучшать комфорт внутри помещений [5]. В нашей стране также наблюдается рост интереса к использованию экологически чистых теплоизоляционных материалов. Некоторые из них включают в себя натуральные компоненты, такие как древесная стружка, льняное волокно и другие биоразлагаемые материалы. Опыт их применения показывает, что они не только обеспечивают хорошую теплоизоляцию и снижают энергопотребление, но и вносят свой вклад в экологическую устойчивость строительства.

В Санкт-Петербурге также были проведены исследования, включающие измерение теплопроводности и теплотехнических характеристик различных материалов. Применение инновационных теплоизоляционных материалов в Санкт-Петербурге позволило значительно снизить расходы на отопление и кондиционирование зданий.

Подводя итоги анализа и сравнения, можно утверждать, что теплоизоляция имеет важное значение в современном проектировании зданий, и в последние годы в этой области произошли значительные инновации. Изоляция аэрогелем, вакуумные изоляционные панели, материалы с фазовым переходом, отражающая изоляция и переработанные материалы — это лишь некоторые из последних разработок в области теплоизоляционных материалов. Применение инновационных теплоизоляционных материалов способствует созданию комфортного внутреннего климата и снижению негативного воздействия на окружающую среду. Рекомендуется дальнейшее изучение и применение инновационных теплоизоляционных материалов во всем мире для достижения устойчивого развития и снижения энергетических потерь.

References

1. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник для студентов средних специальных учебных заведений, обучающихся по специальностям 270103 (2902) "Строительство и эксплуатация зданий и инженерных сооружений" и 240305 (2508) "Производство тугоплавких и силикатных материалов" / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко, Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Москва : Издательский Дом "Инфра-М", 2010. – 266 с. – ISBN 978-5-16-004089-9.
2. Ширяев, А. Д. Способы повышения энергоэффективности зданий. Пассивный дом / А. Д. Ширяев, К. А. Крюков, В. И. Лейман // Энергетика и автоматизация в

современном обществе : Материалы V Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей. В 2-х частях, Санкт-Петербург, 20 мая 2022 – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. - Часть I. – С. 208-212. – EDN ZTJUQN.

3. Дьяковская, О. С. Инновационные теплоизоляционные материалы в строительстве на основе аэрогелей / О. С. Дьяковская // Инновационные перспективы Донбасса : Материалы 6-й Международной научно-практической конференции, Донецк, 26–28 мая 2020 года. Том 1. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2020. – С. 20-24.

4. Seraji, M. M. Thermal ablation-insulation performance, microstructural, and mechanical properties of carbon aerogel based lightweight heat shielding composites / M. M. Seraji, A. Arefazar // Polymer Engineering and Science. – 2021. – Vol. 61, No. 5. – P. 1338-1352. – DOI 10.1002/pen.25648.

5. Гладышев, Н. Н. Эффективность регулирования подвода тепловой энергии к системам отопления жилых зданий / Н. Н. Гладышев, А. Д. Ширяев, О. А. Долженко // Энергетика, управление и автоматизация: инновационные решения проблем : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей, Санкт-Петербург, 22 декабря 2022 года – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. – С. 78-81. – EDN KHIDUE.

STEM (science, technology, engineering, mathematics) education

UDC 69

Vitiugova I. Calibration of gas sensor data classification models

Калибровка моделей классификации данных газовых сенсоров

Vitiugova Iuliia

Lomonosov Moscow State University
Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics
Laboratory of Adaptive Methods of Data Processing
Scientific supervisors: Sergey Dolenko, Alexander Efitarov
Витюгова Юлия

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына
Лаборатория адаптивных методов обработки данных
Научные руководители: С.А. Доленко, А.О. Ефиторов

Abstract. This scientific work focuses on the problem of storing and processing sensor data in modern microelectronics and their application in monitoring systems. An experiment was conducted using gas sensors as an illustration. The efficiency of calibration methods was examined using various machine learning algorithms to solve the problem of gas classification. In particular, the paper emphasizes the importance of model calibration in machine learning to enhance the accuracy of predictions and explain the linearity of the membership function.

Keywords: sensor data, gas sensors, machine learning, big data analysis, model calibration.

Аннотация. В данной научной работе рассматривается проблема хранения и обработки сенсорных данных в современной микроэлектронике и их применение в системах мониторинга. В качестве иллюстрации проведено исследование с использованием газовых датчиков. Рассматривалась эффективность методов калибровки при различных алгоритмах машинного обучения при решении задачи классификации газов. В особенности, статья выделяет важность калибровки моделей в машинном обучении для повышения эффективности предсказаний и прояснения линейности функции принадлежности.

Ключевые слова: сенсорные данные, газовые датчики, машинное обучение, анализ больших данных, калибровка моделей.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Введение

В настоящее время заметны весьма значительные успехи в развитии микроэлектроники и коммуникационных технологий, повсеместное проникновение цифровых технологий привели к появлению огромных объемов сенсорных данных. Сбор, хранение и анализ сенсорных данных, являются немаловажным направлением деятельности в современном мире (I. Shafer, 2013). Сенсорные данные от датчика представляют собой временные ряды. Примерами источников данных являются системы управления производством, системы эксплуатационного мониторинга телекоммуникационных систем, системы автоматизации научных исследований. Анализ сенсорных данных позволяет контролировать изменение состояния объекта мониторинга во времени, изучать закономерности поведения, выявлять тенденции, удаленно диагностировать неисправности, принимать обоснованные решения по управлению объектом. Задача хранения сенсорных данных, таким образом, является актуальной и уже имеет множество решений. Недавний систематический поиск программного обеспечения баз данных временных рядов обнаружил 83 программных системы, и не похоже, чтобы на этом развитие темы закончилось (A. Bader, 2017). Разнообразие решений вызвано разнообразием условий задачи, в числе которых количество датчиков, темп поступления данных, длительность хранения, преобладание запросов на запись или на чтение, типы запросов на чтение, экономические ограничения. В исследуемой работе были рассмотрены данные с газовых сенсоров, представляющие собой простые временные ряды. Суть эксперимента заключалась в устранении утечек в трубопроводе с помощью создания газовых сенсоров. Проверка трубопровода основана на оценках: с помощью численных моделей, на основе параметров работы трубопровода, обнаружения акустической эмиссии и т.д. В нашем случае модель предсказывала значение одного из двух классов в ходе которых выступали газы: пропан и водород. Проводился анализ функции ответа выходов модели на валидационной выборке, приводя ее к линейному виду для того, чтобы оценить степень принадлежности примера к тому или иному классу. По итогу рассматривалась эффективность методов калибровки при различных алгоритмах машинного обучения при решении задачи бинарной классификации.

Модели машинного обучения помогают принимать решения в весьма сложных и ответственных задач, решение которых без участия человека казалось ранее недоступным. Наряду с этим одной из важнейших и до конца нерешённых теоретических и практических проблем в машинном обучении является калибровка

моделей. На протяжении обучения в связи с разными причинами итоговая модель может демонстрировать разную эффективность для всевозможных примеров. Вытекающий фактор — функция числа, показывающая принадлежность примера к тому или иному классу не является линейной. Вместе с тем при выборе по порогу предполагается линейное и одинаковое поведение всех выходов сети. *Калибровкой модели* называют задачу приведения функции принадлежности к линейному виду.

Данные

Используемые в данной работе экспериментальные данные были получены на химическом факультете МГУ кафедры неорганической химии в лаборатории химии и физики полупроводниковых и сенсорных материалов, руководитель группы ст.н.с., к.х.н. В.В.Кривецкий. В ходе эксперимента проводились измерения и запись данных с газовых датчиков для мониторинга атмосферного воздуха с целью обнаружения утечек. Использовался синтез газочувствительных материалов с помощью одностадийного метода пиролиза с распылением пламени для изготовления датчиков. В настоящем исследовании были использованы три материала: чистый SnO₂, модифицированный золотом SnO₂ и биметаллические Au и Pd, модифицированные SnO₂. Датчики помещали в изолированную проточную камеру из политетрафторэтилена. Поток воздуха отбирался снаружи здания химического факультета МГУ через трубку из ПТЭФ, снабженную керамическим пылевым фильтром с помощью мембранного вакуумного насоса. Наружный поток был зафиксирован с помощью дроссельной заслонки. Газовые баллоны использовались для добавления газов с помощью регуляторов расхода. Генератор чистого воздуха использовался для подачи воздуха, разбавления потока углеводородов, а также для формирования потока воздуха через камеру датчика без примеси метана или пропана. Смешивание газов продолжалось 12 ч и состояло из трех этапов по 1 ч каждый с поступлением газа в различных концентрациях как для метана, так и для пропана. Каждая стадия поступления газа отделялась от следующей потоком окружающего воздуха в течение 1 ч. Приготовление газовой смеси было полностью автоматизировано с использованием контроллеров массового расхода и заслонок, управляемых специальным программным обеспечением для ПК. Датчики работали в режиме модуляции рабочей температуры, с линейными ступенями нагрева и охлаждения и стабильными температурными интервалами 5 секунд при низкой и высокой температуре. Высокая температура была установлена равной 500°C для всех 3 датчиков, низкая температура была установлена равной 100°C. Стадия нагрева длилась 35 секунд, охлаждения – 15 секунд. Таким образом, один цикл модуляции

температуры длился 60 секунд. Примененный протокол смешивания газа позволил получить 60 циклов измерений концентрации газа. Сопротивление чувствительного слоя измеряли в режиме постоянного тока смещения. Для реализации программы режима работы датчика и сбора данных использовался лабораторный электронный блок управления.

Оценка прогнозирования

При калибровке модели мы пытаемся масштабировать предсказания модели так, чтобы распределение и поведение оценки вероятности для каждого класса было аналогично распределению и поведению вероятности для каждого класса, наблюдаемым в обучающих данных.

Рассмотрим задачу классификации с k – количеством классов, входными данными $x \in X$ и меткой $y \in Y = \{1, \dots, k\}$. Пусть h – нейронная сеть и при ее действии на X , получаем: $h(X) = (\hat{Y}, \hat{P})$, где $\hat{Y}$ – предсказание класса, а $\hat{P}$ – вероятность достоверности предсказания, подлежащая калибровке. Введем понятие *идеальной калибровки*, которая определяется как:

$$\mathbb{P}(\hat{Y} = Y | \hat{P} = P) = p, \quad \forall p \in [0,1]$$

При идеальной калибровке значения оценки принадлежности должны соответствовать доле правильно классифицированных значений. Например, при рассмотрении 100 примеров, каждый с вероятностью правильного ответа 0.8, ожидая, что 80 из них должны быть правильно классифицированы. В реальных условиях достичь идеальной калибровки практически невозможно, но качество калибровки возможно оценить с помощью некоторых метрик:

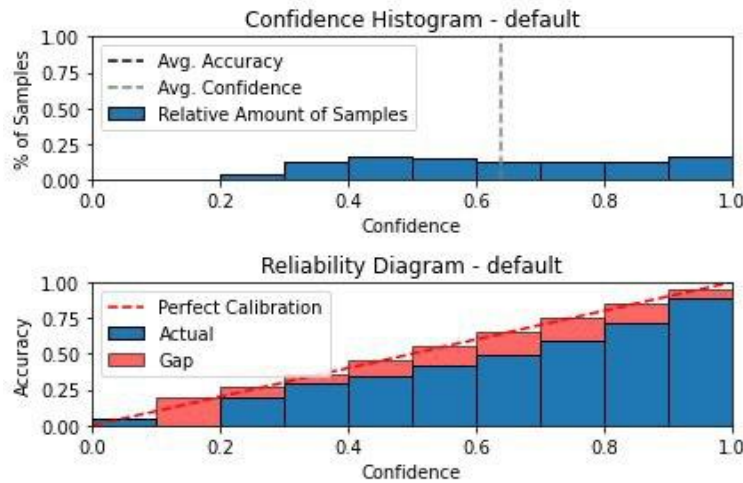
Диаграмма калибровки

Диаграмма калибровки является распространенным средством для иллюстрации свойств вероятностных систем прогнозирования. Для построения диаграммы калибровки требуется оценить *точность* и *уверенность* модели по конечным выборкам, затем оба значения визуализируются в виде гистограммы с идентификационной линией (Рис.5). Если модель идеально откалибрована, то диаграмма должна построить функцию идентичную идеальной калибровки. В случае, если идентификационная линия ниже диагонали, тогда предсказанные оценки модели слишком велики, если ниже — слишком малы. Для удобства дальнейшего изложения введем понятие *биннинга*. Значения принадлежности объекта к классу модели группируются по оценки

вероятности в интервал ячеек M и рассчитывается точность каждой ячейки. Данный алгоритм называется *биннингом*. Далее создается множество индексов выборок B_m , значения предсказаний, которые попадают в интервал $I_m = \left(\frac{m-1}{M}, \frac{m}{M}\right]$. Рассчитать уверенность и точность модели можно по следующим формулам:

$$acc(B_m) = \frac{1}{|B_m|} \sum_{i \in B_m} \mathbf{1}(\hat{y}_i = y_i) ,$$

$$conf(B_m) = \frac{1}{|B_m|} \sum_{i \in B_m} \hat{p}_i$$



Методы калибровки

Калибровка функции принадлежности — это операция масштабирования, которая применяется после того, как предсказания были сделаны моделью. Рассмотрим выходы нейронной сети: модель, получая входные данные x_i и метки y_i , получает прогнозируемые метки $\hat{y}_i$ для класса k и выводит оценки принадлежности $\hat{p}_i$ объектов к классам, а также логит-функции $z_i \in \mathbb{R}$.

Биннинг гистограмм (Zadrozny, 2001) — это непараметрический метод калибровки. Вслед за биннингом некалиброванных предсказаний $\hat{p}_i$, следует задача оптимизации по параметрам θ . Каждой ячейке $B_1, \dots, B_M$ присваивается калиброванный параметр θ , таким образом, чтобы минимизировать функцию потерь:

$$\min_{\theta_1, \dots, \theta_M} \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^n \mathbf{1}(a_m \leq \hat{p}_i < a_{m+1}) (\theta_i - y_i)^2$$

$$B_m \in (a_m, a_{m+1}]$$

где $\mathbf{1}$ - функция индикатора. Учитывая фиксированные границы ячеек, решение приводит к θ_m , которые соответствуют среднему числу образцов положительного класса в ячейке B_m .

Изотонная регрессия (Zadrozny, 2001) — это наиболее распространенный непараметрический метод калибровки, изучающий кусочно-постоянную функцию f для преобразования некалиброванных выходов: $\hat{q} = f(\hat{p})$. Решение задачи оптимизации идентично биннингу гистограмм, но существует дополнительное условие:

$$\min_{\substack{\theta_1, \dots, \theta_M \\ \alpha_1, \dots, \alpha_{M+1}}} \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^n \mathbf{1}(a_m \leq \hat{p}_i < a_{m+1}) (\theta_i - y_i)^2$$

$$0 = a_1 \leq a_2 \leq \dots \leq a_{M+1} = 1,$$

$$\theta_1 \leq \theta_2 \leq \theta_M$$

Где M — число интервалов ячеек, $a_1, \dots, a_{M+1}$ — границы интервалов. При такой параметризации изотонная регрессия является строгим обобщением биннинга гистограмм, в котором границы ячеек и предсказания ячеек совместно оптимизируются.

Байесовский Биннинг (Naeini, 2015) является ансамблевым методом. Он осуществляет комбинацию нескольких биннингов с разным числом ячеек, создавая схему биннинга s , которая представляет собой пару $(M, \mathcal{L})$ из числа ячеек M и соответствующего разбиения $\mathcal{L}$. Если биннинг гистограмм и изотоническая регрессия дают единую схему биннинга, то Байесовский биннинг рассматривает пространство S всех возможных схем биннинга для набора данных валидации D . Оценка принадлежности выводится с помощью линейной комбинации оценок биннингов с весами, применяя байесовское усреднение вероятностей:

$$\mathbb{P}(\hat{q}_{te} | \hat{p}_{te}, D) = \sum_{s \in S} \mathbb{P}(\hat{q}_{te}, S = s | \hat{p}_{te}, D)$$

$$= \sum_{s \in S} \mathbb{P}(\hat{q}_{te} | \hat{p}_{te}, S = s, D) \mathbb{P}(S = s | D)$$

где $\mathbb{P}(\hat{q}_{te} | \hat{p}_{te}, S = s, D)$ — калиброванная вероятность с использованием схемы биннинга S .

