

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ӘКІМДІГІ  
Д.СЕРІКБАЕВ АТЫНДАҒЫ ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
АКИМАТ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ  
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Д. СЕРИКБАЕВА

**«ЖАСТАР ШЫҒАРМАШЫЛЫҒЫ – ҚАЗАҚСТАННЫҢ  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ДАМУЫНА»**

Студенттердің, магистранттардың және жас ғалымдардың  
VI Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының  
МАТЕРИАЛДАРЫ

9, 10 сәуір 2020 жыл

IV бөлім

**«ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ – ИННОВАЦИОННОМУ  
РАЗВИТИЮ КАЗАХСТАНА»**

МАТЕРИАЛЫ  
VI Международной научно-технической конференции  
студентов, магистрантов и молодых ученых

9, 10 апреля 2020 г.

Часть V

Өскемен  
Усть-Каменогорск  
2020 г.

УДК 378 (063)

ББК 74.58

Ж 33

**Главный редактор:** д.б.н., профессор Ж.К. Шаймарданов

**Зам. главного редактора:** к.г.-м.н. О.Д. Гавриленко

**Редакционная коллегия:** д.т.н., профессор В.А. Седелов, к.т.н., зав. кафедрой  
Е.А. Малгаждаров

**Жастар шығармашылығы – Қазақстанның инновациялық дамуына:**

Ж 33 Студенттердің, магистранттардың және жас ғалымдардың VI Халықаралық ғыл.-техн. конф. материалдары, 9, 10 сәуір 2020 ж. = **Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана:** Материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, 9, 10 апр. 2020 г. – Өскемен: ШҚМТУ, 2020. – V б. – 376 б. – қазақша, орысша.

**ISBN 978-601-208-713-0 (V б.)**

**ISBN 978-601-208-708-6**

В сборник материалов конференции вошли доклады и сообщения, отражающие современные проблемы в области энергетики, энергосбережения и материаловедения. Сборник рассчитан на научных и инженерно-технических работников, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

УДК 378 (063)

ББК 74.58

Печатается по разрешению редакционно-издательского совета университета.

**ISBN 978-601-208-713-0 (V б.)**

**ISBN 978-601-208-708-6**

© ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2020

UDC 669.534.524.152

Zhukanova G.B.(18-MΦ3-2π), Yeskermessov D.K. (EKSTU, PhD), Verigin A.A. (EKSTU, PhD)

## CALCULATION OF THE INTENSITY OF SOLAR COSMIC RAYS USING THE INSTALLATION “CARPET-ASTANA” AND THE EFFECT OF SOLAR COSMIC RAYS ON THE ATMOSPHERE AND WEATHER

### Abstract:

The intensity of solar cosmic rays was studied, the regularities of weather changes, the influence of SCL on the atmosphere were revealed. The experiment is of practical importance in modern applied science, as it allows to predict weather changes by finding patterns of changes in the intensity of solar flows. For development information, I developed the program for data analysis of the complex "carpet". Conducted calculation data obtained with the installation of the "Carpet-Astana", their analysis and comparison with meteorological data.

### Keyword:

Solar Cosmic Rays(SCR), nuclear physic,laboratory, electrons, proton, heliosphere, radiation, "Carpet",intensity, solar activity, weather, atmospheric influences.

Solar cosmic rays are the charged particles accelerated on the Sun during the flashes and then “escaped” into the interplanetary space: electrons, protons, and nuclei of heavier elements whose energy is contained in the rang from several tens of Kev to tens and hundreds of MeV.

On the basis of the International Department of nuclear physics, new materials and technologies, a Laboratory for the physics of cosmic rays was established to measure and process Helio - and geophysical parameters (monitoring of radiation and electromagnetic conditions). A ground-based complex of equipment was created, including a facility for registration of soft (electron-photon) and hard (muon) components of cosmic rays. It is expected to include the complex ground-based instrument-measuring electrophysical fields.

The laboratory uses carpet ("Carpet") cosmic ray detectors, which are designed to continuously monitor the flow of cosmic rays at the Ground level.

Data collection took place by collecting information from sensors and equipment transfer to a computer in a specially organized file. A number of programs were used for automatic data processing: MatLab 2015a, Origin Pro 8, MS Excel, Notepad ++. The data is a text document approximately 150 MB in size.

The first step for data analysis is to rename files for easy handling in automatic mode.

The calculation of the data is automatic, the original data is converted into a table of 4 columns, where the first column is the sum of time, 2,3,4 columns are the data from the sensors, respectively, the table by series represents the data by day, the figure below shows the algorithm of the program and description.

Table1 – Example of data taken from the installation

Date and time:2019-09-11 00:00:00.019			
Time (milliseconds)	N1	N2	N3
0.000	0	1	0
0.036	2	0	0
0.036	0	1	0
0.037	1	0	0
0.037	0	1	0
0.049	1	1	1
0.057	1	0	0
0.059	1	0	0
0.066	0	1	0
0.068	1	0	0
0.079	0	1	0
0.084	1	1	1

The intensity of solar cosmic rays for the period January-September 2019 During the performance of the work, the readings of the intensity of cosmic rays from January to September 2019 were taken from the "CARPET" device. The original data is stored in separate files, recorded by day. Each archive contains information about the initial time, the time of the study, divided by: years, months, numbers, hours, minutes, seconds and milliseconds. The extreme three right columns contain data on the intensity of solar cosmic rays. The sensors consist of two levels: sensor N1, sensor N2 and telescope (recorded as the third sensor). In the course of the work was written a program for data processing, as an array of data of one day is a text file of 150 MB. Using the software algorithm described above, we can structure the data obtained. The result of the program is the sum of all registered particles in the specified period. After analyzing the data and removing unnecessary data that are not recorded completely or incorrectly, you can put the results in the graph for visual display.

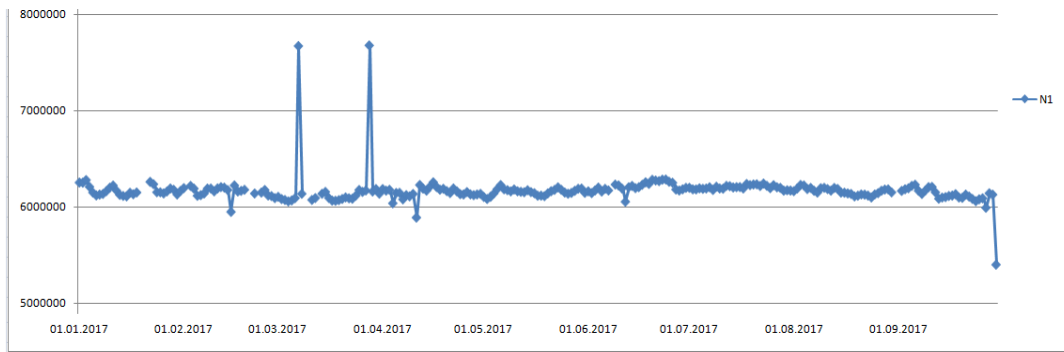


Figure 1 – Data from sensor N1, data for 9 months

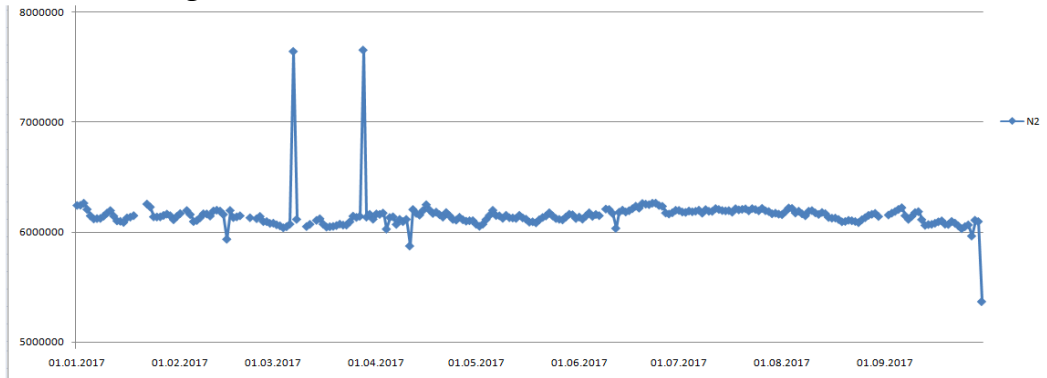


Figure 2 – Data from sensor N2, data for 9 months

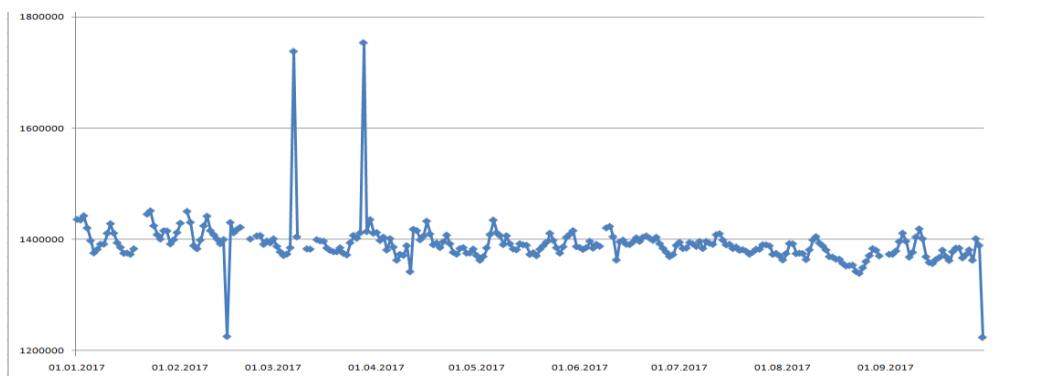


Figure 3 – Data from sensor N3, data for 9 months

Based on the graphs, you can find in detail the dates in which there were spikes and changes, and compare them with the data of solar activity.

We know what days there were bursts and can compare with atmospheric influences. Splash dates: 15.02.2019; 07.03.2019; 28.03.2019; 11.04.2019; 30.09.2019 You can notice a pattern of changes in the weather, during bursts of weather changes occur slightly, but the change in pressure occurs naturally. To conduct a full analysis, it is necessary to compare our data obtained from the Laboratory in Moscow, with the data from the laboratory in Almaty.