Температурное шкалирование придумано специально для калибровки моделей нейронных сетей. Метод температурного шкалирования считается самым простым в реализации, при этом дает весьма хорошие результаты. Идея метода заключается в том, что он работает непосредственно на логит-функциях z_i , а не на оценках принадлежности $\hat{p}_i$. Логит-функции масштабируются с помощью скалярного параметра $T > 0$ для всех классов. Оптимальный параметр T получается из минимизации отрицательного логарифмического правдоподобия для отложенного набора данных. T — называют «температурой», и она как бы «смягчает» функцию softmax (т. е. повышая выходную энтропию), T не зависит от результата классификации, поэтому точность калибруемого алгоритма не меняется. Калиброванное значение принадлежности может быть получено путем:

$$\hat{q}'_i = \max_k \sigma_{SM} \left(\frac{z_i}{T} \right)^{(k)}$$

Результаты

В данном вычислительном эксперименте были рассмотрены выходы четырех алгоритмов машинного обучения: Многослойного персептрона (МП), Метода опорных векторов (МОВ), Стохастического градиентного спуска (СГС) и Случайного леса (СЛ). Используемые данные были разделены на обучающий и тестовый набор, которые содержали 5292, 2808 примеров. В качестве базовых параметров обучения модели нейронной сети были взяты следующие: персептрон с логистической сигмоидальной передаточной функцией для скрытых слоев, для выходного слоя использовалась линейная. Далее к моделям были применены методы калибровки: Биннинг гистограмм, Изотонная регрессия, Байесовский биннинг и Температурное шкалирование. Рассчитаны оценочные значения эффективности (площадь под графиком ROC — AUC) моделей до и после применения методов калибровки.

	<i>Original model without calibration</i>	<i>Histogram Binning calibration method</i>	<i>Isotonic Regression calibration method</i>	<i>Bayesian Binning calibration method</i>	<i>Temperature Scaling calibration method</i>
<i>MP</i>	0.910	0.884	0.892	0.899	0.910
<i>MOV</i>	0.917	0.911	0.911	0.912	0.917
<i>SGD</i>	0.928	0.922	0.930	0.928	0.928
<i>RF</i>	0.925	0.925	0.927	0.926	0.925

Заключение

При нейросетевом решении задачи бинарной классификации, полученные метки и оценки принадлежности примеров к классам прошли постобработку с помощью методов калибровки: Гистограммного биннинга, Изотонной регрессии, Байесовского биннинга и Температурного шкалирования. По результатам выполнения данной работы можно сделать следующие выводы:

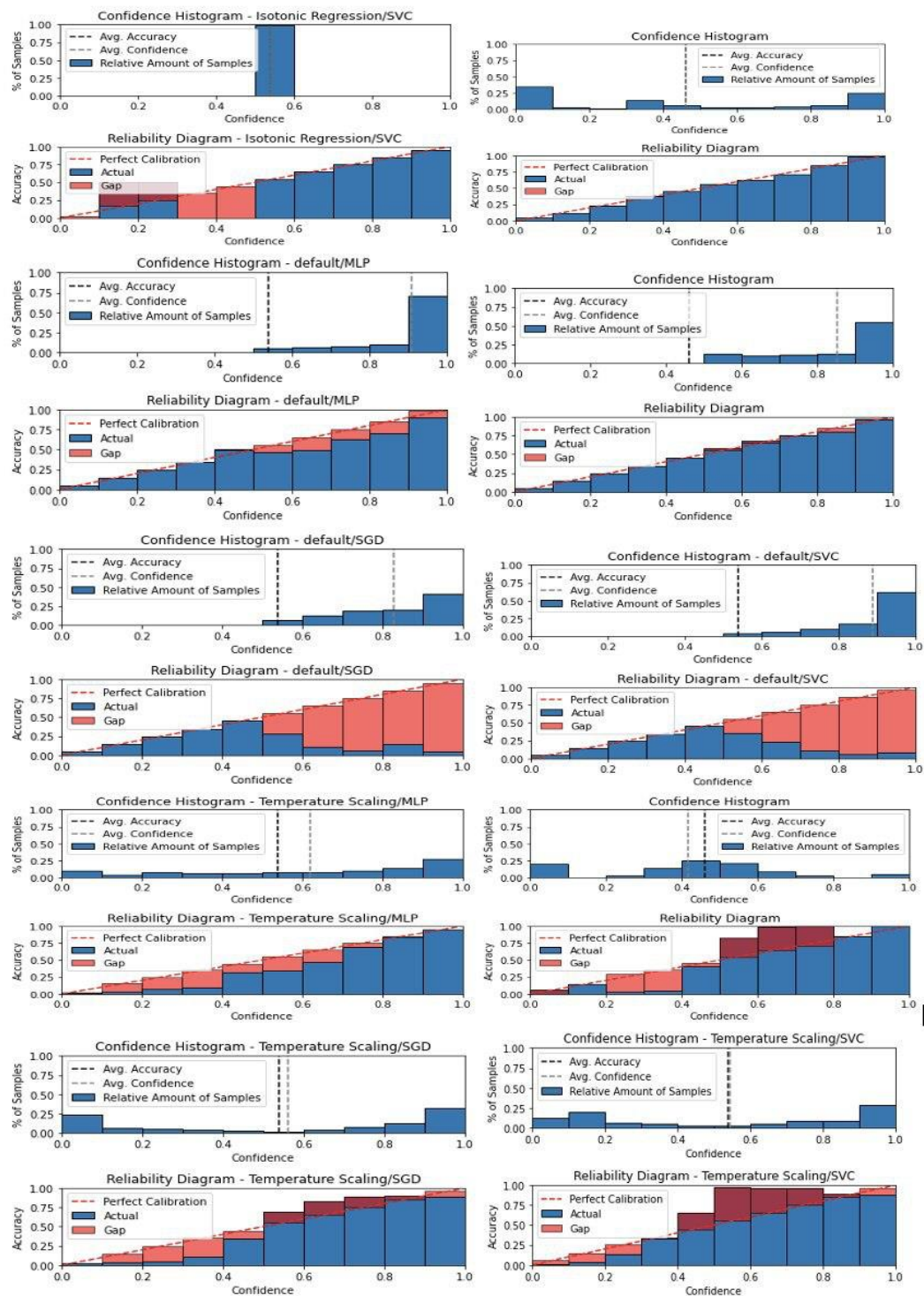
1. Для модели МП классификатора лучшие оценки эффективности показали методы Температурного шкалирования и Байесовского биннинга, наблюдалось ухудшение качества при методах Изотонной регрессии и Гистограммного биннинга.
2. Для MOV модели высокие значения получены при применении метода Температурного шкалирования, другие методы показали менее высокие результаты.
3. Для классификатора СГС самая высокая оценка эффективности была при применении метода Изотонной регрессии.
4. При применении метода Изотонной регрессии, получены наилучшие результаты для модели СЛ.

References

1. I. Shafer, R.R. Sambasivan, A. Rowe, G.R. Ganger, Specialized storage for big numeric time series, 2013
2. A. Bader, O. Kopp, M. Falkenthal. "Survey and comparison of open-source time series databases, 2017.
3. Chuan Guo, Geoff Pleiss, Yu Sun, Kilian Q. Weinberger. On Calibration of Modern Neural Networks, 2017.

4. Max Kuhn. Applied Predictive Modeling, 2017.
5. Valeriy V. Krivetskiy, Matvei D. Andreev, Aleksandr O. Efitov, Alexander M. Gaskov. Statistical shape analysis of temperature modulated metal oxide gas sensor response for improved selectivity of hydrocarbons detection in real atmospheric conditions, 2020.
6. Jochen Bröcker and Leonard A. Smith. Increasing the Reliability of Reliability Diagrams, 2007.
7. Alexandru Niculescu-Mizil, Rich Caruana. Predicting Good Probabilities with Supervised Learning, 2005.
8. Bianca Zadrozny Charles Elkan. Obtaining calibrated probability estimates from decision trees and naive Bayesian classifiers, 2001.
9. Tim Leathart, Maksymilian Polaczuk, Temporal Probability Calibration, 2020.
10. Taejong Joo, Uijung Chung, Min-Gwan Seo, Being Bayesian about Categorical Probability, 2020.
11. Tim Leathart Eibe Frank Bernhard Pfahringer Geoffrey Holmes, On Calibration of Nested Dichotomies, 2018.

Приложение



TECHNOLOGY, ENGINEERING

UDC 620.9

Kiselev A.A., Lipatov M.S. Methods of damage control and diagnostics in heat and mechanical equipment

Методы контроля и диагностики повреждений в тепломеханическом оборудовании

Kiselev Andrey Alekseevich,

Student of group 545,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Lipatov Maxim Sergeevich,

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Киселёв Андрей Алексеевич,

Студент группы 545,

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна.

Высшая школа технологии и энергетики

Липатов Максим Сергеевич,

Ст. преподаватель кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. The paper discusses the main equipment malfunctions at thermal power plants, the causes of their occurrence and methods of damage control. The article proposes a method for early detection of possible breakdowns by joint application of acoustic emission methods, X-ray in combination with machine learning.

Keywords: diagnostics, control methods, shutdown, acoustic emission, thermal mechanical equipment, X-ray, machine learning.

Аннотация. В работе рассматриваются основные неисправности оборудования на теплоэлектростанциях, причины их появления и методы контроля повреждений. В статье предложен метод заблаговременного обнаружения возможных поломок путем совместного применения методов акустической эмиссии, рентгеноскопии в комплексе с машинным обучением.

Ключевые слова: диагностика, методы контроля, останов, акустическая эмиссия, тепломеханическое оборудование, рентгеноскопия, машинное обучение.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

В современном мире потребление энергии продолжает расти, и это означает, что теплоэнергетика, которая является одной из основных отраслей, становится все более важной сферой деятельности. Кроме того, развитие информационных технологий приводит к возможности использования новых инструментов и подходов, которые могут повысить эффективность генерации электроэнергии путем предотвращения и предупреждения поломок. В этом контексте искусственный интеллект (ИИ) становится всё более популярным среди тех, кто занимается теплоэнергетикой, и считается одним из наиболее перспективных инструментов для оптимизации и улучшения работы систем предотвращения поломок на ТЭЦ [1].

В процессе эксплуатации энергетических установок возможно возникновение разного рода дефектов и повреждений элементов, что приводит к снижению эксплуатационной эффективности, простоя оборудования и, как следствие, экономическим потерям.

Отказ и останов энергетического оборудования зависит от различных факторов и может быть вызван внутренними и внешними причинами. С точки зрения характера проявления отказы и остановки можно разделить на внезапные и постепенные. Кроме того, очень часто повреждения и, как следствие, останов одного оборудования в цепочке генерации приводит к останову последующего, что называется связанными (зависимыми) остановами. Ошибки проектирования, недостатки технических решений при разработке оборудования являются конструктивными причинами остановов. К эксплуатационным причинам относят износ и старение оборудования, несоответствие условий работы оборудования проектным (расчетным) режимам, ошибки дежурного или руководящего персонала, нарушение производственных инструкций и регламентов. Еще одна группа причин повреждений и остановов — производственная: заводские дефекты (качество металла, сборки и др.), дефекты строительства, монтажа и наладки, нарушение порядка проведения ремонтных работ.

На основе накопленных статистических данных интенсивность отказов тепломеханического оборудования с течением времени делится на 3 этапа: приработка, эксплуатация, износ. Первый этап — приработки — может длиться от 1 до 3-х лет. В этот период происходит отбраковка заводских дефектов и дефектов монтажа и ремонта. Количество отказов имеет тенденцию снижения. Второй этап - период нормальной работы оборудования, в течение которого количество отказов незначительно. Продолжительность этого периода зависит от особенностей конструкции и условий эксплуатации. Третий этап характеризуется возрастающей интенсивностью отказов в связи развивающимися процессами старения и износа и

исчерпанием ресурса оборудования, дальнейшая эксплуатация недопустима.

По виду основного оборудования ТЭС неисправности распределяются на такие группы, как котельное, турбинное и электротехническое, арматура и трубопроводы (рис. 1).

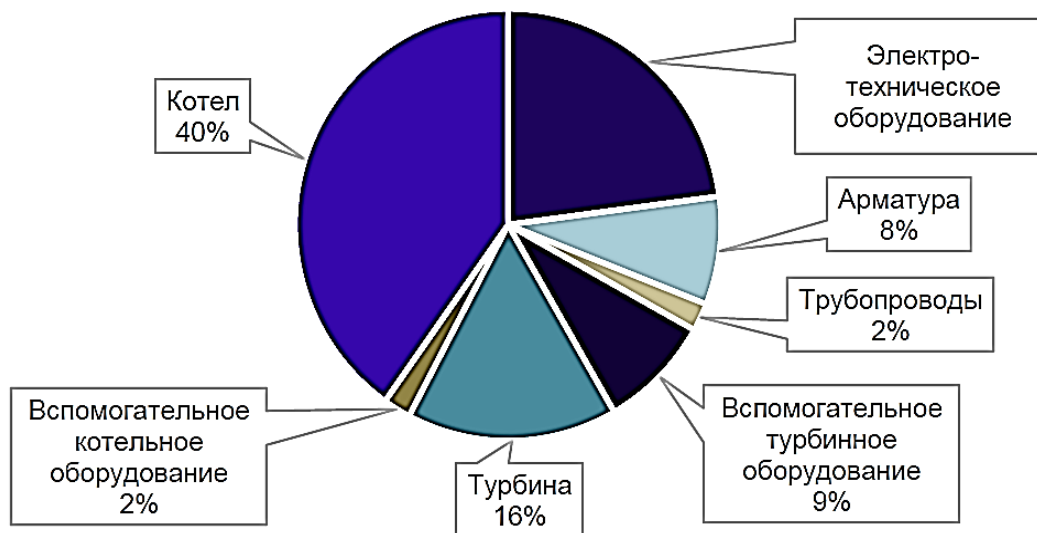


Рисунок 1. Распределение неисправностей оборудования ТЭС [2]

Причины отказов и остановов в работе турбины можно разделить на 2 группы: повреждения лопаток машины и повреждения других узлов и элементов (корпуса цилиндров, стопорные и регулирующие клапаны и др.). Самыми тяжелыми являются последствия первой группы, с повреждениями второй группы работа турбины может продолжаться без останова.

Анализ причин отказов и остановов котла показывает, что наиболее частые неполадки и повреждения (табл. 1) происходят в основных поверхностях нагрева, обусловленные тяжелыми условиями их эксплуатации: интенсивность процесса горения, условия теплообмена, наличие или отсутствие коррозии и отложений, изменение свойств металла [3].

Оборудование	Доля отказов, %
Поверхности нагрева	79,2
Вспомогательное оборудование	3,5
Топливоподача, газопроводы	2,0
Регенеративные воздухоподогреватели	0,1
Обмуровка	0,3
Арматура	4,9
Автоматика	7,4
Прочие	2,6

Таблица 1. Доля отказов котельного оборудования

Существует несколько причин неисправности поверхностей нагрева котельного оборудования:

Одной из основных причин неисправности поверхностей нагрева является коррозия [4]. Коррозия может быть вызвана различными факторами, включая воздействие воды, кислоты, щелочей, солей и других химических веществ. Коррозия может также происходить из-за неправильного pH-баланса или недостаточной обработки воды.

Другой причиной неисправности поверхностей нагрева является накипь. Накипь образуется, когда соли и другие минералы в воде оседают на поверхности нагрева, что приводит к уменьшению эффективности теплообмена и повышению затрат на энергию.

Третьей причиной неисправности поверхностей нагрева может быть износ. Износ может быть вызван механическими факторами, такими как трение и коррозия, или высокой температурой.

Наконец, некоторые причины неисправности поверхностей нагрева могут быть связаны с ошибками в проектировании или конструкции оборудования. Например, недостаточное количество поверхностей нагрева или неправильное расположение элементов может привести к неэффективному теплообмену и ухудшению производительности оборудования.

Срок наработки оборудования до появления повреждений зависит от качества монтажа, ремонтных работ, от состояния металла и наличия дефектов, от условий эксплуатации и качества теплоносителя. Распределения отказов элементов котла представлены в таблице 2.

Элемент поверхности	Доля отказов, %
Экономайзер	30-35
Испарительные экраны	14-30
Пароперегреватели	20-40
Необогреваемые трубы	3-8
Прочие элементы	5-6

Таблица 2. Распределение отказов на котле

Разрыв трубы элементов котла может возникать по различным причинам. Например, в результате некачественного выполнения сварки при монтаже, коррозионных повреждений или утонения стенки от эрозионного износа. В большинстве случаев при возникновении повреждения в одной трубе, сгибе или сварном шве истекающие из них струя воды или пара разрушает соседние трубы. К моменту останова и расхолаживания оборудования поврежденными оказываются несколько труб [5].

Контроль оценки состояния оборудования может проводиться на различных этапах жизненного цикла, как на этапе сборки и монтажа, так и при эксплуатации и вывода из ремонта. Средства мониторинга состояния определяются целями и задачами основных мероприятий (рис. 2).



Рисунок 6. Основные средства определения повреждений

Рисунок 2. Основные средства определения повреждений

Детальнее рассмотрим основные средства определения повреждений:

Тепловизоры и акустические приборы - позволяют выявлять неисправности в работе оборудования путем анализа тепловых и звуковых потоков. Тепловизоры позволяют обнаружить повреждения и деформации на поверхности нагрева, а акустические приборы могут выявлять утечки и трещины в оборудовании.

Эндоскопы, дефектоскопы и видеокамеры - используются для визуального обследования внутренних частей оборудования, что позволяет обнаруживать скрытые дефекты и повреждения. Эти приборы позволяют осмотреть труднодоступные участки оборудования, такие как трубы, и выявлять наличие трещин, коррозии и других дефектов.

Приборы ультразвукового / рентгенографического / радиографического контроля состояния - позволяют обнаруживать дефекты, которые не видны невооруженным глазом [6]. Ультразвуковые приборы используются для выявления скрытых дефектов, таких как трещины, поры и включения в металле. Рентгенографические и радиографические приборы позволяют получить изображение внутренних частей оборудования и выявить дефекты, которые невозможно обнаружить визуально.

Измерительные приборы различного назначения - позволяют измерять различные параметры оборудования, такие как температуру, давление, расход и т.д. Эти приборы могут помочь выявить неисправности, связанные с нарушением параметров работы оборудования.

Устройства металлографии - используются для анализа структуры металла и определения наличия дефектов. Эти приборы позволяют определить прочность и долговечность металлических деталей, а также выявить наличие дефектов, таких как трещины и поры.

Тепловые и гидравлические испытания - позволяют проверить работоспособность оборудования при экстремальных условиях, например, при повышенных температурах или давлении. Эти испытания могут помочь выявить неисправности, связанные с прочностью и устойчивостью оборудования.

Параметрическая диагностика позволяет анализировать различные параметры работы оборудования, такие как температура, давление, расход и т.д. Анализ данных, полученных от различных приборов и измерительных устройств, позволяет выявить неисправности, связанные с нарушением этих параметров работы оборудования.

На сегодняшний день, интегрируя современные подходы имеется возможность

найти эффективное решение, отвечающее вызовам отрасли. Но стоит отметить, что использование вышеперечисленных методов по-отдельности не так эффективно, нежели применение их в совокупности. Необходимо рассмотреть использование в купе методов акустической эмиссии и рентгеноскопии для повышения их эффективности. Акустическая эмиссия - это метод, который использует высокочувствительные датчики для регистрации ультразвуковых волн, которые возникают в материале в результате деформаций или разрушений [7]. Во время работы оборудования, датчики акустической эмиссии могут быть установлены на поверхности котла, и затем собранные данные обрабатываются для выявления дефектов. Для обработки данных необходимо использовать методы машинного обучения. Чтобы обучить модель, необходимо иметь большой объем данных. Для получения и классификации данных возможно использование метода рентгеноскопии. Применительно к тепломеханическому оборудованию, рентгеноскопия может использоваться для обнаружения внутренних дефектов, таких как трещины или сварные швы, в металлических элементах. Для этого на оборудование устанавливаются рентгеновские источники и детекторы, которые захватывают изображения внутренней структуры элементов. После получения достаточного количества данных, необходимо обучить нейронную сеть. Для обучения программы понадобится некоторое количество времени, которое невозможно точно спрогнозировать. Сбор данных с нуля займет достаточно много времени, но если уже существует база данных с нужным количеством и качеством информации, то можно существенно его сократить. После правильного обучения программа способна предупреждать и выявлять дефекты, а также классифицировать их.

References

1. Сидельковский Л.Н. Юренев В.Н Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов.- 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1988. - 528с.
2. Труханов. В. М. Математическая модель прогнозирования отказов статистическим методом при испытаниях головных образцов энергетического оборудования ТЭС. // Ултанов М. М., Кухтик М.П., Горбань Ю.А. / Надежность и безопасность энергетики – 2018. Том: Номер: 3, Страницы: 235-240.
3. Shiryayev, A. D. Market overview of photovoltaic and wind power plants in Russia and the world / A. D. Shiryayev // Theory and Practice of Modern Science: the View of Youth, 24 ноября 2022 года. – Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – Р. 114-119.

4. Отказы и повреждения оборудования на ТЭС [Электронный ресурс] // URL: <https://www.stud24.ru/calorifics/otkazy-i-povrezhdeniya-oborudovaniya-na/486084-1889594-page1.html> (Дата обращения: 16.07.2023).

5. Практическое руководство компании НАЛКО по анализу повреждения котлов [Электронный ресурс] // URL: <https://djvu.online/file/TjQ14syhxJBCM> (Дата обращения: 16.07.2023).

6. Ширяев, А. Д. Преобразователь тепловой энергии в электрическую, термоэлектрогенератор: принцип работы, экономическая целесообразность применения на теплоэнергетических объектах / А. Д. Ширяев, Г. А. Морозов // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12, № 8. – С. 200-207. – EDN WZTDGQ.

7. Применение метода акустической эмиссии при диагностировании трубопроводов тепловых сетей [Электронный ресурс] // URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3216 (Дата обращения: 17.07.2023).

UDC 621.311

Kozlov V.V., Lipatov M.S. Use of solar panels in an urban environment

Использование солнечных панелей в городской среде

Kozlov Valery Vyacheslavovich,

Student of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Lipatov Maxim Sergeevich,

Senior Lecturer of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Козлов Валерий Вячеславович,
Студент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский
государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа
технологии и энергетики
Липатов Максим Сергеевич,
Ст. преподаватель кафедры Теплосиловых
установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. The article discusses the possibility of using solar panels in an urban environment. It describes the experience and examples of installing solar panels on the roofs of buildings, structures and in urban infrastructure.

Keywords: energy, solar panels, renewable energy sources, solar energy, energy supply.

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования солнечных панелей в городской среде. Описывается опыт и примеры установки солнечных панелей на крышах зданий, строений и в городской инфраструктуре.

Ключевые слова: энергетика, солнечные панели, возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, энергоснабжение.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Земля обогащена большим запасом природных не возобновляемых источников энергии. Их точное количество подсчитать сложно, поскольку некоторые виды ископаемого топлива трудноизвлекаемые или экономически дороги. Такие известные источники энергии, как нефть, газ и уголь являются первичными и составляют основу

энергетики большинства стран мира. Однако, если затронуть экологический аспект, то продукты их преобразования наносят большой вред окружающей среде.

Эти факты заставляют задуматься об альтернативных способах добычи энергии и введении в ряде стран "углеродного налога", созданного для снижения выбросов углекислого газа в атмосферу [1]. Этот налог не запрещает использование традиционных методов получения электроэнергии, а является шагом к сокращению выбросов токсичных веществ в атмосферу, которые негативно влияют на многие сферы жизнедеятельности человека. Самыми очевидными проблемами, которые возникают в следствии углеродных выбросов, является загрязнение атмосферы и нарушение теплового баланса в мире.

На протяжении многих веков человек придумывал, улучшал и модернизировал технологии для своей жизни и повышения её уровня. Анализируя прогноз развития и интеграции установок возобновляемых источников энергии (ВИЭ), исследователи заявили, что к 2030 году они могут достичь 20% в мировом энергобалансе, без учета энергии, добываемой на гидроэлектростанциях [2]. Такого рода прогнозы смогут сбываться при условии большего и более частого внедрения новых способов добычи электроэнергии посредством возобновляемых источников электроэнергии.

На сегодняшний день, возобновляемая энергетика в Европе начала разгружать существующие генерирующие электростанции, снабжая большое количество мелких потребителей электроэнергией. Основным фактором активного развития альтернативных, возобновляемых источников энергии является их экологические преимущества, постоянное увеличение коэффициента полезного действия в установках на основе ВИЭ.

В многих странах потребительская цена на энергию, произведенную традиционными и возобновляемыми энергоустановками, одинакова [3]. Это связано с более высокими экологическими налогами и более высокими ценами на электроэнергию, производимую углеродными устройствами. Такая зависимость наиболее ярко проявляется на электростанциях, в то время как стоимость установок на возобновляемых источниках энергии снижается по мере технологического развития.

Сравнивая Россию с другими развитыми странами, можно заметить, что наша страна не находится в числе первых по использованию установок на базе ВИЭ. На данный момент объем добычи электроэнергии с помощью ВИЭ в РФ составляет менее 2%. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года от 09.06.20 № 1523-р предполагает «совершенствование механизмов стимулирования

развития возобновляемой энергетики на среднесрочную и долгосрочную перспективу» и «стимулирование добровольного спроса на электрическую энергию, выработанную на основе возобновляемых источников энергии».

Сегодня можно сказать, что рынок ВИЭ в РФ созрел для более массового внедрения в различные сферы жизни человека. Им начали интересоваться разные отрасли, которые хотят получить экологичную альтернативу привычной системе получения электроэнергии. Как и в любой другой отрасли, сегмент ВИЭ имеет свои недостатки, над которыми постоянно работают. В неё будут вносить свои коррективы, менять принципы регулирования в нормативных документах, но в итоге, не смотря на все минусы, экологичная энергетика будет развиваться во всех своих ответвлениях: экономических, технических и информационных [4]. Одной из возможностей предать импульс развитию возобновляемой энергетике в России и расширить спектр использования отдельного сегмента - является использование солнечных панелей для электроснабжения отдельных объектов инфраструктуры города.

Солнечные панели являются одним из наиболее эффективных способов получения энергии из возобновляемых источников. Они могут использоваться для освещения труднодоступных мест, таких как парки, сады, дороги и другие общественные места. Солнечные панели — это устройства, которые используют солнечный свет для производства электроэнергии. Они состоят из множества солнечных элементов, которые преобразуют энергию солнечного света в электрическую энергию. Эта энергия затем хранится в батарее, которая может использоваться для питания различных устройств. Когда солнечные панели получают достаточное количество энергии, они начинают производить электрическую энергию, которая может использоваться для питания светодиодных ламп.

Так, например, сегодня на дорогах общего пользования широко используют солнечные панели для электроснабжения указателей с мигающими светодиодами (рис.1). Дорожный знак «Пешеходный переход» подсвечивается благодаря солнечной панели, в течении светового дня и последующих 2-ух суток без солнца. Подобные установки работают уже сегодня практически в каждом районе Санкт-Петербурга, Москвы, Екатеринбурга. Еще один вид указателей со светодиодной подсветкой – это установленный над знаком светофор Т.7, постоянно мигающий в импульсном режиме оранжевым цветом (рис.2).



Рисунок 1. Дорожный знак «Пешеходный переход» подсветкой на солнечной панели



Рисунок 2. Автономный светофор Т.7, работающий от солнечной панели

На некоторых участках дороги, где снабжение электричеством существенно затруднено по каким-либо причинам, применяют солнечные панели для подсветки пешеходных переходов или остановочных пунктов (рис.3).



Рисунок 3. Организация наружного освещения с использованием солнечных панелей

Как можно заметить «экологическая» энергия с каждым годом набирает все больше оборотов, развивается и находит применение в разных ответвлениях инфраструктуры. Обращая внимание на тенденцию развития в других странах, Россия тоже будет двигаться в этом направлении [5]. Поэтому сейчас отечественные компании,

начинают адаптировать свою отрасль под возобновляемые источники энергии и развивают эту тему.

Сравнивая территориальное расположение России, и количество генерирующих объектов ВИЭ, можно сказать, что существующий потенциал реализуется очень слабо, из-за маленькой заинтересованности и скудного спонсирования в области разработки. Продвигаются мысли перевода малых потребителей энергии на возобновляемые генераторы электроэнергии, на пример: ночная подсветка гостиниц, парков, фасадов зданий, рекламных щитов и подобных агрегатов. Преобладающее большинство предпринимателей относятся скептически к подобным технологиям и не охотно воспринимают такого рода новшества. Ведь для монтажа и использования оборудования нужно быть уверенным, что все установки будут иметь достаточно электроэнергии для полноценной работы.

Неотъемлемая часть городской транспортной инфраструктуры — это остановки общественного транспорта, которые тоже могут быть с использованием солнечных панелей, давая возможность пользователям зарядить смартфоны и другие устройства. Подобная остановка (рис. 4) имеет автономное освещение, интерактивное табло и бесплатный Wi-fi - и все это используя лишь солнечную энергию [6].



Рисунок 4. Умная остановка в микрорайоне Новая Боровая в Минске

Солнечные панели также могут быть установлены на крышах зданий и использованы для получения энергии в труднодоступных местах, где нет доступа к электричеству от линий электропередач.

Кроме установки солнечных панелей на открытых участках земли, всё больше компаний и частных лиц устанавливают их на крышах зданий (рис.5). Это не только экологически чистое решение, но и экономически выгодное, так как солнечные панели на крышах могут обеспечивать энергией все здание, а избыток энергии можно продавать общественной электросети. Такой подход к использованию солнечной энергии становится все более популярным, многие активно внедряют эту технологию на своих объектах.



Рисунок 5. Солнечные панели на крыше здания

Для того чтобы организовать подачу солнечной энергии, необходимо определить ряд узлов:

- правильное подбор и расположение в пространстве панели (высота, ориентация панели относительно Солнца);
- КПД панели;
- подходящий накопитель энергии и их количество;
- удобство в эксплуатации оборудования;
- подходящее оборудование для подключения устройств между собой (токопровод, предохранитель, инвертор).

На протяжении последних пятидесяти лет правительства ведущих развивающихся государств потратили миллионы долларов на разработку и совершенствования технологий солнечной генерации энергии. Исследования в данной сфере за последнее десятилетие позволила изобрести технологию производства фотоэлектрических преобразователей той же КПД и меньшей стоимости. Самым ярким

представителем является Доминиканская республика, в которой около 82,1% от всех домов имеют собственную солнечную установку, примерная стоимость комплекта на отдельный дом составляет около ста восьмидесяти тысяч рублей [7]. А в доминиканском отеле "Dominican Fiesta" было смонтировано 1088 солнечных панелей разом и их суммарная мощность почти 400 тысяч киловатт-часов электричества в год. На презентации этого события Президент Национальной энергетической комиссии Энрике Рамирес отметил, что "сейчас это крупнейшая в гостиничной индустрии установка".

Конечно, в статье далеко не полный список возможностей солнечной энергетики в городской среде. Панели на солнечной энергии могут размещаться на крышах магазинов, офисных зданий, школ, рынков, стадионов, аэропортов и вокзалов. Что примечательно, все эти устройства эффективно могут работать и в наших широтах, что подтверждено многими странами-соседями.

References

1. Ивлева, М. Г. Углеродный налог как инструмент смягчения последствий изменения климата / М. Г. Ивлева // Актуальные научные исследования : сборник статей VII Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 августа 2022 года. – Пенза: Наука и Просвещение, 2022. – С. 85-89.
2. Гришина, Е. А. Использование солнечных панелей при проектировании объектов среды / Е. А. Гришина, П. А. Корчагина // Оригинальные исследования. – 2019. – Т. 9, № 6. – С. 34-48.
3. Домашенко, Т. Е. Применение солнечных панелей для уличного освещения и способы управления ими / Т. Е. Домашенко, Н. М. Шайтор // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2019 : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Севастополь, 23–26 сентября 2019 года . – Севастополь: Севастопольский государственный университет, 2019. – С. 549-551.
4. Ширяев, А. Д. Оценка экономической эффективности работы фотоэлектрических установок на территории города Санкт-Петербурга / А. Д. Ширяев, К. А. Крюков // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12, № 10. – С. 246-252.
5. Мургул, В. А. Солнечная энергетика в реконструкции городской среды исторической застройки Санкт-Петербурга / В. А. Мургул // Архитектура и современные информационные технологии. – 2013. – № 2(23). – С. 1-24.

6. Солнечная энергетика в современном городе [Электронный ресурс] – URL: <https://powergreen.pro/novosti/77-solnechnaya-energetika-v-sovremennom-gorode> (дата обращения: 17.07.2023)

7. В отеле Dominican Fiesta установлены солнечные батареи – [Электронный ресурс] – URL: <http://tours-tv.com/ru/news/10468> (дата обращения: 21.07.2023)

UDC 658.264

Shiryaev A.D. Improving the efficiency of heat supply systems: problems and solutions

Повышение эффективности систем теплоснабжения: проблемы и решения

Shiryaev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.