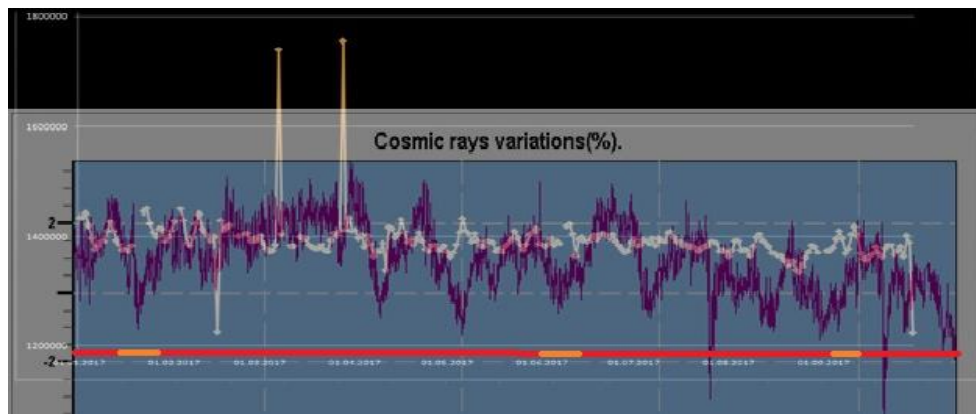


Figure 4 – Data scales Overlay with data from Almaty

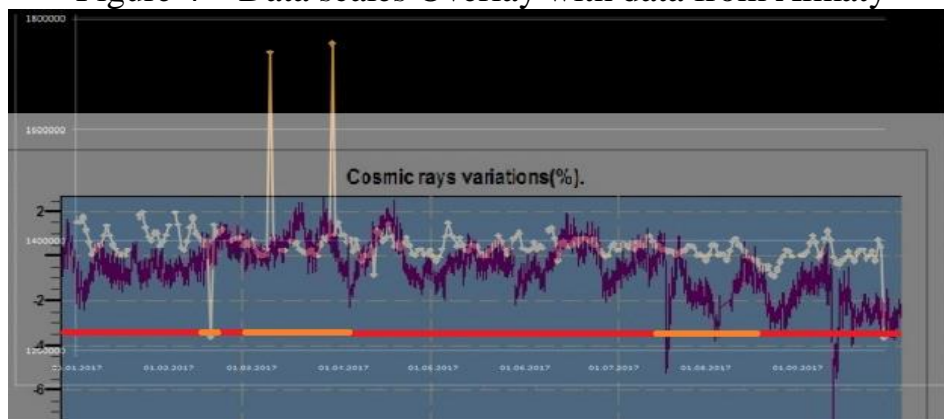


Figure 5 – Data scales Overlay with data from Moscow

Segments that are clearly similar, have common parameters are highlighted in red, segments that have an obvious difference are highlighted in orange.

From the analysis of the above data, it became known that atmospheric pressure is an important factor that affects the reliability of the data, moreover, precipitation values. So we can say that in Astana in June and August there was no precipitation, the change in pressure was relatively small, while in Almaty there was heavy rainfall. Moreover, it is worth noting that Almaty is located in a mountainous region, where there are constant jumps ATM. pressure, while Astana is on the Saryarka plateau, a flat area where atmospheric pressure is more stable. This approach is evidenced by the schedule. (Purple chart-Almaty data, beige chart-Astana data). Thus, it is possible to reveal a direct relationship between atmospheric pressure and the flow of cosmic rays. Using this knowledge, data on the flow of cosmic rays can be used not only to predict the weather, but also to make an assessment of the terrain, to conduct a detailed analysis of changes in temperature and pressure on the ground, knowing only the magnitude of the scattering of cosmic particles.

#### Conclusion

The intensity of solar cosmic rays was studied, the regularities of weather changes, the influence of SCL on the atmosphere were revealed. The experiment is of practical importance in modern applied science, as it allows to predict weather changes by finding patterns of changes in the intensity of solar flows. For development information, I developed the program for data analysis of the complex "Carpet".

The obtained data were analyzed, corrected, compared with the data from Moscow and Almaty. It is widely known that passing through the atmosphere cosmic rays ionize it, thereby making the air discharged. This effect has an impact on the atmosphere, and the weather in particular. However, there were also differences in the graphs, for example, orange in the figure the differences in the data are highlighted, but the main array is similar. The studied cities are located in the geographical distance, which is also a small error, because the earth has a slope and the magnetic fields are displaced, the particles fly into the atmosphere at an angle, and the trajectory of the particles will depend on the cosine of the angle. In other words, because of the different angle of the particles entering the atmosphere, we can observe different processes.

In turn, the work provides a full explanation of all physical processes, as well as a full study of the spectrum of solar cosmic rays for the period from January 2019 to September 2019.

It is worth noting that the developed program can be used in further research to simplify calculations and speed up the process, because the program needs no more than 3 seconds to calculate the final data, moreover, you can configure the program automatically.

One of the most pressing and at the same time causing fierce debate problem of modern Geophysics – the impact of solar activity on the state of the lower atmosphere and the weather of the Earth. High-energy particles of cosmic rays can have an impact on the earth's climate, say scientists from the University of reading. They compared 50-year series of data on the intensity of solar radiation collected at the British weather stations with similar data on the intensity of cosmic rays, which was estimated using neutron counters. As a result, it was concluded that cosmic rays can provide up to 20 percent of the daily clouds on Earth. Cosmic rays produce in the atmosphere showers of charged particles, which contribute to the condensation of water vapor, leading to the formation of clouds.

#### REFERENCES

1. G.B. Zhukanova Intensity of cosmic rays near the Earth's surface–Astana: Vestnik, 2018. № 1(34).
2. G.B. Zhukanova Application of nuclear physics to the study of cosmic rays–Astana: Vestnik, 2017. № 5(18).
3. Sh.G. Giniyatova, G.A. Shakhanova Cosmic ray physics – Astana, 2017. – 155 p.
4. E.G. Berezhko Introduction to the physics of space. – Yakutsk, 2014. – 464 p.
5. S.A. Voronov, A.M. Gal'per, V.V. Dmitrienko, Nuclear physics, space radiation, astronomy – Moscow, 1994. – 823 p.
6. A. M. Gal'per Cosmic rays– Moscow, 2002. – 672 p.
7. V.L. Ginzburg About physics and astrophysics– Moscow: 1995. –247 p.
8. Sh.G. Giniyatova, G.A. Shakhanova a Course of lectures on physics of cosmic rays. – Astana: Master, 2015. – 207 p.
9. K.P. Belov, N.G. Bochkarev Magnetism on Earth and in space – Moscow.: Science, 1983. – 192 p.
10. L.I. Miroshnichenko Solar activity and the Earth–Moscow: Science, 1981.– 144 p.

УДК 621 (311)

Абдильдинова Г.С. (18-МЭЛ-2п), Седелев В.А. (ВКГТУ)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПРОИЗВОДИМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Надежность в эксплуатации электрооборудования систем электроснабжения является одним из важнейших факторов, оказывающих существенное влияние на экономические показатели энергокомплексов Республики Казахстан.

Разработка методики контроля электроэнергетических систем (ЭЭС) и систем электроснабжения - одно из наиболее важных направлений разработок с точки зрения обеспечения надежной и бесперебойной работы этих систем и объектов. Методики должны быть основаны на том, что контроль параметров ЭЭС, необходимо осуществлять в рабочем режиме электроэнергетических объектов и таким образом, чтобы устройства контроля оказывали минимальное влияние на объект контроля и не вели к снижению его надежности. Задача усложняется еще и тем, что многие из перечисленных объектов занимают большие площади или объемы и доступ ко многим элементам объектов физически затруднен или категорически запрещен по условиям безопасности эксплуатации объектов. Это приводит к необходимости использовать дистанционные методы контроля.

Стоимость прекращения подачи электроэнергии в случае аварийного простоя сопоставимы со значительной частью суммарных затрат на изготовление и монтаж сети электроснабжения, а для населения такая авария приводит к большим моральным потрясениям и материальным потерям. В связи с этим, вопросы совершенствования методов эксплуатации электрооборудования в системах электроснабжения различного уровня являются особенно актуальными. Поэтому особенностью современной электроэнергетики являются повышенные требования к надежности энергоснабжения и качеству электроэнергии.

Прогнозирование надежности объектов энергетических систем, а также разработка стратегий и планирование, модернизация и ремонт электрооборудования – приоритетные задачи государства.

Надежность закладывается при проектировании, обеспечивается при изготовлении и расходуется при эксплуатации. Следует иметь в виду, что показатели надежности позволяют оценить состояние среднестатистического объекта. Это приводит к тому, что в одном случае получаются заниженные, а в другом - завышенные значения. Техническая диагностика позволяет оценить состояние конкретного объекта. Знание о действительном состоянии объекта обеспечивается путем его контроля – мониторинга.

В настоящее время методы оценки надежности электроснабжения и надежности ЭЭС достаточно проработаны.



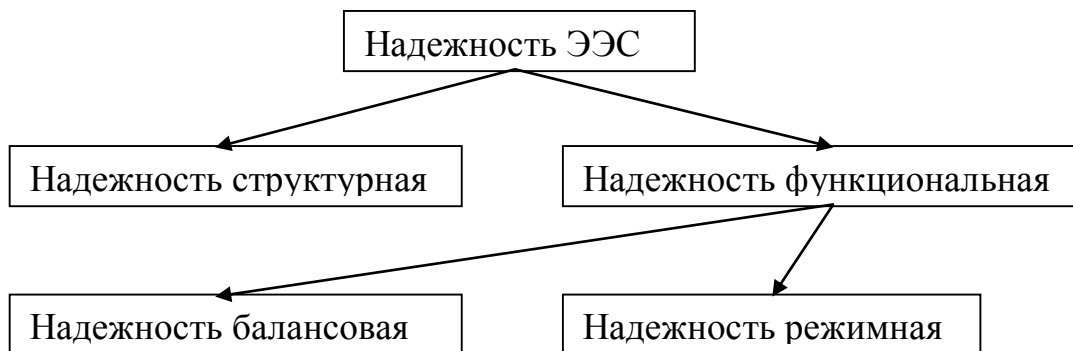


Рисунок 1. Структура надёжности ЭЭС

К факторам, влияющим на надежность электроснабжения и ЭЭС, относятся:

- время эксплуатации используемого оборудования ЭЭС;
- внешние (погодные) условия;
- человеческий фактор,

Человеческий фактор включает в себя:

- качество используемого оборудования ЭЭС;
- качество проводимых диспетчерских, профилактических и ремонтных работ;
- действия третьих лиц.

Общепринятыми в международной практике основными показателями надежности являются:

- вероятность безотказной работы;
- время восстановления;
- вероятность потери нагрузки – Lost Of Load Probability (LOLP).

Расчет структурной надежности позволяет определять надежность электроснабжения узлов, но не учитывает вероятность недостатка генерируемой мощности для покрытия нагрузки потребителей. Учет данного обстоятельства возможен при расчете балансовой надежности, которая характеризуется показателями: средний недоотпуск электроэнергии, вероятность потери нагрузки. Для расчета балансовой надежности используется метод потери нагрузки в результате возникновения дефицита мощности.

Основным фактором, оказывающим влияние на интенсивность отказов и время восстановления в системе, является продолжительность эксплуатации технологического оборудования. Таким образом, вероятность возникновения одновременных (множественных) отказов с течением времени возрастает. Анализ структурной надежности не позволяет учесть вероятность недостатка генерируемой мощности для покрытия нагрузки потребителей, поэтому была проведена оценка балансовой надежности исследуемой ЭЭС.

Требования по надежности электроснабжения потребителей изложены прежде всего в таком основополагающем нормативном документе, как Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года № 230 Об утверждении «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) (с изменениями и

дополнениями на 2017г.). В качестве главного показателя надежности электроснабжения вводится категория надежности. Следует иметь в виду, что энергосистема предоставляет потребителю не более двух источников электроснабжения, т. е. подключение обеспечивается не более чем к двум электрическим подстанциям. Прочие источники, ДЭС или ИБП, не являются объектами энергосистемы.

Показатели надежности представляют собой комплексную характеристику СЭС и являются следствием влияния многих факторов, таких как структура сети; пропускная способность ее элементов; мощность и диапазоны регулирования источников энергии и компенсирующих устройств; наличие, логика и время срабатывания релейной защиты и противоаварийной автоматики; показатели надежности отдельных элементов сети; готовность и доступность к элементам сети оперативного персонала; характеристики и требования по качеству электроснабжения потребителей электроэнергии, а так же ряда других факторов. Система электроснабжения, как технический объект участвует в большом количестве процессов, как внутренних, происходящих между элементами системы, так и внешних, заключающихся в ее взаимодействии со средой и другими системами. Все состояния системы могут быть разделены на работоспособные, частично работоспособные и неработоспособные, а события - на отказы и управляющие воздействия.