Higher School of Technology and Energy

Ширяев Александр Дмитриевич,

Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. Heat supply systems play an important role in providing heat and hot water for various sectors, including residential and commercial buildings, industrial enterprises and urban infrastructure. The efficiency of heat supply systems is an important aspect in ensuring comfort and reducing energy costs. This article discusses the main problems faced by modern heat supply systems, as well as offers solutions to improve their efficiency. The main emphasis is on the use of new technologies, process optimization and the introduction of innovative approaches.

Keywords: thermal energy, heat supply systems (HSS), improving the efficiency of HSS, heating load, heat pump.

Аннотация. Системы теплоснабжения играют важную роль в обеспечении тепла и горячего водоснабжения для различных секторов, включая жилые и коммерческие здания, промышленные предприятия и городскую инфраструктуру. Эффективность систем теплоснабжения является важным аспектом в обеспечении комфорта и снижении энергетических затрат. В данной статье рассматриваются основные проблемы, с которыми сталкиваются современные системы теплоснабжения, а также предлагаются решения для повышения их эффективности. Основной акцент делается на использовании новых технологий, оптимизации процессов и внедрении инновационных подходов.

Ключевые слова: тепловая энергия, системы теплоснабжения (СТС), повышение эффективности СТС, отопительная нагрузка, тепловой насос.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

Системы теплоснабжения (СТС) являются совокупностью технических устройств, агрегатов и подсистем, обеспечивающих приготовление теплоносителя, его транспортировку и распределение в соответствии со спросом на теплоту по отдельным потребителям. Однако, многие из этих систем сталкиваются с проблемами, такими как высокие энергетические потери, недостаточная эффективность и экологические проблемы. Поэтому повышение эффективности СТС является актуальной задачей для

устойчивого развития и снижения негативного влияния на окружающую среду. К основным проблемам низкой работоспособности систем теплоснабжения относятся тепловые потери, высокая температура подачи энергоносителя, низкая эффективность генерации тепловой энергии.

Излишние теплопотери являются одной из основных проблем СТС. Они могут быть вызваны неправильным утеплением трубопроводов, утечками, низким качеством изоляции и другими факторами. Теплопотери приводят к неэффективному использованию энергии и повышенным затратам. В некоторых системах теплоснабжения температура подачи может быть слишком высокой, что приводит к повышенным потерям тепла и неоптимальному использованию энергии. Это может быть вызвано неправильным распределением тепловой энергии, недостаточным контролем и регулированием системы. К тому же многие системы теплоснабжения используют устаревшие технологии и оборудование, что приводит к низкой эффективности генерации теплоты. Как правило, это связано с неправильным выбором теплогенераторов, отсутствием регулярного обслуживания и снижением производительности из-за старения оборудования.

Предлагается несколько решений для повышения эффективности СТС, применение которых возможно на практике. Например, использование тепловых насосов (ТН), которые могут значительно повысить эффективность систем теплоснабжения. В качестве предлагаемой СТС может быть рассмотрен вариант, традиционно состоящий из источника теплоснабжения, транспортных коммуникаций и систем теплопотребления, в состав которых включены ТН. Применение ТН в системах отопления зданий позволит поддерживать температуру воздуха в отапливаемых помещениях в автоматическом режиме. При этом регулирование тепловой нагрузки будет осуществляться по температуре внутреннего воздуха, а не наружного, как это происходит в системах с погодным регулированием. Использование тепловых насосов в системе теплоснабжения имеет несколько преимуществ. Во-первых, ТН могут использовать различные источники тепла, такие как воздух, вода или грунт, что делает их универсальными и экологически чистыми. Во-вторых, ТН обладают высокой эффективностью, так как они переносят тепло из низкотемпературной среды в высокотемпературную среду с использованием минимального количества энергии, что позволяет снизить затраты на энергию и снизить выбросы парниковых газов. В-третьих, ТН обеспечивают стабильный и непрерывный источник тепла, что является важным для обеспечения комфортных условий в зданиях.

Рассмотрим принципиальную схему, изображенную на рисунке 1, индивидуального теплового пункта (ИТП), оснащенного ТН парокompрессионного типа [1]. В испаритель 2 из подающей магистрали теплосети поступает теплоноситель с температурой $t_1 = 30 \div 35^\circ\text{C}$. В качестве источника низкопотенциального теплоносителя используется контур охлаждения конденсаторов паротурбинных установок теплоэлектроцентрали. В испарителе теплоноситель снижает свою температуру до $t_2 = 20 \div 25^\circ\text{C}$, отдавая свою теплоту фреону, с преобразованием его в парообразное состояние. Сжатие парообразного фреона в компрессоре позволяет повысить его температуру до $100 \div 150^\circ\text{C}$, который затем поступает в конденсатор 4, где происходит охлаждение и его конденсация. Отводимая в конденсаторе от фреона теплота передается воде, циркулирующей по внутридомовому контуру отопления между отопительными приборами и конденсатором.

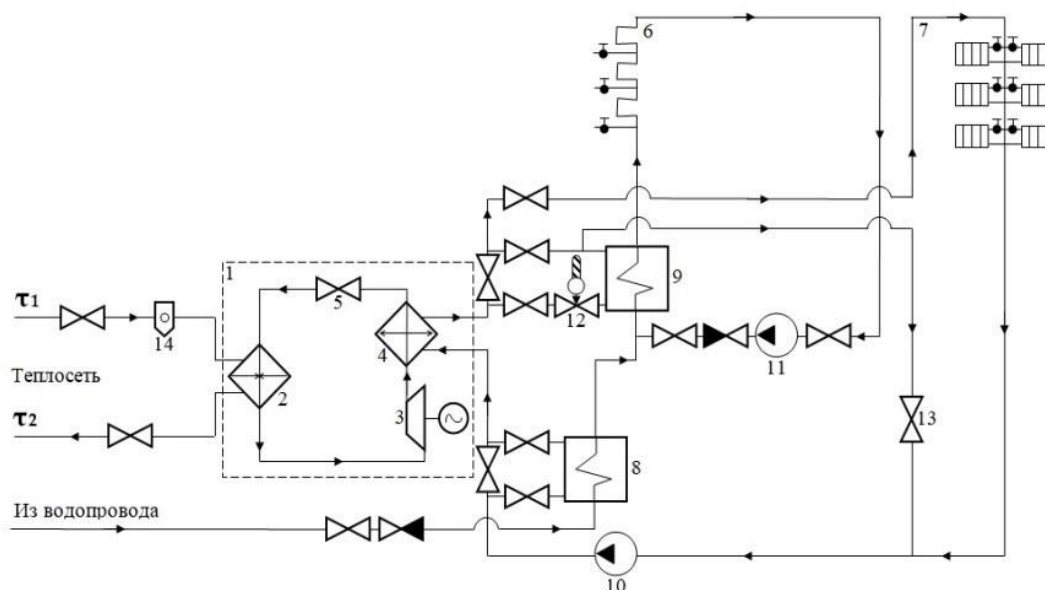


Рисунок 1. Принципиальная схема ИТП с ТН

В представленной схеме ИТП подключение контура ГВС реализуется по закрытой системе. Нагрев водопроводной воды для контура ГВС происходит в 2 этапа: сначала в водонагревателе I ступени 8, где в качестве греющей среды выступает остывшая вода из системы отопления, а затем в водонагревателе II ступени 9, где греющей средой служит нагретый в конденсаторе теплоноситель, направляющийся в систему отопления. Отопительная нагрузка является сезонной, а нагрузка ГВС – круглогодочной.

Температура теплоносителя в системе отопления должна меняться в зависимости от температуры наружного воздуха, а температура воды в системе ГВС должна быть постоянной в течение всего года. Для выполнения этого условия у водонагревателя II ступени установлен регулятор температуры 12, который регулирует расход греющей среды на входе в теплообменник 9. Циркуляция теплоносителя в отопительном контуре обеспечивается за счет работы циркуляционного насоса 10, циркуляция воды в контуре ГВС – насосом 11. В летний период контур отопления 7 отключается и открывается перемычка 13. В этом случае конденсатор ТН будет работать только для нагрева воды контура ГВС.

Индивидуальные тепловые пункты подобного вида могут быть установлены в подвальном помещении любого здания или в отдельно стоящем прилегающем сооружении. Для работы ТН потребуется затрата электрической энергии на приводе компрессора. В современных парокомпрессионных установках на 1 кВт·ч затраченной электроэнергии вырабатывается не менее 4 кВт·ч тепловой энергии, что зависит от температуры воды и количества теплоты, поступающей из конденсатора паровой турбины при его работе в режиме ухудшенного вакуума. Данную теплоту можно рассматривать в качестве теплового отхода при производстве электрической энергии на теплоэлектростанции.

На рисунке 2 представлены графики зависимости требуемой и фактически подводимой тепловой энергии от средней температуры наружного воздуха по месяцам отопительного периода города Санкт-Петербурга.

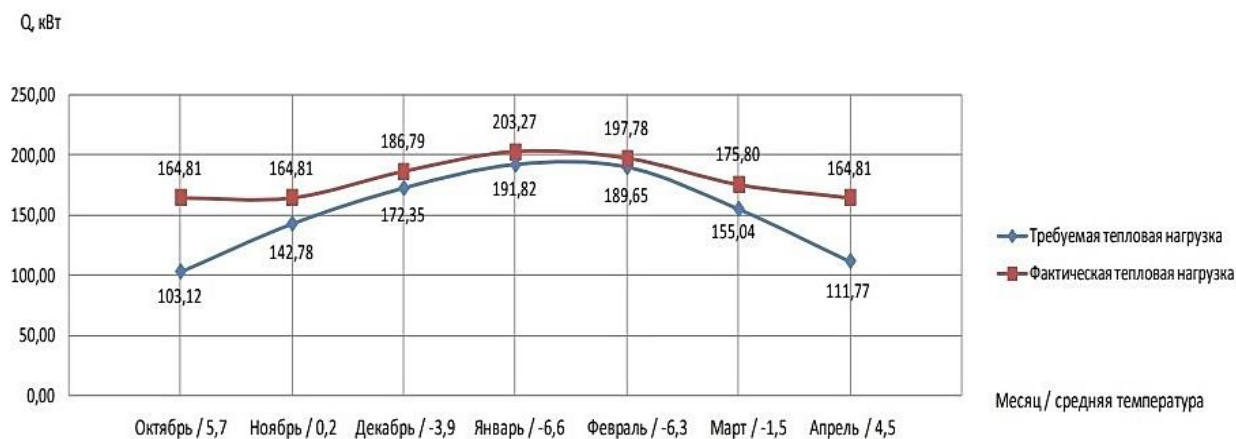


Рисунок 2. Графики зависимости требуемой и фактически подводимой тепловой нагрузки от средней температуры наружного воздуха по месяцам отопительного периода

Результаты сопоставления свидетельствуют о практическом совпадении тепловых нагрузок в период с ноября по март, с некоторым превышением фактически подводимой теплоты над требуемой величиной. Данное превышение в указанный период составляет 6 – 7 %. Все же в переходные периоды, а именно с начала отопительного сезона по ноябрь и с марта по конец отопительного сезона, наблюдается явное перетапливание здания. В указанные периоды фактически подводимая теплота превышает требуемое ее количество на $25 \div 30$ % [2]. Разность фактически подводимой теплоты и отопительной нагрузки показывает количество неэффективно используемой теплоты в системах отопления.

Внедрение системы управления и мониторинга позволяют оптимизировать работу системы теплоснабжения, предоставляя точную информацию о потреблении, температуре, давлении и других параметрах. Это позволяет регулировать работу системы в реальном времени и максимально эффективно использовать ресурсы. Системы управления и мониторинга позволяют выявлять потери энергии и оптимизировать процессы, что приводит к повышению эффективности системы теплоснабжения. Например, автоматическое регулирование температуры и распределение тепла позволяют снизить потери и снизить затраты на энергию. Системы мониторинга позволяют раннее обнаруживать возможные проблемы, такие как утечки, неисправности оборудования или неправильное функционирование системы [3]. Это позволяет принять меры по их устранению до того, как они приведут к серьезным последствиям и повышенным затратам. Системы управления и мониторинга предоставляют данные и аналитику, которые помогают в планировании и прогнозировании потребности в тепле и ресурсах, что позволяет эффективно распределять ресурсы, предотвращать перегрузки и снижать нагрузку на систему.

Возможно использование искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения для анализа данных и оптимизации работы системы теплоснабжения. Например, они могут предсказывать потребление и оптимизировать распределение ресурсов. Также имеет место быть интеграция систем управления и мониторинга с другими системами, такими как системы умного дома или умного города, что может повысить эффективность и обеспечить более удобное и интеллектуальное управление системой теплоснабжения [4].

Использование современных теплозащитных материалов позволяет снизить потери тепла в системе теплоснабжения, что является ключевым фактором для повышения энергоэффективности.

Теплозащитные материалы – это материалы, которые обладают способностью снижать потери тепла при его передаче. Они могут быть применены в различных элементах СТС, таких как изоляция трубопроводов, теплоизоляционные панели и др [5]. Современные теплозащитные материалы обладают высокой теплозащитной способностью, что позволяет снизить потери тепла и повысить энергоэффективность системы теплоснабжения.

Примеры современных теплозащитных материалов:

1. Пенополиуретан (ППУ) является одним из самых эффективных теплозащитных материалов. ППУ является полимерным материалом, получаемым путем полимеризации изоцианатов и полиолов. Он обладает низкой теплопроводностью, что делает его отличным материалом для теплоизоляции. Кроме того, ППУ обладает высокой механической прочностью, химической стойкостью и устойчивостью к воздействию влаги. Одним из основных способов применения ППУ в СТС является его использование в трубопроводах. ППУ-изоляция наносится на поверхность трубы в виде пены и обеспечивает эффективную теплоизоляцию. Это позволяет снизить потери тепла в трубопроводах и улучшить энергоэффективность системы. Кроме того, ППУ-изоляция также защищает трубопроводы от коррозии и механических повреждений, имеет долгий срок службы и не требует дополнительных затрат на обслуживание и замену.

2. Минеральная вата – теплоизоляционный материал, производимый из базальтовой породы или стекловолокна. Она обладает высокой теплоизоляционной способностью и низким коэффициентом теплопроводности. Минеральная вата может быть использована для изоляции трубопроводов, бойлеров, теплообменников и других элементов СТС, широко используется для изоляции трубопроводов и кровельных конструкций.

3. Аэрогель – это вещество с очень низкой теплопроводностью, которое обладает высокой теплозащитной способностью. Аэрогель, благодаря своей высокой плотности и способности задерживать тепло, может быть применен для создания теплоаккумулирующих элементов в СТС. Например, аэрогель может быть использован для создания теплоаккумулирующих батарей или теплоемких резервуаров. Это позволяет эффективно использовать накопленное тепло и снизить затраты на энергию. Применение таких материалов в системах теплоснабжения может привести к существенному улучшению энергоэффективности и снижению затрат на обеспечение теплом потребителей. Также для повышения эффективности СТС возможна интеграция нетрадиционных источников энергии, что может значительно снизить зависимость от

традиционных источников энергии и снизить негативное влияние на окружающую среду [6].

Возобновляемые источники энергии – это источники энергии, которые восполняются непрерывно или в течение короткого времени. Они включают такие источники, как солнечная энергия, ветер, гидроэнергия, геотермальная энергия и биомасса [7]. Примерами интеграции возобновляемых источников энергии в СТС может быть установка солнечных коллекторов на крышах зданий, а также ветрогенераторов, что позволит генерировать электроэнергию из ветра, которая может быть использована для работы тепловых насосов или электрических котлов.

Повышение эффективности СТС является одной из ключевых задач энергетической области для повышения устойчивости системы. Использование новых технологий, оптимизация процессов и интеграция возобновляемых источников энергии могут значительно повысить эффективность системы теплоснабжения и снизить негативное влияние на окружающую среду. Внедрение систем управления и мониторинга в СТС является важным шагом для повышения эффективности, оптимизации работы и снижения затрат. Преимущества таких систем, включая оптимизацию работы, повышение эффективности и раннее обнаружение проблем, делают их неотъемлемой частью современных систем теплоснабжения. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут привести к новым инновационным решениям и улучшению эффективности СТС.

References

1. Луканин, П. В., Морозов, Г. А. Низкотемпературные процессы и установки: учеб. пособие / П. В. Луканин, Г. А. Морозов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 135 с.
2. Гладышев, Н. Н., Короткова, Т. Ю., Базулин, И. С. Инновационные технологии использования тепловой и электрической энергии: учеб. пособие / Н. Н. Гладышев, Т. Ю. Короткова, И. С. Базулин. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 168 с.
3. Слюта, М. О. Проблемы использования дорогостоящих современных средств автоматизации на производстве / М. О. Слюта, А. В. Таянчина // Энергетика и автоматизация в современном обществе : Материалы IV Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей. Высшая школа технологии и энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", 2021. – С. 161-164. – EDN FIVMKT.