Рисунок 2. Реализация надёжности ЭЭС

Показателями надежности называется количественная характеристика одного или нескольких свойств, определяющих надежность объекта. Их подразделяют на единичные, характеризующие одно свойство, и комплексные, характеризующие несколько свойств объекта. Единичные показатели надежности применяются для характеристики отдельных элементов, комплексные - для характеристики системы в целом или ее эквивалентированных частей.

Единичные показатели надежности разделяют на показатели безотказности и восстанавливаемости.

К показателям безотказности объекта относятся: вероятность безотказной работы  $P(C)$ , вероятность отказа  $Q(C)$ , время безотказной работы  $T$ , интенсивность отказов  $A(C)$ .

К показателям восстанавливаемости объекта относятся: вероятность восстановления, время восстановления  $T_v$ , интенсивность восстановления.

Последовательность отказов и восстановлений характеризуется временем между последовательными событиями отказа и восстановления  $T_0$ , и параметром потока отказов.

К комплексным показателям надежности относятся: коэффициент готовности, коэффициент вынужденного простоя, коэффициент оперативной готовности, коэффициент технического использования, средний недоотпуск электроэнергии, средний ущерб на один отказ и удельный ущерб.

Надежность участка сети определяется надежностью и параметрами входящих в сеть состав элементов (трансформаторов, коммутационной аппаратуры, линий электропередачи и др.) и схемой их соединения. Нарушение работоспособности объекта называется отказом. В случае отказа отдельных элементов сети может произойти (в зависимости от схемы соединений) отказ участка сети, приводящий к нарушению электроснабжения потребителей: полному прекращению питания, частичному ограничению нагрузки, отклонению напряжения от допустимых нормами пределов.

При разработке вариантов схемы электрической сети должны быть соблюдены требования нормативных и руководящих документов к надежности. Однако в ряде случаев могут дополнительно потребоваться расчеты количественных показателей надежности, в частности, для решения следующих вопросов: сопоставления различных мероприятий, предусматриваемых для обеспечения требуемого потребителем уровня надежности; обоснования экономической целесообразности повышения надежности (степени резервирования) сверх нормативных требований.

При сопоставлении различных мероприятий для обеспечения требуемого потребителем уровня надежности или обосновании экономической целесообразности повышения надежности сверх нормативных требований рекомендуется рассматривать математическое ожидание ущерба от вынужденных простоев (аварийных отключений).

В качестве показателей, количественно характеризующих надежность участка сети и ее элементов, принимаются:

- параметр потока отказов (среднее количество отказов в год)  $O > 1/\text{год}$ :

- частота плановых ремонтов,  $O > 1/\text{год}$ ;
- среднее время восстановления (средняя продолжительность послеаварийного ремонта или замены объекта в долях года)  $T$ , лет;
- среднее время простоя при преднамеренных отключениях,  $T_p$ , лет;
- коэффициент готовности (вероятность работоспособного состояния объекта в промежутках между плановыми простоями)  $K$ , О. е.;
- вероятность вынужденного простоя (вероятность неработоспособного состояния объекта в промежутках между плановыми простоями)  $K_v$ , О.е.;
- вероятность безотказной работы в течение года (вероятность того, что за год не произойдет ни одного отказа объекта)  $P_m$ .

Перечисленные показатели надежности являются техническими характеристиками надежности и позволяют сопоставлять между собой надежность нескольких объектов, а также проверять соответствие рассматриваемых вариантов схем требуемому уровню надежности, если он задан количественно.

Показатели надежности электрооборудования и линий электропередачи, находящихся в эксплуатации, приняты по материалам КГКП «УКВПК». Эти показатели предназначены для сравнительных расчетов и оценок электрических сетей, энергосистем, систем электроснабжения потребителей и узлов нагрузки, оценки уровня надежности различных схем, определения целесообразности и эффективности мероприятий и средств повышения надежности и не предназначены для определения надежности отдельных видов оборудования и включения в технические задания на разработку нового оборудования. Показатели надежности рассчитаны по данным об отказах действующего электрооборудования и линий электропередачи.

В ходе исследований была установлена достаточность и представительность выборки данных за 7-летний период, поскольку за этот период не выявлено явно выраженной тенденции изменения показателей надежности.

Конечной целью расчета надежности ЭЭС является определение ее комплексных показателей надежности для конкретных узлов нагрузки или для системы в целом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brown R. Electric Power Distribution Reliability. CRC Press, 2009.
2. Биллингтон Р., Аллан Р. Оценка надежности электроэнергетических систем: Пер. с англ. - М: Энергоатомиздат, 1988. - 288 е.: ил. -(Надежность и качество)
4. Ванин А.С. Определение расчетных состояний системы электроснабжения для анализа показателей надежности. // Электричество, №3 -2014.
5. Электронный сайт КГКП «УКВПК», аналитические материалы // [электрон. ресурс]. - Режим доступа: [www.ukpk.kz](http://www.ukpk.kz)

УДК 621.18

Айболов Е.А. (18-МТЭ-2п), Ерболатова Г.У. (ВКГТУ)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ: НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

### **Классификация вторичных энергетических ресурсов (ВЭР)**

ВЭР – энергетический потенциал продукции, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который теряется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения. Рациональное их использование является одним из крупнейших резервов экономии топлива, способствующих снижению топливно-и энергоемкости промышленной продукции. Достаточно сказать, что в рамках стран СНГ потенциальные запасы ВЭР оцениваются более чем в 1000 млн. ГДж.

ВЭР могут быть востребованы непосредственно без изменения вида энергоносителя (для удовлетворения потребности в теплоте и топливе) или с изменением вида энергоносителя путем выработки тепла, электроэнергии, холода или механической работы в утилизационных установках.

Многие отрасли народного хозяйства располагают значительным резервом топливных и тепловых ВЭР, занимающих значительное место в их топливно-энергетическом балансе. Наибольшими тепловыми ВЭР располагают предприятия черной и цветной металлургии, химической, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, промышленности строительных материалов, газовой промышленности, тяжелого машиностроения.

Именно в этих отраслях широко используется теплота высокого, среднего и низкого потенциалов. Из почти 90% теплоты высокого потенциала ( $> 623$  К): около 33% идет на плавку, 40% - на нагрев и около 20% - на обжиг руд и минерального сырья. Большая часть теплоты высокого потенциала обеспечивается за счет сжигания различных видов топлива непосредственно в технологических установках.

Теплота среднего (373 – 622 К) и низкого (323 – 423 К) потенциала применяется для теплоснабжения потребителей, требующих повышенных значений температуры и давления. Свыше 90% его полезного потребления расходуется в промышленности (~45%) и в жилищно-коммунальном секторе (~48,5%). Основными энергоносителями, обеспечивающими энергией средне- и низкотемпературные процессы, являются пар и горячая вода.

Предприятия тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения Украины располагают огромным потенциалом ВЭР в виде физической теплоты уходящих газов мартеновских, нагревательных и термических печей, вагранок, теплоты испарительного охлаждения печей, теплоты отработанного пара прессов и молотов. Имеют вторичные возобновляемые энергоресурсы и предприятия других отраслей народного хозяйства.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках, процессах), которые могут быть частично или полностью использованы в других агрегатах (процессах).

По видам вторичные энергетические ресурсы подразделяют на горючие топливные; тепловые; избыточного давления.

Остановимся на тепловых ВЭР как наиболее распространенных.

Условно можно считать, что значительная часть тепловой и электрической энергии, потребляемой предприятиями, трансформируется в энергетические потоки, которые классифицируются как неизбежные и возможные к использованию. К неизбежным, как правило, относятся рассредоточенные потери, утилизация их практически невозможна. В основном это потери теплоты через ограждающие конструкции зданий и сооружений, от теплопотребляющего оборудования, наружных трубопроводов и т.п. Возможные к использованию тепловые потери представляют собой не рассмотренные выше виды и являются вторичными тепловыми энергетическими ресурсами.

Для промышленности строительных материалов характерны следующие агрегаты – источники выхода ВЭР: вращающиеся цементные и известковые печи; стекловаренные печи; печи обжига керамзита; печи обжига керамических изделий; паровые и водогрейные котлы; компрессоры; автоклавы; пропарочные камеры железобетонных изделий.

Как правило, значительная часть вторичных энергоресурсов образуется в процессе совершения тех или иных технологических процессов (обжиг клинкера, варка стекломассы), а их выход происходит с отходящими газами, теплоизлучением, загрязненным конденсатом отработавшего пара и т.д. В большинстве случаев данные вторичные энергоресурсы относятся к высоко и среднепотенциальным. Следует также отметить, что многие технологические агрегаты по условиям их работы подвергаются искусственному охлаждению (компрессоры, вращающиеся, стекловаренные печи и т.д.), в результате чего осуществляется выход низкопотенциальных ВЭР, к которым относятся также вентиляционные выбросы, промышленные и хозяйственнобытовые стоки.

Исследования на предприятиях ТЭК свидетельствуют: потенциал использования вторичных энергетических ресурсов на предприятиях нашей страны явно недостаточен. Причин тому немало, и одна из них – недостаток информации для инженеров и руководителей о существующих технологиях и моделях оборудования. Тем не менее современное сообщество отраслевых разработчиков, отслеживая тенденции по энергосбережению и утилизации производственных отходов, генерирует новые технические решения. О некоторых из них пойдет речь в данной статье.

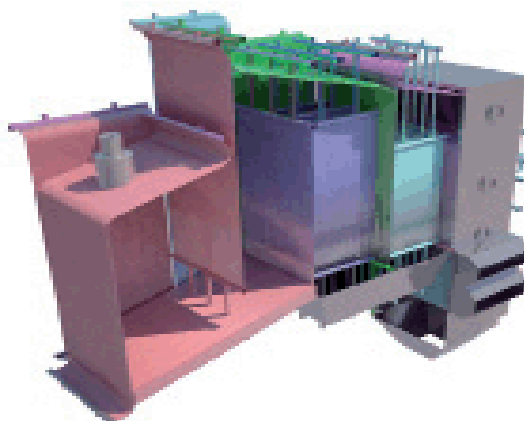


Рисунок 1. Уникальный котел

В энергомашиностроении особо выделяется сегмент нестандартного котельного оборудования, утилизирующий вторичные энергоресурсы – прямое и остаточное тепло технологических процессов, углеводородсодержащие жидкости и газы, сероводород, производственные отходы и стоки предприятий. Уникальный проект реализуется в ОАО «КуйбышевАзот»: это разработка агрегата термического обезвреживания отходов производства капролактама, где щелочной производственный сток перерабатывается в топке котла во вторичный сырьевой продукт. В котле из стока освобождаются соединения натрия в виде раствора и плава, пригодных для дальнейшей обработки в цикле регенерации химического сырья. Плавы и раствор натриевых соединений, вырабатываемых котлом, также может быть использован для получения сухой кальцинированной соды, для чего в составе агрегата проектом предусмотрена установка выпаривания с последующей фильтрацией и сушкой. Данный процесс – редкий пример полного цикла переработки производственных отходов внутри предприятия в готовый товарный продукт.

Экологические цели достигнуты, однако уникальность установки еще и в том, что в котле при сжигании содержащихся в стоках органических веществ выделяется тепловая энергия. Эта энергия используется в котле для производства пара. Поэтому котлоагрегат также функционирует как паровой котел. Задача энергосбережения выполнена. Цели предприятия – обеспечить экологические требования, переработать производственные отходы в готовую продукцию и получить пар для собственных нужд (либо для реализации потребителям) достигнуты максимально. Срок окупаемости внедрения энергосберегающих разработок в рамках данной технологии не превышает двух лет. Экономия на платежах за негативное воздействие на окружающую среду может сократить срок окупаемости на порядок. В нынешних условиях посткризисной экономики результат осуществления столь серьезных мероприятий обязательно повысит эффективность предприятия в целом. Проект агрегата термического обезвреживания стоков не имеет налогов в России и является уникальным результатом индивидуального подхода к решению многоцелевой задачи инженеров предприятия и компании разработчика. Инициатива руководителей нефтехимических и

нефтеперерабатывающих предприятий по внедрению подобных проектов бесценна. Возможно, подобные проекты будут массово внедряться во многих отраслях промышленности.