4. Ширяев, А. Д. Способы повышения энергоэффективности зданий. Пассивный дом / А. Д. Ширяев, К. А. Крюков, В. И. Лейман // Энергетика и автоматизация в современном обществе : Материалы V Международной научно-практической конференции обучающихся и преподавателей. – Санкт-Петербург: Высшая школа технологии и энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", 2022. – С. 208-212. – EDN ZTJUQN.
5. Липатов, М. С. Повышение эффективности источников теплоснабжения / М. С. Липатов // Энергетика и автоматизация в современном обществе : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 06 ноября 2018 года – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – Выпуск 2.– С. 81-83. – EDN JTIBGK.
6. Липатов, М. С. Энергосберегающие мероприятия для типового коттеджного поселка / М. С. Липатов, В. В. Козлов // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12, № 12. – С. 71-77. – EDN RZHDPI.
7. Virtual power plants as a new stage of the fuel and energy complex / P. A. Moskalenko, M. O. Slyuta, Ya. V. Maksimov, E. K. Gabdullin // Оригинальные исследования. – 2023. – Vol. 13, No. 3. – P. 185-192. – EDN DUIDXS.

UDC 620.193

Shiryaev A.D. Investigation and prevention of corrosion of pipelines in heat supply systems

Исследование и предотвращение коррозии трубопроводов в системах теплоснабжения

Shiryaev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Ширяев Александр Дмитриевич,
Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. Corrosion is a serious problem in thermal power equipment, as it can lead to a decrease in operational efficiency, damage to installations and the occurrence of emergency situations. This article analyzes the existing methods of research and prevention of corrosion in heat supply systems. The causes of corrosion, the main types of corrosion, as well as methods of control and protection of pipelines from corrosion are considered. The results of the study allow us to determine the most effective methods of corrosion prevention in thermal power equipment and develop recommendations for practical use.

Keywords: electrochemical corrosion, heat supply systems, cathodic and anodic protection, pipelines, protection of metals from corrosion.

Аннотация. Коррозия является серьезной проблемой в теплоэнергетическом оборудовании, так как она может привести к снижению эффективности работы, повреждению установок и возникновению аварийных ситуаций. В данной статье проводится анализ существующих методов исследования и предотвращения коррозии в системах теплоснабжения. Рассмотрены причины коррозии, основные типы коррозии, а также методы контроля и защиты трубопроводов от коррозии. Результаты исследования позволяют определить наиболее эффективные методы предотвращения коррозии в теплоэнергетическом оборудовании и разработать рекомендации для практического использования.

Ключевые слова: электрохимическая коррозия, системы теплоснабжения, катодная и анодная защита, трубопровод, защита металлов от коррозии.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

При эксплуатации теплоэнергетического оборудования существенную роль играет его коррозионная стойкость. Согласно статистическому анализу, проводимому Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору Российской Федерации, коррозия в 20% случаев является причиной аварий

трубопроводов систем теплоснабжения [1]. Срок службы, надежность, затраты на обслуживание инженерных систем и прежде всего подземных металлических коммуникаций тепловых сетей в значительной степени определяются антикоррозионной защитой, предусмотренной при проектировании объектов энергетики и реализуемой в процессе их строительства и эксплуатации. Теплоэнергетическое оборудование, такое как котлы, трубопроводы и теплообменники, подвержено воздействию коррозии из-за взаимодействия с агрессивными средами, такими как вода, пар, газы и химические реагенты [2]. Коррозия может привести к образованию отложений, повышенному трению, ухудшению теплоотдачи и теплопередачи, а также к повреждению стенок и конструкций оборудования. Многообразие коррозионных сред, видов металлических материалов и различных физических воздействий на них обуславливает большое разнообразие коррозионных процессов и различных видов их классификации в соответствии с рисунком 2.

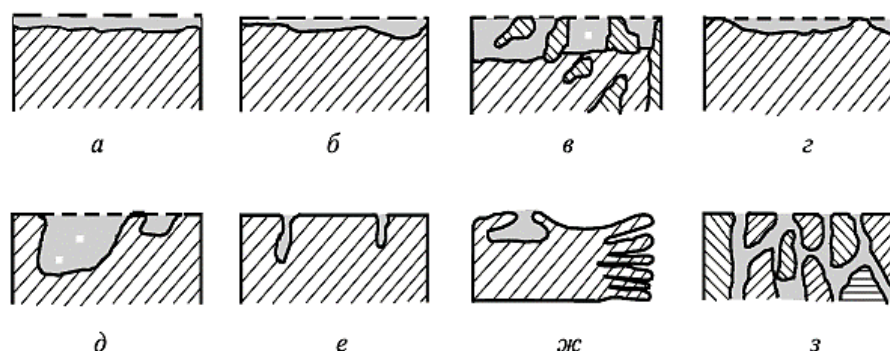


Рисунок 1. Виды коррозионных разрушений: а - сплошная равномерная; б - сплошная неравномерная; в - структурно-избирательная; г - пятнами; д - язвами; е - питтинговая; ж - подповерхностная; з - межкристаллитная

Принято выделять следующие виды коррозии [3]:

Кавитационная коррозия - повреждение материала, связанное с одновременным воздействием кавитации и коррозионной среды.

Щелевая коррозия, локализованный вид коррозии, возникшая в результате образования щели (зазора) между двумя поверхностями, по крайней мере, одна из которых металлическая.

Эрозионная коррозия - коррозионное разрушение, обусловленное совместным воздействием эрозии и коррозионной среды.

Коррозионная усталость - разрушение, вызываемое приложением переменных нагрузок в присутствии коррозионной среды и протекающее в форме растрескивания.

Фреттинг-коррозия - локализованное разрушение на поверхности раздела между двумя контактирующими поверхностями, ускоряемое относительным движением с амплитудой, достаточной для обеспечения скольжения одной поверхности относительно другой.

Контактная коррозия - разрушение, возникающее при сопряжении разнородных электродов, помещённых в электролитическую среду.

Газовая коррозия - разрушение металлов в газах при высоких температурах.

Водородное разрушение - уменьшение способности нести нагрузку вследствие внедрения водорода в металл.

Межкристаллитная коррозия - разрушение металлов, преимущественно протекающее по границам между зёрнами металла или сплава.

Микробиологическая коррозия - разрушение металлов, обусловленное как непосредственно, так и косвенно жизнедеятельностью бактерий, плесени и грибов.

Питтинг (точечная коррозия) - самокатализируемая локальная коррозия, при которой происходит прогрессирующее проникновение в глубь металла с образованием изъязвлений.

Селективная (избирательная) коррозия - процесс удаления растворимого компонента из сплава с нерастворимым компонентом при воздействии на сплав растворителя, обычно водного электролита.

Коррозия блуждающими токами возникает при прохождении их через металл в электролите.

Коррозионное растрескивание - преждевременное разрушение металлов, происходящее при непрерывном воздействии коррозии и растягивающих остаточных или приложенных напряжений.

Термоконтактная коррозия - разрушение, возникающее вследствие работы гальванического элемента, созданного градиентом температур.

Коррозия, возникающая под влиянием тепловой нагрузки.

Равномерная (общая) коррозия - разрушение, протекание которого не сопровождается формированием различных на глаз анодных и катодных участков.

Этот список не является исчерпывающим, и в тоже время, он позволяет иллюстрировать многообразие видов коррозионных процессов, протекающих на тепловых сетях.

Коррозия трубопроводов систем теплоснабжения может происходить по различным механизмам, включая электрохимическую коррозию, кавитационную коррозию и химическую коррозию. Каждый из этих механизмов имеет свои особенности и требует специфических мер по предотвращению и устранению.

Как правило, трубопроводы в условиях городской застройки прокладывают подземным способом. Грунт, содержащий растворенные в воде химические реагенты является электролитом. Это делает его коррозионно-активным по отношению к металлическим конструкциям. В большинстве случаев, за исключением абсолютно сухих грунтов, подземная коррозия металлов протекает по электрохимическому механизму. Грунт представляет собой капиллярнопористые системы, поры которых заполнены воздухом и влагой. Их можно рассматривать как твердые микропористые электролиты с очень большой микро- и макро- неоднородностью строения и свойств, и почти полным отсутствием механического перемешивания и конвекции их твердой основы.

Для предотвращения коррозии в теплоэнергетическом оборудовании применяются различные методы контроля и защиты. Один из основных методов - это использование защитных покрытий, таких как краски, эмали и антикоррозийные покрытия. Эти покрытия помогают защитить поверхности оборудования от воздействия агрессивных сред и предотвратить коррозию. Другие методы включают использование ингибиторов коррозии, регулярную очистку и обслуживание оборудования. Проблема внешней коррозии в последние годы решается за счет прокладки водяных тепловых сетей из стальных труб в теплоизоляции из пенополиуретана, и в гидрозащитной оболочке из полиэтилена или оцинкованной стали (в них наружная поверхность стальных труб защищена от коррозии), то проблема борьбы с внутренней коррозией тепловых сетей по-прежнему остается актуальной.

Одним из наиболее распространенных защитных покрытий для борьбы с внутренней коррозией трубопроводов являются эпоксидные покрытия. Эти покрытия обладают отличной адгезией к металлической поверхности и создают прочную и непроницаемую защитную пленку, которая предотвращает контакт металла с агрессивными средами. Эпоксидные покрытия обладают высокой химической стойкостью и могут использоваться в различных условиях эксплуатации. Полимерные покрытия также широко применяются для защиты трубопроводов от внутренней коррозии. Они образуют гладкую поверхность, которая предотвращает образование и накопление отложений и коррозионных продуктов. Полимерные покрытия обладают

высокой устойчивостью к химическим веществам и механическим воздействиям, что делает их идеальным выбором для систем теплоснабжения.

Керамические покрытия представляют собой одно из новейших достижений в области защитных покрытий для трубопроводов. Они обладают высокой термической и химической стойкостью, а также отличной адгезией к металлической поверхности. Керамические покрытия создают пленку, которая эффективно предотвращает контакт металла с агрессивными средами и устойчива к высоким температурам и давлению. Нанокompозитные покрытия представляют собой комбинацию различных материалов, включая наночастицы, полимеры и металлы. Эти покрытия обладают уникальными свойствами, такими как высокая прочность, химическая и механическая стойкость, а также антикоррозионная защита [4]. Нанокompозитные покрытия могут быть нанесены на поверхность трубопроводов методом наноспрея или электрохимического осаждения.

Дополнительным методом борьбы с коррозией трубопроводов является использование антикоррозионных добавок, которые могут быть добавлены в систему теплоснабжения. Эти добавки создают защитную пленку на поверхности труб, которая предотвращает разрушение материала. Некоторые из наиболее распространенных антикоррозионных добавок включают в себя ингибиторы коррозии и полимеры.

Электрохимическая защита, включающая в себя катодную, протекторную и электродренажную защиту, также может быть практически применима в трубопроводах систем теплоснабжения. При катодной защите к изделию из металла подключают постоянный электрический ток, как показано на рисунке 2. Благодаря ему на поверхности металлической конструкции образуется катодная поляризация электродов микрoгальванических пар и анодные области становятся катодными. А вследствие негативного влияния коррозии разрушается не металл, а анод.

Современные устройства катодной защиты представляют собой, как правило, катодные станции, снабженные специальными блоками, обеспечивающими автоматическое регулирование электрических параметров защиты.

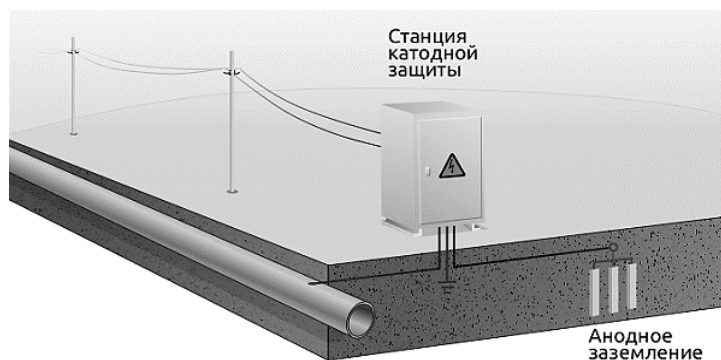


Рисунок 2. Электрохимическая защита трубопроводов [5]

Подвидом катодной защиты является протекторная защита, в процессе которой к защищаемому объекту подсоединяют металл с более высоким электроотрицательным потенциалом. При этом разрушается не металлоконструкция, а протектор. Через определенный промежуток времени протектор корродирует и его потребуется заменить на новый. У каждого протектора есть свой радиус защитного действия - предельно возможное расстояние, на которое можно удалить протектор без утраты защитного эффекта. Такого рода защиту применяют, когда ток к объекту подвести трудно, дорого или просто невозможно.

Существует несколько технологий электродренажной защиты, включая гальваническую защиту, импульсную защиту и комбинированные методы. Гальваническая защита основана на использовании различных металлических анодов, которые создают разность потенциалов между анодами и трубопроводом. Импульсная защита предполагает использование импульсных токов для формирования защитной пленки. Комбинированные методы объединяют преимущества различных технологий для достижения оптимальной защиты [6].

Для эффективной борьбы с коррозией трубопроводов в системе теплоснабжения необходимо проводить регулярное обслуживание и мониторинг системы. Это включает в себя очистку и промывку труб, осмотр на предмет повреждений и трещин, а также контроль параметров окружающей среды, таких как pH и содержание кислорода. Раннее обнаружение проблем может помочь предотвратить их развитие и принять соответствующие меры. Один из наиболее распространенных методов изучения коррозии в теплоэнергетическом оборудовании - это электрохимическое исследование, включающее измерение потенциала и скорости коррозии. Другие методы включают металлографический анализ, спектроскопию и анализ химического

состава. Эти методы позволяют определить причины и механизмы коррозии, а также оценить степень повреждения оборудования.

Современные методы борьбы с коррозией трубопроводов в системе теплоснабжения позволяют предотвратить разрушение труб, улучшить эффективность системы и продлить срок их службы. Использование защитных покрытий, антикоррозионных добавок, регулярное обслуживание и мониторинг, а также применение электрохимической защиты являются эффективными методами, которые помогают сохранить инфраструктуру теплоснабжения в хорошем состоянии. Правильное применение этих методов может существенно снизить затраты на ремонт и замену трубопроводов, а также обеспечить надежное функционирование системы теплоснабжения.

References

1. Киселев В. Г. Коррозия и защита от коррозии теплоэнергетического оборудования / В. Г. Киселев, А. А. Калютник. - СПб.: Изд-во Политехн., ун-та, 2016. - 272 с.
2. Липатов, М. С. Внедрение робототехнического контроля на котельных с целью их более эффективного функционирования / М. С. Липатов, Т. А. Ильяхунов // Дневник науки. – 2022. – № 3(63). – EDN VOSIYS.
3. Плудек В. Защита от коррозии на стадии проектирования. Москва. 1980. С.5, 28-50, 7.
4. Слюта, М. О. Применение интеллектуальных технологий на базе нейронных сетей для построения системы мониторинга процесса переноса загрязняющих веществ в водных акваториях / М. О. Слюта, А. В. Бахтин // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения : Материалы II Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП, Санкт-Петербург, 23 ноября 2020 года. Том I. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. – С. 64-66. – EDN VYNONC.
5. Защита трубопровода от коррозии [Электронный ресурс]. URL: https://www.kzit.ru/company/articles/zashchita_truboprovoda_ot_korrozii/ (дата обращения 18.07.2023).
6. Исследование реологических свойств композиционных суспензионных топлив / Э. Р. Зверева, Г. Р. Мингалеева, Б. Р. Валиуллин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2023. – Т. 25, № 1. – С. 143-153. – DOI 10.30724/1998-9903-2023-25-1-143-153. – EDN FPBVXO.

UDC 620.92

Shiryaev A.D. Seasonal energy storage: analysis and prospects

Сезонное накопление энергии: анализ и перспективы

Shiryaev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.

Higher School of Technology and Energy

Ширяев Александр Дмитриевич,

Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Abstract. Seasonal heat storage systems play an important role in the energy efficiency of engineering networks. They allow efficient use of thermal energy obtained during periods with increased solar activity, and save it for future use. This is especially important for regions with a cold climate where heating of buildings is required. This article analyzes various methods of seasonal energy storage, and also considers their prospects in the context of solving problems of efficient use of energy resources. The results of the study indicate the need for the development and application of innovative technologies to improve the efficiency of energy storage systems (ESS) and ensure sustainable development of the energy sector.