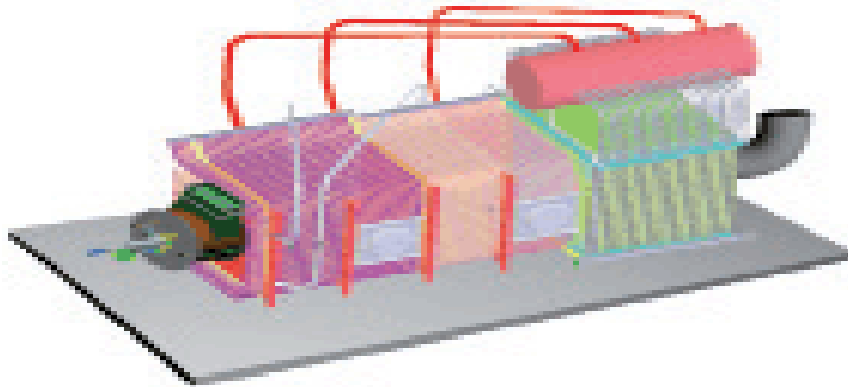


Рисунок 2. Сероводород–котельное топлив

В последнее время активно развивается российское законодательство в области ужесточения мер экологической безопасности по воздействию на окружающую среду. Особой строкой прописываются разработка и внедрение программ по доведению объема переработки попутного нефтяного газа к 2012 году до 95 процентов. При этом на сегодняшний день нефтехимическими предприятиями утилизируется лишь 30 процентов. Сложность переработки попутного нефтяного газа заключается в наличии в его составе сероводорода (до 10 процентов). Существующие технологии очистки и сбора сероводорода нефтеперерабатывающей промышленности нуждаются в активной модернизации. Утилизация сероводорода, а именно сжигание его в качестве топлива в топках энерготехнологических котлов, – один из основных процессов в установках производства серы и серной кислоты. При горении 1 кубометра сероводорода выделяется 23400 кДж теплоты; таким образом, это, безусловно, ценное топливо, но вопрос его использования ставит ряд сложнейших задач перед разработчиками и поставщиками оборудования. Немало хлопот приносит эксплуатация котлов сжигания сероводорода на нефтеперерабатывающих предприятиях в технологии процесса Клауса и установках получения элементарной серы. Основная проблема котлов для сжигания сероводорода – это их надежность и безопасность, поскольку при термической обработке подобных газов резко снижается стойкость материалов конструкций к сероводородной коррозии. Для создания надежной и эффективной конструкции по утилизации сероводородсодержащих газов необходимо учесть ряд важнейших факторов. Исследования, проведенные ведущими разработчиками, учет данных факторов в новых конструкциях позволяют повысить надежность и эффективность оборудования. Негативное воздействие сероводородных и сернистых газов на металл котла, особенно в рабочей его части, серьезно влияет на срок и объем ремонта котла – фактор снижения межремонтного пробега достигает 30-50 процентов. Даже незначительные отклонения от норм технологического режима могут привести к условиям, когда агрегат придет в аварийное состояние за несколько дней. Попросту говоря, сероводород и



продукты его горения «разъедают» котел вплоть до полного разрушения. При этих условиях параллельно развиваются процессы наводороживания металла, что и вызывает охрупчивание и образование очагов разрушения конструкции. Надежное решение: Существующие серийно выпускаемые котлы для сжигания сероводорода на производствах серной кислоты – это, в основном, двухбарабанные котлы. Связано это с тем, что специально для процесса сжигания сероводорода котлов не проектировалось, а приспособлялись уже существующие газомазутные. При разработке первых котлов сероводородной утилизации особое внимание уделялось проблеме полноты окисления сероводорода, то есть топочным устройствам. Циклонные топки обеспечивали полноту выгорания сероводорода, но нестабильны по режиму, требуют замены футеровки при повышении температуры процесса. Разработанные конструкции охлаждаемых циклонов оказались сложными как в изготовлении, так и в эксплуатации. Исследование факельного сжигания сероводорода показало: хорошего дожигания можно добиться, если обеспечить хорошее предварительное перемешивание с осушенным, подогретым воздухом, достаточную длину факела и высокую температуру в его корне. Следствием всего этого явилось растворение несгоревшего сероводорода в металле топочных экранов, имеющих температуру 300°C, и, следовательно, сероводородное растрескивание. «Кульминацией» данного негативного процесса является аварийный останов котла, во время которого сероводород, «скопившийся» в металле котла, начинает «испаряться» обратно, за счет снижения степени растворения H<sub>2</sub>S в металле, прямо пропорциональной температуре нагрева металла. При этом возникают разрушительные напряжения в металле – до 20 МПа. Особенно интенсивное разрушение сварных соединений фронтального и ограждающих экранов топки отмечено в районе горелки. В котлах данной модели нижний барабан в конвективной части соприкасается сдымовыми газами с температурой 800 - 1200°C, и на его «верхней» части начинается интенсивное кипение. Паровые пузыри слипаются в пленку в верхней части барабана, потом пленка разрушается снова образуется. Как следствие, проявляется термоциклическая усталость металла и интенсивное шламообразование, начинается шламоотделение. Металл покрывается язвами и охрупчивается, паутина трещин от сварных швов идет в обечайку барабана. Любая трещина, появившаяся в швах нижнего барабана, вызывает образование пропуска воды в горячую среду сернистого газа внутри котла, после чего начинается активное выпадение жидких сернокислых соединений, коррозия с участием которых полностью разрушает «нижние» части котла. От применения газового байпаса в сероводородном котле лучше отказаться, поскольку при открытом байпаса дымовые газы в конвективной части захлаживаются и начинается выпадение «росы» серной и сернистой кислот на трубках, их активное разрушение. Для обеспечения полного сжигания и предотвращения сероводородного растрескивания материала котла, а также хорошего воспламенения горючей смеси топка на 1 метр от горелки покрыта футеровкой. Недогоревший сероводород на раскаленной футеровке активно окисляется до SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>. Под топки закрыт огнеупорным кирпичом. В котле нет

Слабонаклонных или горизонтальных участков, на которых возможны циркуляционные аварии из-за расслоения потока. Для исключения протечек продуктов горения котел снаружи закрыт наружной обшивкой, под которую подается воздух на горение. Это позволяет достичь максимального сжигания сероводорода и общего КПД котла. Основа надежности и безопасности котла сжигания сероводорода разрабатывается именно на этапе проектирования, метод ошибок и частых ремонтов здесь неприемлем. Обязательно должны учитываться индивидуальные особенности установки. Остается пожелать предприятиям, эксплуатирующим объекты переработки сероводорода, приступить к изучению области собственных источников энергии и применению новых, решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brown R. Electric Power Distribution Reliability. CRC Press, 2009.
2. Автономов А.Б. Положение в области систем централизованного теплоснабжения в странах Центральной и Восточной Европы.// Электрические станции. 2004. №7.
4. Аракелов В.Е. Кремер А.И. Методические вопросы экономии энергоресурсов. - М., Энергоатомиздат, 1990 г.
5. Электронный сайт КГКП «УКВПК», аналитические материалы // [электрон. ресурс]. - Режим доступа: [www.ukpk.kz](http://www.ukpk.kz)

УДК 621.311

Айгожанов Т.М. (19-МЭЛК-2п), Мұқан Н.Ж. (19-МТЭ-2п), Тойбазаров Ұ.Е. (18-ЭЛК-2), Асылжанова А.Б. (ВКГТУ)

## ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ ЖӘНЕ ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Қазіргі уақытта отын-энергетикалық ресурстарды ұтымды пайдалану мәселелеріне көп көңіл бөлінуде (ОЭР). Сонымен, қазіргі заманғы энергия үнемдейтін технологиялар мен жобаларды әзірлеу және енгізу; оларды пайдалану тиімділігіне техникалық-экономикалық талдау; отын-энергетикалық ресурстарды тұтыну көрсеткіштерін стандарттау және реттеу; кәсіпорындарда энергия менеджментін дамыту және енгізу болып табылады. Алайда, энергияны үнемдеу және энергия тиімділігі мәселелерін зерттеуде қолданылатын терминология мен әдістемеді айырмашылықтар бар екенін атап өткен жөн. Сонымен қатар, көптеген көздерде энергияны үнемдеу оның әлеуметтік-экономикалық сипатының маңыздылығын төмендететін технологиялық проблема ретінде қарастырылады.

Мұндай сәйкессіздік энергияны үнемдеу және энергия тиімділігі категорияларының тұжырымдамалық аппараттарын егжей-тегжейлі зерделеуді қажет етеді. Біріншіден, «энергия тиімділігі» және «энергия үнемдеу» ұғымдарының мазмұнын нақтылау, олардың ресурстарды үнемдеудің жалпы жүйесіндегі орнын анықтау қажет. Осы мақсатта туындаған проблема бойынша қалыптасқан көзқарастарды келтіріп, оларды жіктеген жөн.

Мәселені талдауды негізгі категориялардың мәнін анықтаудан бастаған жөн: ресурстар, отын-энергетикалық ресурстар, энергия тасымалдаушы, энергия үнемдеу, энергия үнемдеу әлеуеті, энергия тиімділігі юлып табылады.

Ресурстар - бұл қолданыстағы технологиялармен және әлеуметтік-экономикалық әлеуметтік қатынастармен іске асырылатын қажетті рухани және материалдық игіліктерді алудың кез-келген көзі мен алғышарттары [1]. Олар қоғамның өсіп келе жатқан мәдени және материалдық қажеттіліктерін толығымен қанағаттандыру мақсатында өндірісті жоспарлы түрде дамытудың әлеуметтік, өндірістік, техникалық, экономикалық, ұйымдастырушылық және табиғи факторларының жиынтығы. Ресурстар өндіріс құралдарын ғана емес, сонымен бірге табиғи байлықты, ақша қаражаттарын, қорларды, мемлекеттік бюджеттің және банк жүйесінің кіріс көздерін, сонымен қатар ғылыми ақпараттарды, басқарудың және әлеуметтік дамудың ұйымдастырушылық факторларын қамтиды [2].

Ресурстар - бұл табиғи байлық, өндіріс құралдарының жиынтығы, материалдық және ақша тауарларының қорлары, басқарудың және өндірудің ұйымдастырушылық факторлары, ақпараттық ағындарды пайдалану және жүйелер мен объектілерді дамыту факторы және нәтижесі.

Маңызды элемент - ресурстарды әртүрлі белгілер мен оларға тән факторлар бойынша жіктеу. Ресурстардың жіктелуін қарастырыңыз, жалпы ресурстық жүйеде отын-энергетикалық ресурстардың орны мен рөлін анықтаңыз.

Қазіргі классификациялардың бірі ресурстарды еңбек, материалдық, техникалық және қаржылық деп бөледі [3]. Сонымен қатар, жоғарыда аталған барлық ресурстарды қамтитын және оларды құндық мәнде жинақтайтын жиынтық ресурстар бар [4].

Келтірілген жіктемеге сәйкес, ОЭР материалдық ресурстарға жатқызуға болады, бірақ технологиялық процестерде ОЭР машина жасау кәсіпорнында еңбек затына тікелей әсер етеді (мысалы, электрофизикалық және электрохимиялық процестер). Бұдан басқа, энергетикалық ресурстардың бір бөлігі отын ретінде де, қайта өңдеуге арналған шикізат ретінде де пайдаланылады (мысалы, ОЭР бола отырып, мұнай-химия өнеркәсібі үшін шикізат болып табылады).

ОЭР пайда болу көзіне байланысты келесі топтарға бөлуге болады:

- Табиғи ресурстар (газ, мұнай, көмір, күн энергиясы және т. б.) және бастапқы ресурстарды (жылу және электр энергиясы) пайдаланудың салдары болып табылатын ресурстар);

- бастапқы және екінші (жанама) (пайдаланылған ыстық су мен будың, желдеткіш жүйелерінің ауасының жылуы; күштік қондырғылардың пайдаланылған газдарының кинетикалық энергиясы және т. б.) [5];

- ОЭР-ді қалпына келтіру мүмкіндігі бойынша жаңартылатын (жел және күн энергиясы, гидроэнергия және т. б.) және жаңартылмайтын (мұнай, көмір, газ, ядролық отын, шымтезек және т. б.) болып бөлінеді.);

- ОЭР пайдалану сипаты бойынша отын және отын емес отын болып бөлінеді, алынған энергия оларды жағу нәтижесі болып табыла ма, жоқ па байланысты.

Өз кезегінде энергия тасымалдаушы деп санайды «... соңғы тұтыну кезеңінде тікелей пайдаланылатын табиғи, жақсартылған, қайта өңделген, жанама энергетикалық ресурс» [7].

Табиғи энергияны тұтынушылар төрт негізгі энергия көздері: электр энергиясы, бу энергиясы, ыстық су және тікелей пайдаланылатын отын түрінде пайдаланады.

Егер ОЭР материал ретінде (мысалы, мұнай-химия өнеркәсібіндегі мұнай) энергетикалық емес қажеттіліктерге пайдаланылған жағдайда, олар шығарылатын өнімнің физикалық материалын құрайтын негізгі материалдар ретінде еңбек заттарының құрамына енгізіледі.

ОЭР-дің тікелей энергетикалық мұқтаждықтарына түпкілікті қолданылуына қатысты бірнеше көзқарас бар.

Бірінші көру нүктесіне сәйкес, қолданылатын ОЭР көмекші материалдар ретінде еңбек заттарының құрамына кіреді. Олар өндірістік процесте жылу және электр энергиясы түрінде қатысады немесе өнімді дайындау процесінде қосымша субстанцияны қалыптастырады (мысалы, болат балқыту өндірісінде Кокс түріндегі көмір).

ОЭР түпкілікті тұтынудың кейбір нұсқалары үшін қарастырылған көзқарастың кез келгені заңды болуы мүмкін. Дегенмен, соңғы тұтынудағы энергетикалық ресурстарды өндірістік күштерге жатқызу туралы көзқарас қисынды және заңды болып табылады.

Энергия үнемдеуді басқару теориясының негізгі ережелері ресурсты үнемдеуді басқарудың жалпы сұлбаларын пайдалана отырып қарастырылуы мүмкін.

Ресурс үнемдеу әртүрлі өнімдерді өндіру кезінде табиғи ресурстарды жинақтау және ұтымды пайдалану мақсатында іске асырылатын ғылыми-әдіснамалық, технологиялық, инженерлік-техникалық, ұйымдық-техникалық, экономикалық және ұйымдық-шаруашылық іс-шаралардың өзара байланысты жиынтығын білдіреді; бұл өнеркәсіп өндірісінің экономикалық тиімділігінің айтарлықтай өсуіне алып келеді және оның қоршаған ортаға зиянды әсерін болдырмайды.

Ресурс үнемдеудің маңызды бағыттарының бірі энергия үнемдеу болып табылады. Энергия үнемдеу экономикасы бойынша жұмыстарды талдау «энергия үнемдеу» ұғымының көптеген анықтамалары бар екенін көрсетеді. Бірақ айқын және дәйекті анықтама жоқ, өйткені анықтамалардың көпшілігі техникалық аспектілерге назар аударады, бұл категорияның мәнін толық сипаттамайды.

«Энергия үнемдеу» ұғымының әртүрлі анықтамаларын талдау көптеген зерттеушілердің ұғымның үстем белгісі ретінде энергетикалық тұтынуды азайтуды бөліп көрсетеді. Алайда бұл белгі «энергия үнемдеу» санатының мәнін ішінара ғана көрсетеді. Сонымен, ОЭР тұтынуды төмендету өнім сапасы мен өндіріс көлемінің төмендеуінің салдары ретінде оларды жинақтаудың нәтижесі ғана емес болуы мүмкін.

Энергияны үнемдеуге тән негізгі белгілерді қалыптастыруға болады:

- ОЭР сандық үлестік тұтынуын төмендету;
- бастапқы (табиғи) жаңартылмайтын ОЭР тиімді пайдалану;
- шаруашылық айналымға жаңартылатын энергия көздерін тарту.

«Энергияны үнемдеу» түсінігі, жоғарыда айтылғандай, энергия ресурстарын тиімді пайдалану процесінің мазмұнын жеткілікті түрде ашпайды, сондықтан оны нақтылау қажет және орынды. Осылайша, энергияны үнемдеу дегеніміз оларды пайдаланудан тиісті тиімді әсерді сақтау кезінде пайдаланылатын отын-энергетикалық ресурстардың мөлшерін азайтуға бағытталған ұйымдастыру, құқықтық, экономикалық, техникалық, технологиялық және басқа шараларды, сондай-ақ экономикада жаңартылатын және дәстүрлі емес энергия көздерін тартуды, басқа шараларды, қол жеткізілген экономикалық тиімділігі отын-энергетикалық ресурстардың қосымша құнымен байланысты шығындардан асатын энергия үнемдейтін сипатқа ие.

Сонымен қатар, әр түрлі өлшемдерді энергияны үнемдеуге арналған нұсқаулық ретінде қолдануға болатындығын атап өткен жөн. Бақылау іс-әрекеттерінің ең көп кездесетін нүктесі энергия үнемдеу потенциалы, яғни уақытында жетілдірілуі мүмкін қорлар болып табылады.

Энергияны үнемдеу әлеуеті жағдайындағы заңнамалық актілер энергия үнемдеу шараларын, соның ішінде экономикаға жаңартылатын энергия көздерін тартуды және қымбат және тапшы ресурстарды тұтынуды азайтуды іске асыру нәтижесінде энергия мен энергия ресурстарының үнемделуін түсінеді.

Энергияны үнемдеудің технологиялық әлеуеті қолданыстағы жабдықты қазіргі заманғы жабдықтарға ауыстыру арқылы нақты тұтынуды және энергия шығынын азайтуға мүмкіндік береді, оны іске асырудағы шектеулерді ескермей.

Экономикалық әлеует кәсіпорында қолданыстағы жабдықты неғұрлым тиімді жабдыққа ауыстыру, энергия үнемдейтін жабдықтар шығару және тұтынушылар энергияны үнемдейтін жабдықтар мен технологияларды пайдалану мүмкіндіктерін сипаттайды.

Энергияны үнемдеудің нарықтық әлеуеті энергия үнемдеу шараларын іске асыру туралы басқарушылық шешімдер қабылдау кезінде қалыптасатын нарықтық жағдаймен анықталады.

Экономикалық және нарықтық әлеует бағаланбайды және техникалық потенциалды іске асыру үшін негіз болады. Сонымен қатар, жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, энергия үнемдеудің және энергия тиімділігін арттырудың мемлекеттік саясатын құрудағы қазіргі рөлдегі энергияны үнемдеудің экономикалық және нарықтық мүмкіндіктері, егер техникалық потенциалға қарағанда басым болмаса, онда оған міндетті түрде тең болады деп айтуға болады.

Энергияны үнемдеудің потенциалы - бұл энергия ресурстарын тиімді пайдалануға қол жеткізу үшін экономикалық, ұйымдастырушылық, құқықтық, ғылыми және техникалық шараларды жүзеге асыру нәтижесінде ішкі жалпы өнім бірлігіне отын-энергетикалық ресурстарды тұтынуды азайтудың мүмкін резерві.

Сонымен, энергияны үнемдеудің теориялық мәнін зерттеудің нәтижесі келесі тұжырымдар болып табылады:

- ресурстарды үнемдеу теориясы мен энергияны үнемдеу теориясының көздерін зерттеу зерттеліп отырған мәселенің негізгі категориялары туралы нақты түсініктің жоқтығын көрсетті. Мәселені әрі қарай зерттеу үшін біз энергияны үнемдеудің негізгі түсініктері мен санаттарын нақтыладық;

- «энергия үнемдеу әлеуеті» түсінігі анықталды. Энергия үнемдеу әлеуетінің құнын бағалаудың әртүрлі нұсқаларын қарастыру нәтижесінде экономикалық және нарықтық әлеуетті дұрыс бағаламау туралы қорытынды жасалды;

- өндіруші күштер жүйесінде отын-энергетикалық ресурстардың орны анықталды. Өндіріс процесі сатысында отын-энергетикалық ресурстарды тұтынуды оларды түпкілікті пайдалану тұрғысынан қарастырғанда, оларды шикізат ретінде әрекет ететін өндіріс күштері ретінде жіктеу заңды.

Егер отын-энергетикалық ресурстар еңбек объектілеріне тікелей әсер ету үшін пайдаланылса немесе олар құралды іске қосатын өндіріс процесінде ерекше ұйымдастырушылық рөл атқарса, онда бұл жағдайда оларды еңбек құралдары жүйесінде жеке элемент ретінде жіктеу заңды болады. Алайда, соған қарамастан, пайдаланылған отын-энергетикалық ресурстарды объектілер мен еңбек құралдары арасындағы өндіргіш күштер жүйесіндегі арнайы аралық топқа бөлу ұсынылады.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. - М.: Мысль, 1990. - 637 с.
2. Жижин А. А. Управление инвестициями в новые энергосберегающие технологии в промышленности / А. А. Жижин. - Орёл: ОрелГТУ. 2006. - 22 с.
3. Соколовская Г. А. Ресурсосбережение на предприятиях / Г. А. Соколовская, Т. С. Сигарева. - М.: Экономика, 1990. - 156 с.
4. Фатхутдинов Р. А. Разработка управленческого решения / Р. А. Фатхутдинов. - М.: Интел-Синтез, 1998. - 272 с.
5. Златопольский А. Н. Экономика промышленной теплоэнергетики / А. Н. Златопольский, И. М. Заводский. - М.: Высш. шк., 1975. - 328 с.
6. Златопольский А. Н. Экономика, организация и планирование теплового хозяйства промышленных предприятий / А. Н. Златопольский, С. Л. Прузнер. - М.: Энергия, 1979. - 376 с.
7. Бесчинский А. А. Экономические проблемы электрификации / А. А. Бесчинский, Ю. М. Коган. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 432 с.
8. Филачева О. А. Организационно-экономические механизмы и инструментальные методы стратегического корпоративного управления энергосбережением на химических предприятиях: дис. ... канд. экон. наук / О. А. Филачева. - М., 2003. - 187 с.