Keywords: energy storage systems (ESS), heat pump, renewable energy sources, seasonal heat storage, solar collector, heat storage material.

Аннотация. Системы сезонного накопления теплоты играют важную роль в энергетической эффективности инженерных сетей. Они позволяют эффективно использовать тепловую энергию, полученную в периоды с повышенной солнечной активностью, и сохранять ее для использования в дальнейшем. Это особенно важно для регионов с холодным климатом, где требуется обогрев зданий. В данной статье проведен анализ различных методов сезонного накопления энергии, а также рассмотрены их перспективы в контексте решения проблем эффективного использования энергетических ресурсов. Результаты исследования указывают на необходимость развития и применения инновационных технологий для улучшения эффективности систем накопления энергии (СНЭ) и обеспечения устойчивого развития энергетического сектора.

Ключевые слова: системы накопления энергии (СНЭ), тепловой насос, возобновляемые источники энергии, сезонное хранение теплоты, солнечный коллектор, теплоаккумулирующий материал.

Рецензент: Торопцев Василий Владимирович - кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

В энергетической отрасли в течение многих лет актуальным является вопрос снижения и оптимизации потребления энергии зданиями и сооружениями. Современная энергетика сталкивается с вызовами, связанными с нестабильностью производства и потребления энергии, ростом доли возобновляемых источников энергии, а также

необходимостью обеспечения энергетической независимости и снижения выбросов углекислого газа.

Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, ветровая и гидроэнергетика, получают все большее внимание в современном мире в свете растущих экологических проблем и постепенного истощения традиционных источников энергии. Несмотря на значительные преимущества, возобновляемые источники энергии также имеют недостатки, которые необходимо учитывать при рассмотрении их эффективности и применимости на практике. Одним из главных недостатков возобновляемых источников энергии является их переменность. Солнечная энергия доступна только в дневное время, а ветровая энергия зависит от погодных условий. Это создает препятствие с обеспечением непрерывного и стабильного источника энергии [1].

Технологии накопления и хранения энергии играют важную роль в решении этих проблем, позволяя эффективно управлять энергетическими ресурсами и обеспечивать устойчивое энергоснабжение. Эти технологии позволяют сбалансировать производство и потребление энергии, сохранять избыточную энергию для использования в периоды пикового спроса и обеспечивать резервное энергоснабжение в случае аварийных ситуаций или отключения сети. Системы накопления энергии (СНЭ) создают принципиально новые возможности для развития энергетики, устраняя необходимость одновременного производства и потребления и активно внедряя технологии управления спросом, которые существенно изменяют текущую структуру рынка.

По данным Global Market Insights, объем рынка систем хранения энергии превысил 429 миллиардов долларов США в 2022 году и, по прогнозам, будет расти более чем на 15% в год в период с 2023 по 2032 год [2]. Мониторинг Bloomberg New Energy Finance (BNEF) показывает, что в региональном масштабе к 2030 году Азиатско-Тихоокеанский регион будет лидировать в строительстве СНЭ согласно рисунку 1, причем импульс будет обусловлен быстрорастущим рынком Китая.

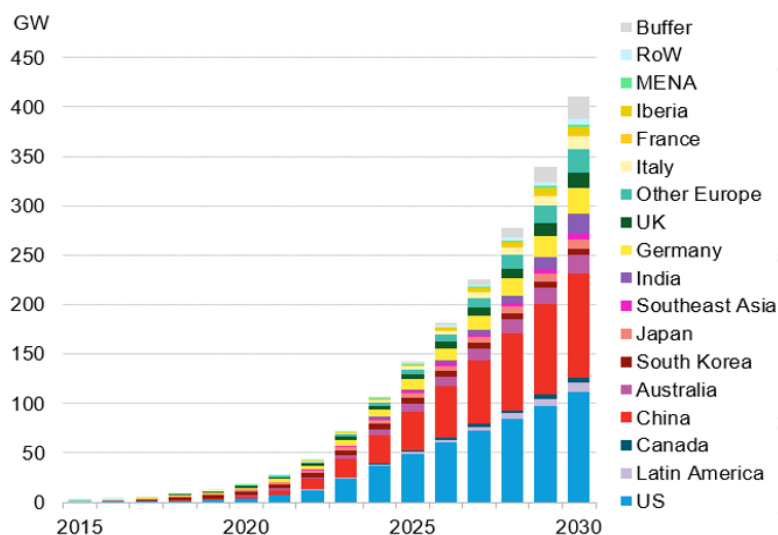


Рисунок 1. Региональный прогноз развития СНЭ по данным BNEF [3]

Технологии накопления и хранения энергии можно разделить на три группы: аккумуляторы, тепловые батареи и гравитационные системы. Рассмотрим каждый тип.

Аккумуляторы являются наиболее распространенным и широко используемым методом накопления энергии. Они позволяют хранить электрическую энергию и использовать ее по мере необходимости. Аккумуляторы могут быть различных типов, включая литий-ионные, свинцово-кислотные, никель-кадмиевые и другие.

Тепловые батареи накапливают и хранят тепловую энергию, полученную от солнечных коллекторов, геотермальных и других источников. Они позволяют использовать тепловую энергию в периоды пикового спроса, а также для обогрева зданий и горячего водоснабжения.

Гравитационные системы накопления энергии используют потенциальную энергию, накопленную в поднятых грузах или водном резервуаре, для преобразования ее в кинетическую энергию при необходимости. Такие системы часто применяются в гидроэлектростанциях и ветроэнергетике.

В дальнейшем в статье рассматриваются тепловые аккумуляторы с хранением энергии за счет нагревания вещества. Они могут быть использованы в различных сферах, включая промышленность, жилищное строительство и энергетические системы на основе возобновляемых источников энергии. Тепловые аккумуляторы работают на основе теплоемкости вещества. В процессе нагревания избыточной энергии вещество в аккумуляторе поглощает тепло и сохраняет его внутри себя.

Позднее, когда требуется использовать сохраненную энергию, вещество охлаждается, выделяя тепло, которое может быть преобразовано в электрическую энергию или использовано для подачи тепла. Существует несколько типов тепловых аккумуляторов, включая аккумуляторы на основе веществ с фазовыми переходами, аккумуляторы на основе химических реакций и аккумуляторы на основе солей.

Тепловые аккумуляторы обладают рядом преимуществ, включая высокую эффективность, долговечность, отсутствие потерь энергии и возможность их интеграции с другими системами энергоснабжения. Они также могут быть использованы в сочетании с возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечная и ветровая энергия, для обеспечения стабильного и непрерывного источника энергии. Несмотря на преимущества, тепловые аккумуляторы также имеют некоторые недостатки, включая высокие затраты на создание и поддержку системы, необходимость оптимизации теплообмена и выбора подходящих веществ для аккумуляции энергии. Однако, с развитием новых материалов и технологий, эти проблемы могут быть решены.

Сезонное накопление теплоты является эффективным методом для обеспечения устойчивого и надежного функционирования инженерных сетей. Этот метод позволяет сохранять тепловую энергию, полученную в летний период, и использовать ее в зимний период для обогрева зданий и горячего водоснабжения. Основной принцип работы системы сезонного накопления теплоты состоит в том, что в периоды с повышенной солнечной активностью тепловая энергия собирается и накапливается в специальных теплоаккумуляторах. Теплоаккумуляторы представляют собой большие резервуары с теплоносителем, который сохраняет тепловую энергию в виде теплоты. В зимний период эта теплота используется для обогрева зданий и горячего водоснабжения, что позволяет снизить потребление электроэнергии и топлива.

Сезонное накопление теплоты имеет ряд преимуществ, которые делают его привлекательным для применения в инженерных сетях. Во-первых, это позволяет эффективно использовать солнечную энергию, что способствует снижению выбросов углекислого газа и других вредных веществ. Во-вторых, это позволяет снизить затраты на энергию и обеспечить стабильное и надежное энергоснабжение в зимний период. Однако, у данного метода есть и некоторые недостатки, включая высокую стоимость установки и поддержания системы, а также ограниченные возможности использования в регионах с низкой солнечной активностью. Системы сезонного накопления теплоты широко применяются в различных странах. Например, в Германии и Швейцарии такие системы успешно используются для обогрева зданий и горячего водоснабжения. В

Китае была построена крупная солнечная тепловая станция с сезонным накоплением теплоты, которая обеспечивает энергией тысячи домов. В России также проводятся исследования и разработки в области сезонного накопления теплоты для обеспечения устойчивого теплоснабжения.

Тепловая энергия может собираться всякий раз, когда она доступна, и использоваться по мере необходимости. Например, тепло от солнечных коллекторов можно собирать в летний период для отопления помещений в зимний, низкопотенциальное тепло в теплоэнергетических системах, например, в котельных и теплоэлектроцентралях, уносимое отработанными дымовыми газами, также можно утилизировать в СНЭ и использовать в дальнейшем.

Согласно данным Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA), в Санкт-Петербурге средний удельный уровень инсоляции за год составляет $3,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{день})$. Максимальное значение удельного уровня инсоляции на территории города Санкт-Петербурга наблюдается в период с мая по июль ($5-6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{день})$), а минимальное с ноября по январь ($0,5-1,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{день})$) [4]. В зимний период выработка энергии приблизительно будет в 5-7 раз меньше, чем в летний. Наличие СНЭ позволило бы избыточную энергию с летнего периода переносить на зимний.

Методы сезонного накопления тепловой энергии можно разделить на три группы:

1. Подземные тепловые аккумуляторы представляют собой системы, в которых тепловая энергия накапливается в грунте на протяжении лета, а затем используется для обогрева в зимний период. Этот метод основан на использовании теплоемкости грунта и его способности сохранять тепло. Подземные тепловые аккумуляторы могут быть реализованы с использованием труб с теплоносителем, заложенных в грунт, или с использованием геотермальных скважин.

2. Тепловые насосы (ТН) являются эффективными устройствами для сезонного накопления тепловой энергии. Принцип работы ТН основан на переносе теплоты из области с низкой температурой в область с более высокой температурой с использованием энергии. Основным оборудованием ТН являются компрессор, испаритель, конденсатор и дроссельное устройство [5]. Процесс работы начинается с испарения рабочего вещества в испарителе под воздействием низкого давления и температуры. В этом состоянии рабочее вещество поглощает тепло из окружающей среды, например, из почвы, воздуха или воды. Затем, с помощью компрессора, давление и температура рабочего вещества увеличиваются, что приводит к его переходу в газообразное состояние. Горячий газ из компрессора поступает в

конденсатор, где он передает тепло системе отопления или горячего водоснабжения. При этом газ охлаждается и превращается в жидкость. Затем жидкость проходит через дроссельное устройство, где происходит снижение давления, и процесс начинается снова.

3. Термальные бассейны являются еще одним способом сезонного накопления тепловой энергии [6]. Этот метод основан на накоплении тепла в бассейнах с помощью солнечных коллекторов или других источников тепла. Тепло, накопленное в бассейнах, может быть использовано для обогрева помещений или для производства горячей воды.

Для выбора оптимального способа сезонного накопления тепловой энергии необходимо учитывать несколько факторов, включая стоимость установки и обслуживания, энергетическую эффективность, доступность и экологическую устойчивость. Подземные тепловые аккумуляторы обладают низкой стоимостью установки и обслуживания, но их энергетическая эффективность может быть ниже, чем у других методов. Тепловые насосы, с другой стороны, имеют более высокую энергетическую эффективность, но требуют более высоких затрат на установку и обслуживание. Термальные бассейны обладают высокой доступностью и могут быть экологически устойчивыми, но их использование ограничено наличием солнечной энергии.

Для высокоэффективной работы СНЭ необходимо, чтобы теплоаккумулирующий материал обладал высокой удельной теплоемкостью, долговременной стабильностью при теплопередаче и низкой стоимостью [7]. Способность теплоаккумулирующих материалов поглощать или выделять тепло в зависимости от теплопроводности твердых тел и скорости конвективной теплопередачи для жидкостей выполняет ключевую роль в СНЭ. Максимальную емкость накопителя тепловой энергии можно рассчитать по следующей формуле [8]:

$$Q_{\text{макс}} = V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (\tau_{\text{макс}} - \tau_{\text{мин}}),$$

где $Q_{\text{макс}}$ – максимальная емкость накопителя, Дж;

V – объем накопителя, м^3 ;

ρ – плотность теплоаккумулирующего материала, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

c_p – удельная теплоемкость теплоаккумулирующего материала, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

$\tau_{\text{макс}}, \tau_{\text{мин}}$ – температуры заряженного и разряженного накопителя, $^\circ\text{C}$.

Тепловые насосы в системах сезонного накопления энергии представляют собой перспективное решение для повышения энергетической эффективности систем отопления и охлаждения. Они позволяют использовать низкопотенциальную энергию для обогрева и охлаждения помещений, что способствует снижению энергозатрат и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Возможно сочетание накопителей энергии с солнечным коллектором и тепловым насосом, как показано на рисунке 2 [9]. Такая комбинация позволит летом извлекать тепловую энергию из здания и солнечных коллекторов и передавать в хранилище.

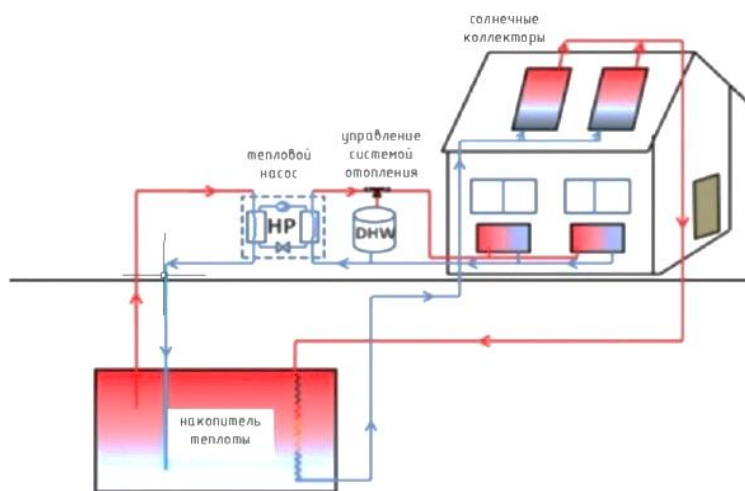


Рисунок 2. Схема соединения солнечного коллектора с тепловым насосом и накопителем энергии

В зависимости от температуры, создаваемой солнечным коллектором, или накопленного тепла в СНЭ могут быть использованы различные режимы работы в последовательной, параллельной и последовательно-параллельной конфигурации.

Выбор способа сезонного накопления тепловой энергии должен основываться на комплексном анализе различных факторов, таких как стоимость, энергетическая эффективность, доступность и экологическая устойчивость. Каждый из рассмотренных методов имеет свои преимущества и недостатки, поэтому оптимальный выбор будет зависеть от конкретных условий и требований. Технологии накопления и хранения энергии играют важную роль в обеспечении стабильного и надежного энергоснабжения. Они позволяют сбалансировать производство и потребление энергии, использовать избыточную энергию и обеспечивать резервное энергоснабжение. Однако, для успешной реализации этих технологий необходимо

учитывать особенности каждой конкретной области применения, а также развивать новые методы и технологии для повышения эффективности и снижения стоимости. Дальнейшие исследования и разработки в этой области помогут улучшить эффективность и устойчивость сезонного накопления тепловой энергии.

References

1. Ширяев, А. Д. Целесообразность развития возобновляемой энергетики в городе Санкт-Петербурге / А. Д. Ширяев, К. А. Крюков // Оригинальные исследования. – 2022. – Т. 12, № 10. – С. 253-258. – EDN ELKGLK.
2. Energy Storage Systems Market Size by Technology [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/energy-storage-systems-market> (дата обращения 05.07.2023).
3. Global Energy Storage Market to Grow 15-Fold by 2030 [Электронный ресурс]. URL: <https://about.bnef.com/blog/global-energy-storage-market-to-grow-15-fold-by-2030/> (дата обращения 05.07.2023).
4. The POWER Project [Электронный ресурс]. URL: <https://power.larc.nasa.gov/> (дата обращения 05.07.2023).
5. Луканин, П. В. Технологические энергоносители предприятий (Низкотемпературные энергоносители): учеб. пособие / П. В. Луканин. – СПб. : СПбГТУРП, 2005. – 115 с.
6. Липатов, М. С. Подбор оборудования для покрытия тепловых нагрузок частного жилого дома / М. С. Липатов, Я. В. Максимов // International Journal of Professional Science. – 2022. – № 9. – С. 113-121. – DOI
7. Ашихмина, И. А. Автоматизированная система управления технологическим процессом Юго-Западной ТЭЦ / И. А. Ашихмина, М. О. Слюта // Теория и практика современной науки: взгляд молодежи : Материалы Всероссийской научно-практической конференции на английском языке. В 2-х частях, Санкт-Петербург, 25 ноября 2021 года. Том Часть II. – Санкт-Петербург: Высшая школа технологии и энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", 2022. – С. 176-180. – EDN VTQJPF.
8. Ян, А. В. Разработка мероприятий по энергосбережению для промышленного предприятия ООО "ЭкоТехЭнерджи" / А. В. Ян, М. С. Липатов // Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, специалистов в области целлюлозно-бумажной промышленности, посвященной памяти В.А. Чуйко, Санкт-Петербург, 12 ноября 2018 года – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2018.- Часть III. – С. 72-76. – EDN PLAYGS.
9. Virtual power plants as a new stage of the fuel and energy complex / P. A. Moskalenko, M. O. Slyuta, Ya. V. Maksimov, E. K. Gabdullin // Оригинальные исследования. – 2023. – Vol. 13, No. 3. – P. 185-192. – EDN DUIDXS.

ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT

UDC 550.75

Casanova V.I., Rapoport I.V. Results of environmental impact assessment of recultivated landfill in Gornostay, Primorsky Krai

Результаты оценки воздействия на окружающую среду рекультивированного полигона ТБО в б. Горностай Приморского края

Casanova Valeria Ilyinichna

Student of the
Department "Technosphere Safety"
of the Far Eastern State University of Railways

Rapoport Inna Vladimirovna

Associate Professor of the Technosphere Safety Department
of the Far Eastern State University of Railway Transport

Казанова Валерия Ильинична
Студент кафедры «Техносферная безопасность»
Дальневосточного государственного университета путей сообщения
Рапопорт Инна Владимировна
Доцент кафедры «Техносферная безопасность»
Дальневосточного государственного университета путей сообщения

Abstract. *Recultivation of the landfill has significantly reduced the load on the environment. The results of environmental monitoring in the impact zone of the recultivated landfill show that additional environmental measures are required. The processes of active metagenesis and the formation of toxic filtrates occur in the landfill body.*

Keywords: *recultivation, monitoring of landfills, waste management.*

Аннотация. *Рекультивация полигона ТБО существенно снизила нагрузку на окружающую среду. Результаты мониторинга окружающей среды в зоне воздействия полигона показывают, что требуются дополнительные природоохранные мероприятия. В теле свалки происходят процессы активного метангенеза, образование токсичных фильтратов.*

Ключевые слова: *рекультивация, мониторинг полигонов ТБО, обращение с отходами.*

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент,
заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный
институт экологических проблем», г. Оренбург

Технологическое развитие общества ставит перед управляющими структурами, казалось бы, неразрешимую задачу – совместить экологическое благополучие и экономический рост. Подобный подход к развитию возможен только в условиях тщательного планирования, объективного контроля и научно обоснованного мониторинга окружающей среды.

Проблема обращения с отходами в современном ее понимании в России является значимой для всех уровней государственного и муниципального управления, региональных компаний, общественных организаций, общественного самоуправления и отдельных жителей страны [1].

Особенно остро проблема экологической безопасности проявляется в городах. Высокая концентрация людей и техногенных нагрузок на единицу площади неизбежно приводит к резкому усилению экологической и геоэкологической опасности. На настоящий момент уровень экологической безопасности на 15% территории России, где проживает большая часть населения, считается неудовлетворительным. [2]

Владивосток - город-порт расположенный на побережье Японского моря на полуострове Муравьева-Амурского. **Общая площадь города** свыше 625 кв. км, **население** - 630 тыс. человек. Экологические проблемы города связаны с его расположением и транспортно-промышленной структурой. Особое место в истории Владивостока занимает проблема полигона ТБО «Горностай», долгое время бывшей самой актуальной и обсуждаемой из всех городских экологических проблем.

Горностай – бухта Уссурийского залива, находится в 10.2 км от Владивостока. Именно в этой бухте с 1967 до 2010 года располагалась городская свалка ТБО. С юга, на расстоянии 250 м от полигона ТБО, расположен поселок Рыбачий, а в 22,5 км - поселок Горностай. С запада объект граничит с автодорогой Владивосток–Артем, с востока - с Уссурийским заливом (рис.1.).



Рис. 1. Участок расположения свалки ТБО в б. Горностай
Уссурийского залива. Наглядно видно, что объект непосредственно граничит с
морской акваторией.

Тело свалки было вытянуто в северо-восточном направлении с высотой 35-42 м. Вдоль северной границы протекает ручей «Безымянный», между ним и телом свалки проходит грунтовая дорога к побережью залива. Борт свалки, примыкающий к берегу Уссурийского Залива, был крутой – до 65-70 метров. Северо-западный борт свалки уступами спускался к автодороге, высота складирования отходов с этой стороны достигает 8-13 метров. С 1968 года на эту площадку без сортировки, навалом складировались пищевые, бытовые и промышленные отходы, образующиеся на территории г. Владивостока. Вследствие разрушения берегового борта полигона загрязняющие вещества попадали в морскую воду и донные осадки на расстояние до 2 км вдоль береговой линии Уссурийского залива. По результатам мониторинга Приморского УГМС в 2009 и 2010 годах морская вода в зоне влияния полигона по индексу загрязнения была отнесена к V классу (грязная)[3,4,5].

Усредненный морфологический состав отходов (в процентном соотношении), определённый по отчетности организации, эксплуатирующей свалку до 2012 года, представлен на рисунке 2. Основную часть составляют бумага (25 %); пищевые отходы (25 %) и отсев (34,5 %).

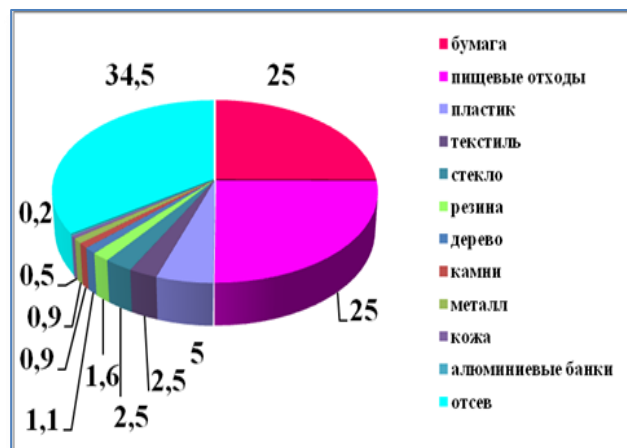


Рис. 2. Морфологический состав отходов свалки ТБО г. Владивостока.

Работы по рекультивации полигона начались в 2010 году и стали частью программы подготовки городского округа к проведению саммита стран АТЭС 2012 года, и выполнялись в условиях продолжающегося приема ТБО (Рис.3.)



Рис.3. Свалка ТБО «Горностай» после рекультивации.

В 2012 году объект "Рекультивированный полигон ТБО в районе бухты Горностай" был передан из краевой в муниципальную собственность Владивостока. Мониторинг состояния окружающей среды на рекультивированном полигоне ТБО в г. Владивостоке организован с целью контроля процессов минерализации отходов, предупреждения чрезвычайных ситуаций и выполнялся в рамках реализации

муниципальной программы «Охрана окружающей среды города Владивостока на 2013-2018 годы», утвержденной постановлением администрации города Владивостока от 20.09.2013 № 2705.

Визуальный осмотр территории полигона в 2022 году не выявил локальных загрязненных участков; не обнаружены визуальные признаки загрязнения акватории или прилегающей территории. После рекультивации полигон ТБО производит благоприятное впечатление, прежде всего, благодаря обильной и разнообразной растительности, являющейся естественным индикатором качества окружающей среды. Можно сделать вывод, что рекультивация действительно улучшила состояние окружающей среды на территории бывшей свалки.

Об активности процессов в теле полигона свидетельствуют результаты тепловизионного обследования. На рис. 4 представлены результаты термографии тела свалки в 2013 и 2022 годах. Очевидно, что процессы минерализации отходов продолжаются и сопровождаются образованием свалочных газов и фильтратов. Остается высокой и опасность чрезвычайных ситуаций – самовозгорания, разрушения стенок, изолирующих конструкций под воздействием внутренних причин и внешних воздействий -тайфунов, штормов и т.п.

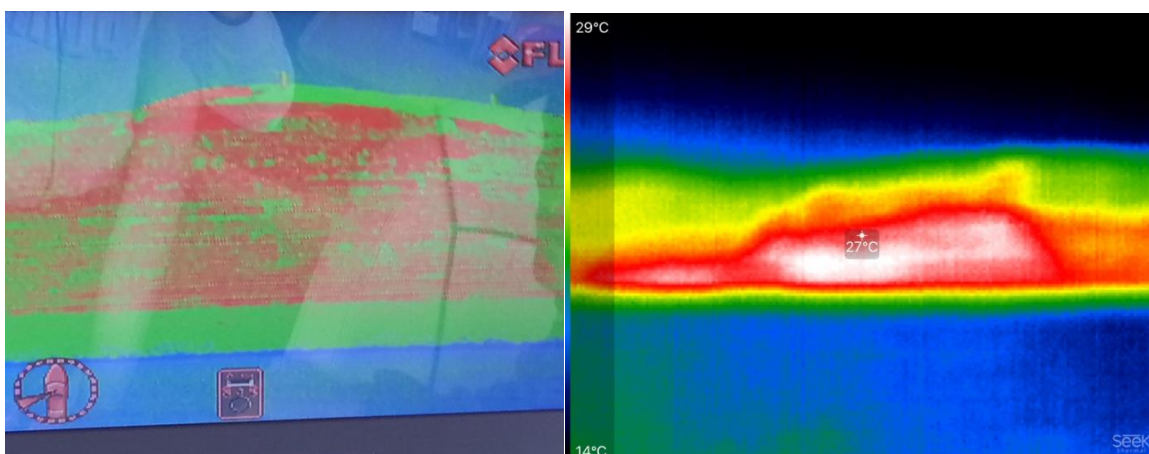


Рис. 4. Термография тела полигона «горноста́й» в 2013 году (слева) и в 2022 году. Процесс минерализации отходов продолжается.

Исследования объекта захоронения отходов в б. Горноста́й проводились в периоды 2013-2018гг. и с 2020 по 2022 гг. и включали:

- 1) Отбор ливневых сточных вод;
- 2) Отбор поверхностных вод (ручей Безымянный);

- 3) Отбор морской воды;
- 4) Отбор проб атмосферного воздуха;
- 5) Отбор проб эмиссии свалочного газа и определение концентрации вредных веществ.

Места расположения точек отбора проб указаны на рис. 5.

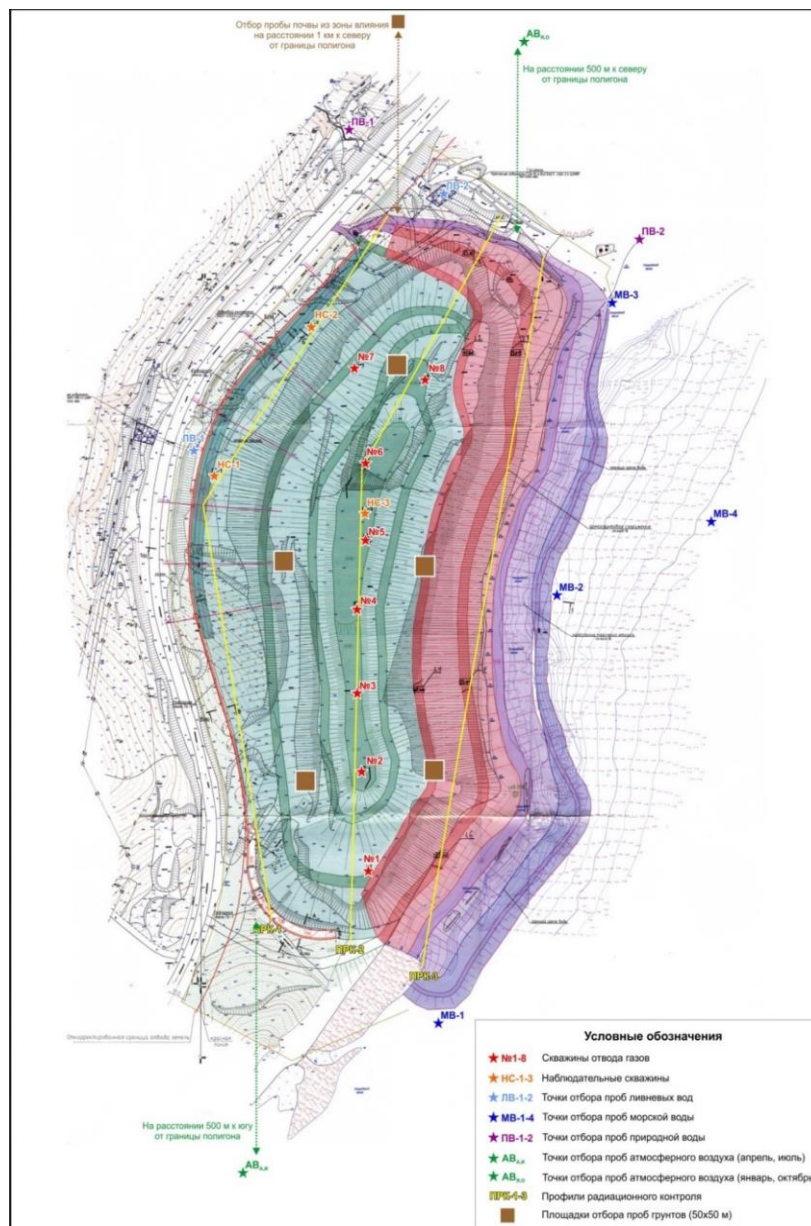


Рис. 5. Карта-схема мониторинга состояния окружающей среды на рекультивированном полигоне ТБО в г. Владивосток.

Результаты мониторинга сточных, поверхностных и морских вод по набору неорганических (Fe, Cu, Pb, Zn, Hg) и органических (БПК, ПАВ, нефтепродукты и фенол) загрязнителей в период с 2013 по 2018 год показали превышение предельно допустимых концентраций (ПДКр) ртути, меди и свинца до 20 раз. Анализ полученных результатов не позволил установить закономерности в динамике и распределении отдельных показателей в контролируемых объектах окружающей среды. По результатам мониторинга не прослеживается ни временной зависимости, ни корреляции между содержанием металла в сточной воде и в воде ручья Безымянный. Очевидно, что превышение концентраций связано с физико-химическими процессами в теле полигона, с преобразованием компонентов отходов, изменением их химической формы и подвижности. В целом результаты мониторинга, выполненного по утвержденной программе, позволяют сделать следующие выводы:

1. В результате рекультивации полигона состояние растительности и почвы в зоне воздействия полигона существенно улучшилось;
2. Поверхностные воды в зоне воздействия полигона не отвечают экологическим требованиям. Наблюдаются значительные превышения нормативов по ртути, свинцу и меди.
3. Наибольшее негативное воздействие проявляется через загрязнение фильтраатами сточных вод. Установлены превышения нормативов по всем определяемым компонентам. Наибольшие превышения ПДК наблюдаются по меди и свинцу.
4. Воздействие полигона на морскую акватории постепенно снижается, в морской воде содержание меди (Cu) находится в пределах ПДКр, а концентрация ртути (Hg) приближается к нормативу. Концентрации свинца (Pb), цинка (Zn) и железа (Fe) не превышали установленных нормативов в 2022 году на всех наблюдательных станциях.
5. Анализ атмосферного воздуха в зоне воздействия полигона подтвердил, что именно полигон является источником ртутного загрязнения окружающей среды. Превышение концентраций ртути в атмосферном воздухе по сравнению с фоном обнаружено именно над телом полигона. В целом воздействие на атмосферный воздух незначительное, превышения ПДКсс не отмечены.
6. Исследования состава свалочного газа подтверждают продолжение процессов метангенеза в теле полигона. Обнаружена эмиссия метана в верхние горизонты отходов по всей площади. Концентрация метана только в трех скважинах (№3, №5, №7) не превышает установленную ГН 2.2.5.1313-03 максимальную разовую предельно допустимую концентрацию в воздухе рабочей зоны. Максимальная

концентрация метана, в 14,5 раз превышающая максимальную разовую ПДК_{рз}, содержится в газе из скважины № 8, где достигнут верхний порог взрываемости по метану, концентрация кислорода в газовой смеси достигает 15 %. По концентрации углекислого газа отмечены превышения концентраций в 26,5 раз в скважине №4; по диоксиду азота, диоксиду серы и оксиду азота - в 16, 1.2 и 1.3 раза соответственно в скважине №6.