УДК 669.534.537.539

Айтбек Қ.А. (16-ТФК-2), Ысқақ А.Б. (18-МФЗ-2п), Ескермесов Д.К. (ВКГТУ, Старший преподаватель)

## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НИТРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ Zr-Nb-Ti-Cr, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Наиболее перспективным и развивающимся способом повышения работоспособности рабочих поверхностей изделий является формирования на инструментальных и конструкционных материалах износостойких ионно-плазменных покрытий на основе нитридов и карбидов тугоплавких элементов. Однако в процессе исследования выяснилось, что они имеют ряд недостатков, ограничивающих перспективу их использования в промышленности. При нагреве изделия к примеру с наиболее распространенным покрытием TiN выше 400-500 °C на поверхности покрытия начинает расти хрупкий с низкой адгезией слой оксида титана, который быстро разрушает защитную стойкость покрытия, также недостаточными для современного уровня развития техники и технологии оказались механические и трибологические свойства этих покрытий [1].

В последнее десятилетие широкое применение получили многоэлементные покрытия, полученные при помощи трех- (Ti-Nb-N, Ti-Cr-N, Zr-Ti-N), четырех- (Zr-Ti-Si-N) или пяти- (Zr-Nb-Ti-Cr-N) компонентных систем [2]. Структура и свойства, а также возможности термической стабилизации фазового состава таких легированных конденсатов пока изучены мало. Комплекс физических и механических свойств чистых металлов, таких как цирконий, ниобий, титан, молибден, хром, позволяет предположить целесообразность исследования вакуумно-плазменных конденсатов на основе системы Zr-Nb-Ti-Cr. Среди существующих технологий получения таких покрытий наиболее перспективными являются усовершенствованные вакуумные ионно-плазменные методы. Эти технологии оказывают влияние на формирование структуры и фазового состава покрытий. В процессе осаждения, также возможно формирование аморфной структуры, уменьшение размера зерен, получение новых химических соединений, что позволяет значительно улучшить их физико-механические свойства. Поэтому актуальной задачей в настоящее время является применение методов магнетронного распыления к получению многоэлементных покрытий на основе (Zr-Nb-Ti-Cr)N.

В качестве метода получения нитридных покрытий на основе (Zr-Nb-Ti-Cr)N применяли метод магнетронного распыления. Толщина покрытий (Zr-Nb-Ti-Cr)N составляет 8,4–9,2 мкм. Параметры распыления покрытий (Zr-Nb-Ti-Cr)N приведены в таблице 1.



Таблица 1 – Параметры распыления покрытий (Zr-Nb-Ti-Cr)N

№ образца	Распыляемый материал	Ток плазмы $I$ , А	Давление азота $P_N$ , Па	Напряжение $U$ , В
1	(Zr-Nb-Ti-Cr)N	120	0,5	-100
2			0,7	-100
3			0,5	-150
4			0,7	-150

Толщина покрытий, состояние границ между подложкой и покрытием и морфология поверхности изучались с помощью растрового электронно-сканирующего микроскопа «JSM-6390LV» с ускоряющим напряжением 20-30 кВ.

Рентгеноструктурный анализ проводился путем анализа дифрактограмм исследуемых образцов, полученных на дифрактометре «Shimadzu XRD-7000S». Дифракционные картины регистрировали с использованием  $\text{CuK}_\alpha$  излучения.

Измерения микротвердости проводились на автоматизированном твердомере модели «Durascan-20» при нагрузке на индентор 0,1 Н. Адгезионно-когезионная прочность, стойкость к царапанию и механизм разрушения покрытий исследовались на воздухе с помощью скретч-тестера «Micro-Scratch Tester». Фиксировали следующие основные критические нагрузки по изменению кривых зависимости коэффициента трения и акустической эмиссии от нагрузки скрайбирования –  $L_C$ .

Трибологические испытания проводились на воздухе по схеме «шарик-диск» на машине трения «PC-Operated High Temperature Tribometer». В качестве контртела использовался шарик диаметром 3,0 мм, изготовленный из спеченного сертифицированного материала —  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Нагрузка составляла 10 Н, скорость скольжения 10 см/с.

Результаты исследований элементного состава покрытий на основе (Zr-Nb-Ti-Cr)N в зависимости от физико-технологических параметров осаждения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты энергодисперсионного анализа покрытий на основе системы (Zr-Nb-Ti-Cr)N

Номер образца	Элементный состав покрытий, ат. %			
	Zr	Nb	Ti	Cr
	Элементный состав катода до распыления			
	27,99	22,30	12,32	37,39
1	27,87	43,77	13,47	14,89
2	23,55	49,56	12,07	14,82
3	18,54	18,78	25,73	36,95
4	20,74	19,84	28,15	31,27

Согласно результатам растровой электронной микроскопии, вакуумно-магнетронная конденсация многоэлементной системы имеет ряд особенностей в формировании морфологии поверхности. На рисунке 1 представлено РЭМ-изображение одного из полученных покрытий системы (Zr-Nb-Ti-Cr)N.

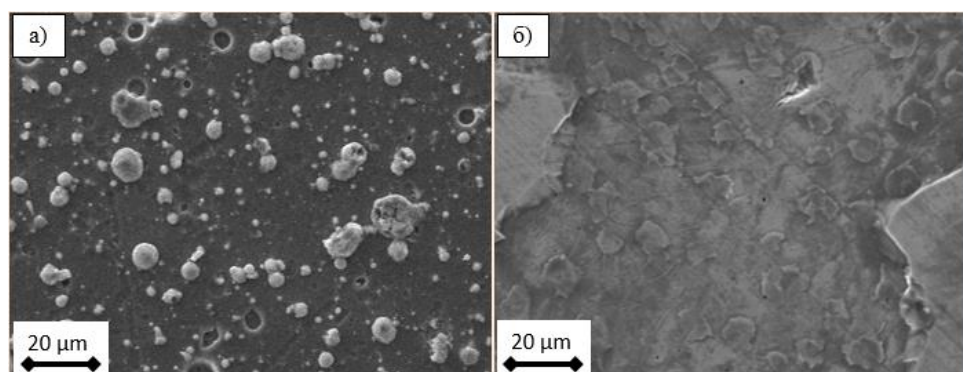


Рисунок 1 – РЭМ-изображение поверхности покрытий (Zr-Nb-Ti-Cr)N:  
а) ( $P_N = 0,5$  Па,  $U = -100$  В); б) ( $P_N = 0,7$  Па,  $U = -150$  В)

Как видно из рисунка 1а покрытие (Zr-Nb-Ti-Cr)N содержит включений капельных фракций различных размеров (до 9 мкм в диаметре). На рисунке 2 приведены рентгенодифракционные спектры покрытий. Проведенный на основании данных рентгенограмм анализ указывает на значительную зависимость состава покрытий от потенциала смещения, подаваемого на подложку, т. е. за счет потенциала смещения увеличивается энергия падающих частиц, что приводит к более высокой радиационной составляющей при формировании структуры покрытий.

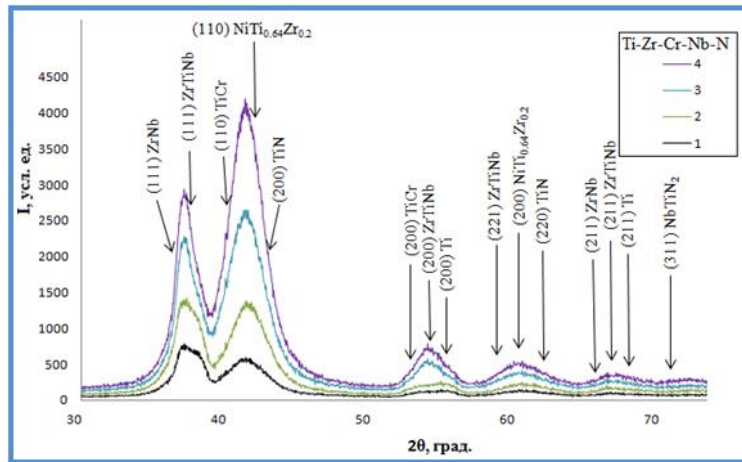
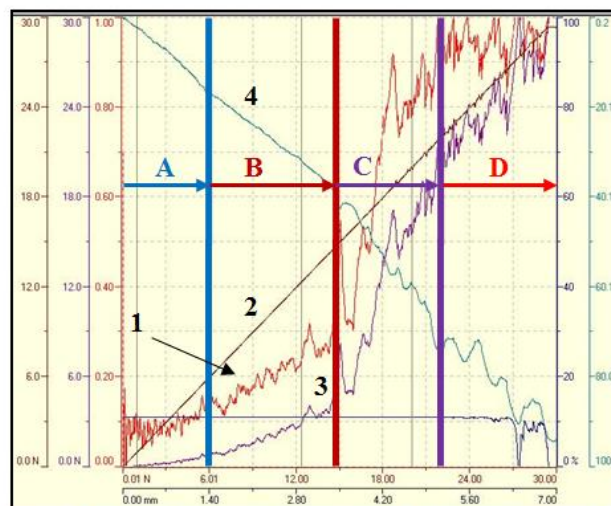


Рисунок 2 – Рентгенограммы покрытий  $(\text{Zr-Nb-Ti-Cr})\text{N}$ , полученных при различных значениях  $P_N$  и  $U$

Фазовый анализ нитридных покрытий  $(\text{Zr-Nb-Ti-Cr})\text{N}$  указывает на наличие фаз  $\text{TiN}$ ,  $\text{NbTiN}_2$ ,  $\text{ZrTiNb}$ ,  $\text{ZrNb}$ ,  $\text{TiCr}$  и  $\alpha\text{-Ti}$ . Включительно было обнаружено фаза  $\text{NiTi}_{0.64}\text{Zr}_{0.2}$ . Это связано с подложкой, так как в состав подложки входит  $\text{Ni}$ . Скорее всего, при осаждении поверхность подложки нагревается до плавления  $\text{Ni}$ , и происходит соединение с осаждающимися элементами  $\text{Ti}$  и  $\text{Zr}$  и образуют новую фазу.

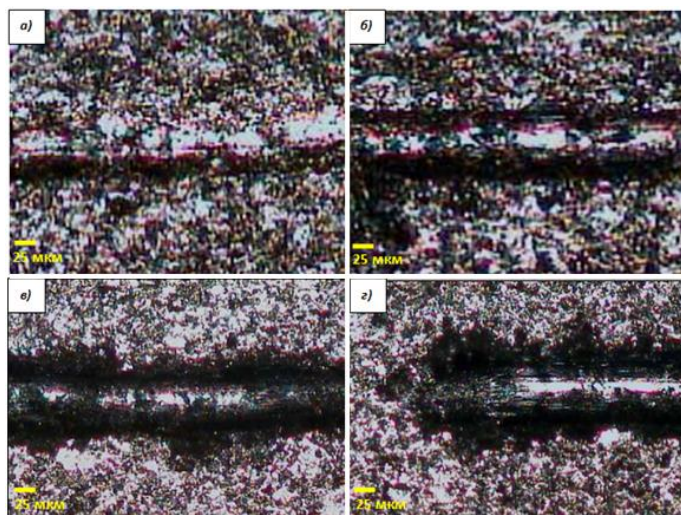
Результаты исследования адгезионно-когезионной прочности и стойкости покрытий к царапанию приведены на рисунках 3, 4. По изменению значений коэффициента трения и сигнала акустической эмиссии при увеличении нагрузки скрайбирования (рисунок 3) определялись характерные значения критической нагрузки  $L_C$ .



A – zone 1,  $L_{C1}$ ; B – zone 2,  $L_{C2}$ ; C – zone 3,  $L_{C3}$ ; D – zone 4,  $L_{C4}$

1 – коэффициент трения ( $\mu$ ); 2 – нормальная нагрузка ( $F_N$ );  
3 – акустическая эмиссия ( $A_E$ ); 4 – глубина внедрения ( $P_h$ )

Рисунок 3 – Результаты измерения механических характеристик от приложенной нагрузки при скрэтч-тестировании покрытия  $(\text{Zr-Nb-Ti-Cr})\text{N}$ ,  $P_N=0,7$  Па и  $U_{\text{см}}=-150$  В



*a* - зона 1, *б* - зона 2, *в* - зона 3, *з* - зона 4

Рисунок 4 – Микрофотографии зоны контакта алмазного индентора с покрытием  $(\text{Zr-Nb-Ti-Cr})\text{N}$ , полученного при  $P_N=0,7$  Па и  $U_{\text{см}}=-150$  В



Рисунок 5 – Изображение сохранившихся фрагментов покрытия на дне царапины после воздействия алмазного индентора

Сравнительный анализ свидетельствует, что покрытия при царапании истираются, но не отслаиваются, т. е. разрушаются по когезионному механизму, связанному с пластической деформацией и образованием усталостных трещин в материале покрытия (смотреть рисунки 4, 5).

Как видно, максимальная твердость  $HV=34,45$  ГПа достигается при давлении реакционного газа  $P_N=0,7$  Па и потенциала смещения  $U_{\text{см}}=-150$  В.

Таблица 3 – Результаты измерения твердости покрытий  $(\text{Zr-Nb-Ti-Cr})\text{N}$

Номер образцов (серии)	Твердость, $HV_{0,1}$ ГПа
1	20,71
2	22,41
3	25,78
4	34,45

Таким образом, полученные экспериментальные и теоретические результаты исследований представляют собой новый шаг в решении задачи создания защитных покрытий на основе многоэлементных систем Zr-Nb-Ti-Cr, структурно-фазовые характеристики, которые дают возможность повысить эксплуатационные качества разных изделий, работающих при высоких температурах, нагрузках и темпах износа. Твердость полученных покрытий (Zr-Nb-Ti-Cr)N меняется в зависимости от условий распыления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Pogrebnyak A., Maksakova O., Kozak C., Koltunowicz T.N., Grankin S., Bondar O., Eskermesov D., Drozdenko A., Petrov S., Erdybaeva N. Physical and mechanical properties of nanostructured (Ti-Zr-Nb)N coatings obtained by vacuum-arc deposition method // *Przegląd elektrotechniczny*. - 2016. - P. 180-183.
2. Beresnev V.M., Sobol O.V., Grankin S.S., Nemchenko U.S., Novikov V.Yu., Bondar O.V., Belovol K.O., Maksakova O.V., Eskermesov D.K. Physical and mechanical properties of (Ti-Zr-Nb)N coatings fabricated by vacuum-arc deposition // *Inorganic Materials: Applied Research*. -2016. - Vol. 7 No 3. - P. 388-394.

УДК 66.095

Андыбаева Г.М. (19-ДТФ-3а), Уазырханова Г.К. (ВКГТУ), Рахадиллов Б.К. (ВКГУ)

## ПОЛИМЕР ПЭЭК (ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОН) И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

Имплантаты из полимерных материалов находят широкое использование в современной медицине. В данный момент нельзя представить хирургию офтальмологии без интраокулярных линз, склероплантов, интрастромальных и внутрикапсульных колец, глаукоматозных дренажей и шунтов, нейрохирургию без твердых мозговых оболочек, челюстно-лицевую хирургию, ортопедическую хирургию без особых полимерных пластинок, которые восстанавливают или же заменяют костную ткань. Применение полимеров в медицине могло бы быть еще более обширным, в случае если бы в абсолютной мере была решена задача их износостойкости.

В данной работе рассматривается один из современных стоматологических материалов - полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), его свойства и использование в ортопедической стоматологии. ПЭЭК (-С<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-ОС<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-О-С<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-СО-) представляет собой кристаллический линейный полициклический полимер. Он имеет огромное количество применений в технике и медицине из-за его высокой прочности и высокой температуры плавления по сравнению с другими полимерами, а также из-за его устойчивости к химическому и биологическому воздействию [1,2].

В 70-х годах ПЭЭК был разработан группой английских ученых. К концу 1990-х годов данный полимер стал важным высокопроизводительным термопластичным материалом для замены металлических компонентов имплантата в хирургии позвоночника. С появлением ПЭЭК, армированного углеродным волокном (CF / РЕЕК), данный полимер был применен для фиксации перелома и протеза бедра в искусственных тазобедренных суставах [3].

ПЭЭК - это белый полимерный материал с высокой термостойкостью до 335,8 °С (3). Модуль изгиба ПЭЭК составляет 140-170 МПа, плотность - 1300 кг / м<sup>3</sup> и теплопроводность 0,29 Вт / мК [4, 5, 6]. Модуль Юнга (упругости) ПЭЭК составляет 3-4 ГПа [6, 7]. Модуль Юнга и свойства на растяжение близки к человеческим костям, эмали и дентину [8]. Полиэфирный кетон устойчив к гидролизу, нетоксичен и обладает одной из лучших биосовместимостей [9, 10]. Поскольку ПЭЭК является совершенно новым материалом в стоматологии по сравнению с композитом, керамикой или диоксидом циркония, важно выяснить и обобщить его свойства. Целью данного обзора является оценка свойств полимера ПЭЭК и его использования в стоматологии.

Поиск литературы охватывал следующие базы данных: Medline, PubMed, Science direct, онлайн-библиотеку Wiley, а также поиск велся по источникам

Google Scholar за период с января 2010 года по ноябрь 2019 года. В результате было найдено сто пятьдесят четыре статьи на английском языке, которые соответствуют критериям поиска по ключевым словам: ПЭЭК, протезирование, стоматология. Тринадцать полнотекстовых статей были отобраны и использованы в этом обзоре. Выбранные исследования были разделены на группы в соответствии с типом исследования: свойства и его пригодность для протезирования.

ПЭЭК - совершенно новый материал в ортопедической стоматологии. По сравнению с металлами, используемыми в стоматологии, он более эстетичен, стабилен, биосовместим, легче и имеет меньшую степень обесцвечивания [11, 12]. Однако из-за его серовато-коричневого цвета он не подходит для монолитных эстетических реставраций передних зубов [13]. Для получения эстетического результата следует использовать более эстетичный материал, например композит. В литературе предложено много методов обработки поверхности ПЭЭК для улучшения сцепления со смоляными композитными коронками. Воздушная абразивная обработка с силикатным покрытием и без него создает смачиваемую поверхность, но травление серной кислотой приводит к шероховатой поверхности [4, 14]. Низкая энергия поверхности ПЭЭК создает устойчивость к химической обработке. Уренбахер и его коллеги [15] исследовали изменение поверхностной прочности коронок ПЭЭК, адгезивно связанных с абатментами дентина. Результаты Халмана и его коллег показывают, что истираемая поверхность ПЭЭК с частицами оксида алюминия 50 мкм с последующим травлением раствором приводит к наивысшей прочности на разрыв при использовании Heliobond в качестве адгезива [12]. Все эти исследования подтверждают, что смоляные композиты могут использоваться в качестве материала для покрытия рам ПЭЭК. Однако в клинической практике опасно использовать концентрированную серную кислоту.

Механические свойства ПЭЭК похожи на дентин и эмаль. Таким образом, он превосходит металлические сплавы и керамические реставрации. Тем не менее, нет клинических данных об истирании ПЭЭК другими материалами, такими как металлические сплавы, керамика, дентин или эмаль. Высокая стойкость к разрушению описана в работе профессора Стоварцука [13].

В публикации исследователя Таннуса излагается что, несмотря на высокую стойкость к разрушению, ПЭЭК является относительно механически слабым в гомогенной форме [11]. В его исследовании было показано, что крепежи из ПЭЭК в отличие от крепежей из Cr-Co имеют меньшие силы сопротивления.

Ученые искали комбинации с другими материалами, чтобы улучшить свойства ПЭЭК. Модифицированный ПЭЭК содержащий 20% керамических наполнителей, известных как BioHPP (Bredent GmbH Senden, Германия) не вызывает аллергии и обладает высокой биосовместимостью. Возможность коррекции, отличная стабильность, отличные оптимальные полируемые свойства и эстетический белый оттенок BioHPP помогают производить высококачественные протезные реставрации [4]. BioHPP имеет большой

потенциал в качестве каркасного материала. Это хорошая альтернатива оправам Cr-Co для пациентов с высокими эстетическими требованиями.

Индивидуальные абатменты на имплантатах могут быть изготовлены из ПЭЭК. Они обычно используются для временных реставраций. Рандомизированное клиническое исследование показало, что нет статистически значимой разницы между ПЭЭК и титановыми абатментами, вызывающими резорбцию кости или воспаление. Поэтому ПЭЭК является многообещающей альтернативой титановым абатментам [4].

В настоящее время существует множество комбинаций ПЭЭК с другими материалами, такими как волокна, углерод или керамика. Из-за сложной химической структуры и плохих смачивающих свойств ПЭЭК трудно подготовить его поверхность для увеличения прочности сцепления и сцепления с композитами. Для хорошего функционирования поверхность ПЭЭК должна быть покрыта другим материалом, таким как композитные смолы или дисиликат лития. Лучший вариант обработки поверхности до сих пор не найден. Более того, композит в качестве материала покрытия из ПЭЭК может со временем разлагаться. Поэтому, если полимерный каркас остается стабильным, необходимо обновить материал покрытия.

ПЭЭК - это привлекательный современный материал для протезирования. Благодаря своим благоприятным химическим, механическим и физическим свойствам он используется для изготовления фиксированных и съемных протезов. Тем не менее, на сегодняшний день задача улучшения свойств данного полимера все еще не решена в полной мере и требует дополнительного изучения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Parina Patel, T. Richard Hull, Richard E. Lyon, et al. Investigation of the thermal decomposition and flammability of PEEK and its carbon and glass-fiber composites[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2011(96):12-22.
- 2 G.Y. Xie, G.X. Sui, R. Yang. Effects of potassium titanate whiskers and carbon fibers on the wear behavior of polyetheretherketone composite under water lubricated condition[J]. *Composites Science and Technology*, 2011
- 3 Ma R, Tang T. Current strategies to improve the bioactivity of PEEK. *Int J Mol Sci* 2014;15:5426-45.
- 4 Najeeb S, Zafar MS, Khurshid Z, Siddiqui F. Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. *J Prosthodont Res* 2016;60:12-9.
- 5 Zoidis P, Papathanasiou I, Polyzois G. The Use of a modified poly ether ether ketone (PEEK) as an alternative framework material for removable dental prostheses. *Acclinical report. J Prosthet Dent* 2015;25:580-84.
- 6 Xin H, Shepherd D, Dearn K. Strength of poly-etherether-ketone: effects of sterilisation and thermal ageing. *Polym Test* 2013;32:1001-5.