7. Установлено значительное превышение оксида углерода во всех скважинах, кроме скважины №8, наибольшее значение определено в скважине № 6 в 2,7 раза.

Анализ результатов многолетнего мониторинга подтверждает – полигон находится в стадии активного метангенеза, минерализация отходов происходит в анаэробных условиях. Поступление в поверхностные воды ртути, свинца и меди требует срочных природоохранных мероприятий: обустройства пруда – накопителя и дополнительных устройств фильтрации и доочистки стоков [6].

Мониторинг воздействия полигона Горностай на окружающую среду необходимо продолжать и дополнить исследованиями видового разнообразия и содержания тяжелых металлов в тканях гидробионтов акватории Уссурийского залива.

References

1. Арустамов Э.А., Гильденскиольд С.Р., Крылов П.М., Крылова Т.И. Анализ состояния и предпосылки создания комплексных систем обращения твёрдых бытовых и производственных отходов в Приморском крае // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №3, <https://resources.today/PDF/08INOR320.pdf> (доступ свободный).

2. Минакова Т.Б., Заиканов В.Г. Проблемы геоэкологической безопасности урбанизированных территорий// Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2018, № 3, с. 18–26

3. Л. В. Жильцова. Современное состояние морской растительности в бухте Горностай (Уссурийский залив, Японское море) // Морские биологические исследования: достижения и перспективы : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроч. к 145-летию Севастоп. биол. ст. (Севастополь, 19-24 сент. 2016 г.). - Севастополь, 2016. - Т. 2. - С. 65-68.

4. А. В. Севастьянов, Т. С. Лишавская, Т. В. Чаткина. Мониторинг самоочищения морских вод и донных отложений уссурийского залива в районе бывшего городского полигона бытовых отходов (бухта Горностай).//

Труды ФГБУ Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт.- г. Владивосток , 2015.- № 1., С. 144-155.

5. С. И. Коженкова, Н. К. Христофорова, Е. Н. Чернова, А. Д. Кобзарь. Долговременный биомониторинг загрязнения уссурийского залива Японского моря тяжелыми металлами.// Биология моря. 2021. Т. 47. № 4. С. 235-243.

6. Гушшамова А.Н., Рогачевских Ю.С., Сидорова Л.П. Жизненные циклы полигонов ТБО. Технические решения и технологии очистки их фильтрационных вод на различных этапах циклов./Развитие науки, национальной инновационной системы и технологий : сборник научных трудов по материалам Международной научнопрактической конференции 13 мая 2020 г. / Под общ. ред. Е. П. Ткачевой. – Белгород : ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2020. – с.25.

UDC 550.75

Ermoshkina E.A., Rapoport I.V. Waste from the hydrogen production plant

Отходы установки производства водорода (УПВ-22)

Ermoshkina Elizaveta Alexandrovna

Student of the faculty. Technosphere Safety of the Far Eastern Railway University

Rapoport Inna Vladimirovna

Associate Professor of the Faculty. Technosphere Safety of the Far Eastern Railway University

Ермошкина Елизавета Александровна

Студент каф. Техносферная безопасность

Дальневосточного университета путей сообщения

Рапопорт Инна Владимировна

Доцент каф. каф. Техносферная безопасность

Дальневосточного университета путей сообщения

Abstract. The process of hydrogen production of the hydrogenation complex as a source of waste generation is considered. The types of waste specific to this production process are determined. Recommendations have been developed to minimize the impact of waste on the environment.

Keywords: oil refining waste, waste recycling, the best available waste management technologies.

Аннотация. Рассмотрен процесс производства водорода комплекса гидрогенизации как источник образования отходов. Определены виды отходов, специфические для этого производственного процесса. Разработаны рекомендации по минимизации воздействия отходов на окружающую среду.

Ключевые слова: отходы нефтепереработки, вторичное использование отходов, наилучшие доступные технологии обращения с отходами.

Рецензент: Сагитов Рамиль Фаргатович, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в ООО «Научно-исследовательский и проектный институт экологических проблем», г. Оренбург

Образование, использование и утилизация отходов в последнее время стала одной из наиболее актуальных проблем в области обеспечения охраны окружающей среды и здоровья человека, а также экологической устойчивости в России. С одной стороны, это обусловлено быстрыми темпами увеличения объема отходов производства и потребления, с другой недостаточно высоким уровнем развития сферы обращения с отходами.

Одним из важнейших вопросов, с которым сталкиваются все промышленные предприятия, является организация системы экологически безопасного обращения с производственными отходами. При этом его подталкивает необходимость как исполнения требований законодательства Российской Федерации в области охраны

окружающей среды, так и сокращения экономических издержек при обращении с отходами [1,2]. Отходы производства - большая группы, на которые принципиально можно разделить все образующиеся отходы, поскольку производственная деятельность человека связана в конечном итоге с удовлетворением его потребностей. К отходам производства следует отнести продукты, которые не производятся целенаправленно, а образуются как побочные при создании конечного продукта.

Хабаровский нефтеперерабатывающий завод — старейший и основной производитель нефтепродуктов на Дальнем Востоке. Завод начал свою деятельность в сентябре 1975 года. Сегодня завод — это комплекс мощностей по переработке миллионов тонн нефти в год.

Потребность в водороде на предприятиях нефтепереработки увеличивается в связи с переходом на потребление более чистых и легких нефтяных топлив, в то время как нефтяное сырье становится все тяжелее. Поэтому сложно представить современный НПЗ без установки производства водорода. В ходе эксплуатации на установки производства водорода образуются отходы производства и потребления.

Объектом исследования является – Установка производства водорода (УПВ-22) как источник образования отходов.

Предметом исследования является – отходы производства и способы их вторичного использования.



Фото 1. Установка производства водорода (УПВ-22)

Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) располагается компактно на промышленной площадке северно-западной части г. Хабаровска, на правобережном склоне долины реки Амур, имеющей форму неправильного многоугольника. Территория предприятия, построенного в 1935 г., в результате развития города в настоящее время оказалась в черте городской застройки Кировского района Северного округа города. Согласно действующей санитарной классификации СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов" п.1.1.13 Хабаровский НПЗ относится к I классу опасности с размером ориентировочной СЗЗ 1000м [3]. Фактически ориентировочный размер санитарно-защитной зоны не выдерживается, ввиду наличия в ней жилой застройки. Непосредственно с территорией жилья зона не граничит, одноэтажная застройка усадебного типа расположена по периметру предприятия на расстоянии от 40 до 240 м. Ближайший жилой дом находится в 40 м в северо-западном направлении. Территории, которая могла бы быть использована для длительного хранения и размещения отходов на промышленной площадке нет.

Установка производства водорода УПВ-22 входит в состав Комплекса гидрогенизационных процессов. Установка введена в эксплуатацию в 2014 году, предназначена для получения водорода высокой степени очистки (не менее 99,999 % об.) и обеспечивает потребность в техническом водороде установок гидрокрекинга вакуумного газойля, гидроочистки дизельного топлива и керосина. Общий вид установка производства водорода (УПВ-22) представлена на фото 1.

Технологический процесс включает в себя гидроочистку углеводородного сырья, адсорбцию сероводорода, каталитическую конверсию углеводородов до метана, паровую каталитическую конверсию метана, конверсию оксида углерода до углекислого газа, концентрирование водорода методом короткоциклового адсорбции. Производительность УПВ-22 по продукту составляет 30140 нм³/час, годовая производительность, без учета потерь, составляет – 21,68 тыс. т 100 % водорода.

Компонентами сырья установки получения водорода являются:

- 1) Нафта;
- 2) Сжиженный углеводородный газ (СУГ) из секции гидрокрекинга установки ГКГО;
- 3) Сжиженный углеводородный газ (СУГ) марки «С» из заводской сети;
- 4) Водородосодержащий газ (ВСГ) с установки каталитического риформинга.

Установка состоит из следующих секций:

- 1) Секция приема и подачи сырья - предназначена для приема сырья и его подачи для дальнейшей переработки.

2) Секция подготовки сырья –предназначена для подогрева, испарения сырья и его очистки от органических сернистых соединений.

3) Секция предварительного риформинга – для превращения углеводородов в метан на никелевом катализаторе в присутствии водородного пара.

4) Секция риформинга – предназначена для выработки водорода путем парового каталитического взаимодействия углеводородов, главным образом метана, водяным паром.

5) Секция конверсии СО и охлаждения газа – предназначена для преобразования СО в H_2 и CO_2 . После конверсии технологический газ охлаждается до 40 °С.

6) Блок короткоцикловой адсорбции (КЦА) – предназначен для удаления из водорода таких примесей, как H_2O , СО, CO_2 и непрореагирующего CH_4 .

7) Блок подготовки питательной воды – предназначен для приготовления питательной воды, используемой в производстве пара для риформингов.

8) Блок очистки топливного газа.

Технологическая схема установки производства водорода представлена на рис.1. В ходе технологического процесса производства водорода образуются отходы 1,3,4 и 5 классов опасности для окружающей среды. Основная масса отходов характерна для любого вида производственной деятельности – это ртутные лампы (1 класса опасности) и отходы жизнедеятельности персонала(4 и 5 класс опасности). Схемы обращения с этими видами отходов оптимизированы в соответствии с региональными возможностями – накапливаются и сдаются на специализированные предприятия. Из всей совокупности образующихся отходов специфическими для работы установки являются катализаторы и адсорбенты, загрязненные токсичными веществами (Табл.1.).

Таблица 1

Специфические отходы производства водорода на УПВ-22

№ П.п	Наименование вида отходов	Код отхода по ФККО	Кл. оп.
1	катализатор на основе оксида алюминия молибденовый, содержащий оксид кобальта, отработанный	44100302493	3
2	катализатор на основе оксида никеля, отработанный при паровой конверсии газообразных углеводородов при получении водорода	31010121403	3
3	адсорбент на основе оксида алюминия, отработанный при осушке газа	44100301493	3
4	адсорбент на основе оксида цинка отработанный	44260101203	3
5	адсорбент на основе оксида меди отработанный	44100911493	3
6	катализатор на основе оксида никеля отработанный	44100205493	3
7	катализатор железохромовый с содержанием хрома менее 7,0% отработанный	44100404494	4

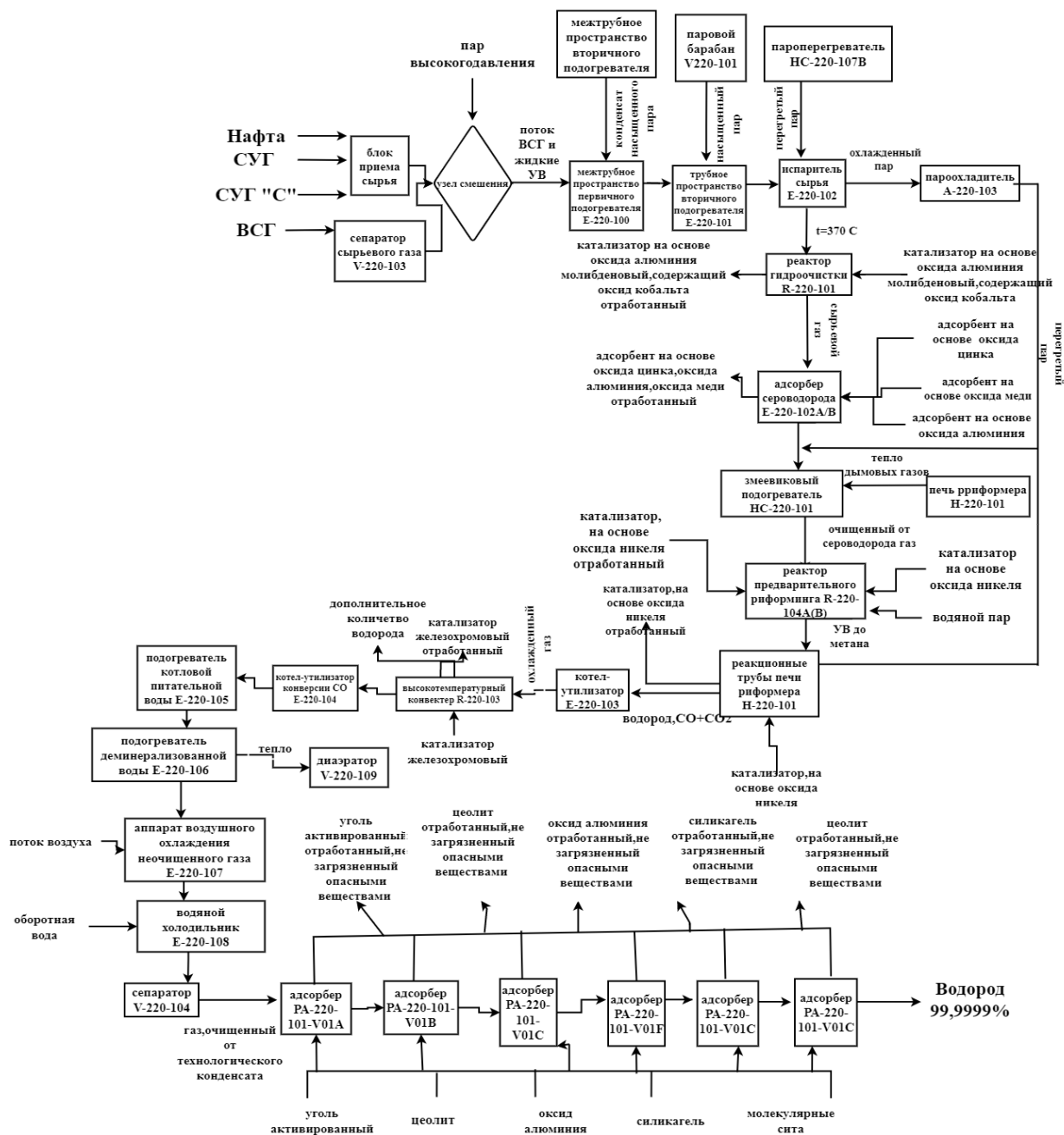


Рис.1. Технологическая схема образования отходов на установке УГВ-22.

Для снижения вредного воздействия установки производства водорода на окружающую среду и уменьшения количества отходов могут быть рекомендованы:

1) Внедрение наилучших доступных технологий - рекуперацию, регенерацию и повторное использование отходов;

2) Дооборудование мест временного хранения отходов – защита в процессе накопления и хранения от атмосферных воздействий;

3) Предварительное разделение отходов не только по классам токсичности, консистенции, но и направлениям вторичного использования;

4) Замена люминесцентных ламп на полупроводниковые светильники, так как они имеют ряд преимуществ - энергетическую эффективность, долговечность, хорошую цветопередачу и экологическую чистоту.

В зависимости от экономических предпосылок – стоимости мероприятий по хранению и регенерации катализаторов и адсорбентов, необходимо рассмотреть возможности вторичного использования отработанных катализаторов и адсорбентов. Основными направлениями утилизация этих видов отходов являются повторное использование либо применение в качестве добавки к строительным материалам различного назначения, в качестве сырья получения порошковых добавок для химического производства. Процесс повторного использования катализатора включает основные стадии [4]:

- регенерация катализатора с повторным использованием в процессе;
- повторная регенерация перед выгрузкой из реактора;
- извлечение металлов из отработанных катализаторов с возвратом их в производство свежих катализаторов.

Внедрение методов регенерации и повторного использования адсорбентов и катализаторов позволит минимизировать количество образующихся отходов и снизить себестоимость производства на 15-20 % [4].

References

1. Информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям утилизации, обезвреживания и размещения отходов / А. З. Ощепкова, Т. Н. Сомова, Н. В. Ионова, О. В. Клецкина // Экология производства. – 2018. – № 1. – С. 56-65. – EDN BZYYZL.
2. Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов)) ИТС 15—19.2016. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293748/4293748613.pdf>
3. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому

водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. СанПиН 2.1.3684-21 Главный гос. сан. врач РФ, от 28 января 2021 года № 3 Российская газета: 2021.-58 с.

4. Алиев, Р. Р. Экологические проблемы в производстве алюмоникель (кобальт) молибденовых катализаторов / Р. Р. Алиев, И. Д. Резниченко, М. И. Целютина // Катализ в промышленности. – 2005. – № 2. – С. 33-39. – EDN JVWFGL.

Electronic scientific editions

International journal of Professional Science

international scientific journal
№7/2023

Please address for questions and comments for publication as well as suggestions
for cooperation to e-mail address mail@scipro.ru



Format 60x84/16. Conventional printed
sheets 4,5
Circulation 100 copies
Scientific public organization
“Professional science”