- 7 Schwitalla A, Muller WD. PEEK dental implants: a review of the literature. *J Oral Implantol* 2013;39:743-9.
- 8 Garcia-Gonzalez D, Rusinek A, Jankowiak T, Arias A. Mechanical impact behavior of polyether-ether-ketone (PEEK). *Compos Struct* 2015;124:88-99.
- 9 Kurtz SM. PEEK biomaterials handbook. William Andrew; 2011.
- 10 Zhou L, Qia Y, Zhu Y, Liu H, Gan K, Guo J. The effect of different surface treatments on the bond strength of PEEK composite materials. *Dent Mater* 2014;30: e209-15.
- 11 Tannous F, Steiner M, Shahin R, Kern M. Retentive forces and fatigue resistance of thermoplastic resin clasps. *Dent Mater* 2012;28:273-8.
- 12 Hallmann L, Mehl A, Sereno N, Hämmerle CH. The improvement of adhesive properties of PEEK through different pre-treatments. *Appl Surf Sci* 2012;258:7213-8.
- 13 Stawarczyk B, Beuer F, Wimmer T, Jahn D, Sener B, Roos M, et al. Polyetheretherketone - a suitable material for fixed dental prostheses? *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2013;101:1209-16.
- 14 Schmidlin PR, Stawarczyk B, Wieland M, Attin T, Hammerle CH, Fischer J. Effect of different surface pretreatments and luting materials on shear bond strength to PEEK. *Dent Mater J* 2010;26:553-9.
- 15 Uhrenbacher J, Schmidlin PR, Keul C, Eichberger M, Roos M, Gernet W. The effect of surface modification on the retention strength of polyetheretherketone crowns adhesively bonded to dentin abutments. *J Prosthet Dent* 2014;112:1489-97.
- 16 Stawarczyk B, Eichberger M, Uhrenbacher J, Wimmer T, Edelhoff D, Schmidlin PR. Three-unit reinforced polyetheretherketone composite FDPs: Influence of fabrication method on load-bearing capacity and failure types. *Dent Mater J* 2015;34:7-12.

УДК 539.1+533.924.621.38:621.793:519.6

Аубакирова Д.М. (18-ДФФ-3п, ВКГТУ им.Д.Серикбаева)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА НАНЕСЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

### **Аннотация.**

Приводятся результаты рентгеноструктурного анализа покрытий диоксида титана в разных режимах осажденные методом реактивного магнетронного распыления нанесенные на стальные подложки (12X18H10T). Установлено, что с ростом содержания азота в пленках увеличивается доля рутила, уменьшается доля анатаза.

**Ключевые слова:** магнетронное распыление, оксинитрид титана, структура поверхности, тонкие пленки, положение азота.

### **Введение**

Большой научно-практический интерес к тонкопленочным покрытиям на основе оксинитридов титана связан со способностью улучшить антитромбогенные свойства и с высокой уровнем гемосовместимости, то есть, не вызывать травму крови или тромбообразование при контакте с протекающей нативной кровью [1,2]. Формирование на поверхности покрытий позволяют предотвратить разрушения материала и способны улучшить их антитромбогенные свойства. Разные вариации N/O в составе покрытий меняют свойства материала, и приводит к появлению неожиданных свойств покрытий. Для осаждения пленок используются различные химические и физические методы. Из них широко используется метод реактивного магнетронного распыления, который позволяет получить покрытия с различным N/O с детерминированной структурой и свойствами [3,4]. Благодаря таким свойствам, оксинитридные покрытия титана широко применяется в медицине [5-6]. Особенно, в кардиохирургии, в которой после имплантации, велика вероятность повторного сужения просвета кровеносного сосуда в области стента.

Целью настоящей работы является исследование фазового состава поверхности биосовместимых покрытий оксинитридов титана нанесенных с помощью магнетронной распылительной системы, в зависимости от скорости потока азота в рабочую камеру и от расстояния между плоскостью мишени и подложкой.

### **Материалы и методы исследования**

Для нанесения покрытий использовалась лабораторная установка магнетронного напыления УВН-200МИ в Томском Политехническом университете. В качестве подложки используется нержавеющей сталь 12X18H10T, который относится к аустенитному классу и отличается высокими прочностными характеристиками, устойчивостью к негативным атмосферным

воздействиям и многим видам кислот [7-8]. Режимы осаждения покрытий были следующими: распыляемый материал катода - Ti, мощность 3 кВт, ток 3 А. Плазмообразующим газом служила смесь азота и кислорода. В качестве рабочего газа использовался аргон. Давление для всех режимов напыления составляло  $10^{-3}$  Па. Соотношение массового расхода азота и кислорода ( $N_2/O_2$ ) в составе рабочего газа поддерживалось на уровне: ( $N_2/O_2$ ) = 1,5 (№1), ( $N_2/O_2$ ) = 2 (№2), ( $N_2/O_2$ ) = 1 (№3). Все образцы напылялись в режиме электрического смещения -150В. Время осаждения 30 мин. В процессе осаждения подложка нагревается за счет воздействия плазмы до  $(130 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Рентгеноструктурные исследования покрытий были проведены на дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu). ( $\text{CuK}_\alpha$ -излучение,  $\lambda=1.5418\text{\AA}$ , время экспозиций 1с, шаг сканирования 0,02, угол дифракций  $2\theta=10^\circ\div 90^\circ$ ,  $U=30\text{ кВ}$ ,  $I=30\text{ А}$ ). Характеристики осажденных пленок и оптические параметры полученных покрытий приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

Номер образцов	$Q_{N_2}$ ml/min	$Q_{O_2}$ ml/min	$N_2/O_2$	Толщина пленки, нм	Показатель преломления при 632,8 нм
№1	3.06	2.06	1,5	$142\pm 5,7$	2,43
№2	6	3	2	$135\pm 9,5$	2
№3	3	3	1	$164\pm 13,5$	2

### Результаты и их обсуждения

Исследование фазового состава пленок было проведено на дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu). Задачей рентгенофазного анализа является определение фазового состава твердых и количественного соотношения этих фаз в исследуемом веществе. Каждой фазе принадлежит определенная кристаллическая структура, которая в свою очередь обладает только ей соответствующим набором межплоскостных расстояний. Дифрактограммы покрытий были получены в геометрии скользящего пучка (угол скольжения равен  $3^\circ$ ) при напряжении рентгеновской трубки 30 кВ и тока 30 мА в  $\text{Cu K}_\alpha$  –излучении ( $\lambda=1,5418\text{ \AA}$ ). Размер шага составил  $0,02^\circ$ , время экспозиции-1с. в диапазоне измерений  $2\theta$  от  $10^\circ$  до  $90^\circ$ . Идентификация фаз проводилась с помощью базы данных PDF-4 ICDD. Объемное содержание кристаллических фаз рассчитывалось в программе PowderCell 2.4.

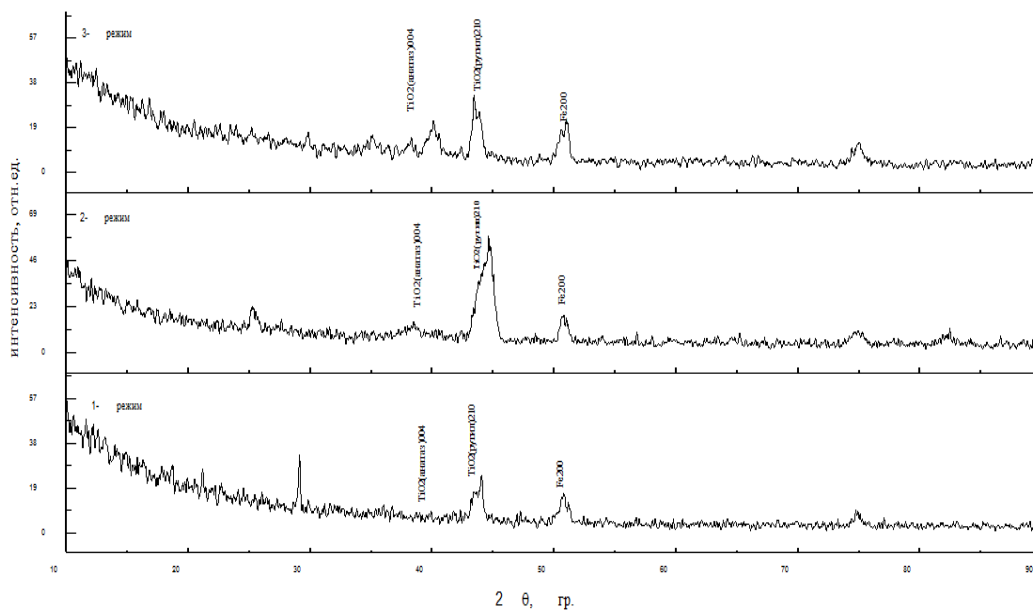


Рисунок 1. Дифрактограммы от образцов с покрытием из оксинитрида титана с различным содержанием азота.

Из рисунка 1 видно, что на дифрактограммах присутствуют рефлексы, соответствующие двум модификациям диоксида титана: анатаза и рутилу с тетрагональной структурой. Пик Fe относится к подложке. Данное описание соглашается с результатом измерения у других авторов[9-10]. Полученные данные показывают, что увеличение содержания азота в пленках приводит к изменению интенсивности дифракционных рефлексов, что обусловлено изменением фазового состава покрытий. Процентная доля преобладающих фаз рутила увеличиваются с ростом содержания азота в газовой атмосфере. Доля анатаза уменьшается с увеличением содержания азота в пленках и приводит к ослаблению преимущественных ориентаций. По теории роста пленки, кристаллическая структура образуется, когда частицы в пленке имеют достаточно высокую скорость движения, чтобы сформировать покрытие в области минимальной энергии.

**Заключение.** В процессе работы изготовлены пленки с разными соотношениями O/N. Исследованы дифрактограммы для образцов, показаны, что увеличение содержания азота в пленках приводит к уменьшению объемной доли кристаллической фазы анатаза и изменению соотношения фазовых долей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцева Е.Н., Пичугин В.Ф., Никитенков Н.Н. и др. Исследование покрытий на основе оксидов и оксинитридов титана комплексом методов // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. -2012-№8 –С. 1-52

2. A.T.L. Ong, E.P. McFadden, E.Regar. Late angiographic stent thrombosis (LAST) events with drug eluting stents.//J Am Coll Cardiol-2005. №45(12): p.2088-92
3. Конищев М.Е., Кузьмин О.С., Морозова Н.С., Пичугин В.Ф.// Изв.вузов. Физика. 2012. Т.55. №11/2. С.235.
4. Центральный металлический портал РФ [электронный ресурс]. – URL: [http://metallicheskiportal.ru/marki\\_metallov/stk/12X18H10T](http://metallicheskiportal.ru/marki_metallov/stk/12X18H10T)
5. A. Pustovalova, V. Pichugin, N. Ivanova, M. Bruns. Structural features of N-containing titanium dioxide thin films deposited by magnetron sputtering. Thin Solid Films. 627. 9-16. (2017)
6. H.L. Ma, J.Y. Yang, Y. Dai, Y.B. Zhang, B. Lu, G.H. Ma, Raman study of phase transformation of TiO<sub>2</sub> rutile single crystal irradiated by infrared femtosecond laser//Applied Surface Science. 253. 7497–7500. (2017)
7. V. Pichugin, A. Pustovalova, Konishev M.E., Aubakirova D.M. Strukturnyye osobennosti i fiziko-khimicheskiye svoystva azotosoderzhashchikh plenok dioksida titana, vyrashchennykh metodom reaktivnogo magnetronnogo raspyleniya//14-ya Mezhdunarodnaya konferentsiya «Plenki i pokrytiya-2019» Sankt-Peterburg. 507-510. (2019)
8. Pichugin V.F., Plotnikov S.V., Yerdybayeva N.K., Aubakirova D.M. Struktura poverkhnosti, fazovyy i khimicheskiy sostav azotosoderzhashchikh plenok oksidov titana, osazhdennykh metodom reaktivnogo magnetronnogo raspyleniya. Vestnik VKGTU. 4. 130-133. (2019)
9. Pustovalova A.A., Konishchev M.Ye., Chzhiley Sun'. Analiz mikrostruktury plenok na osnove oksinitridov titana, osazhdennykh metodom reaktivnogo magnetronnogo raspyleniya.//Mezhdunarodnaya konferentsiya «Perspektivy razvitiya fundamental'nykh nauk». Tomsk. 423-425. (2017)
10. Grebneva I.A., Konishchev M.Ye., Bykova YU.V.. M.Ye., Issledovaniye fizicheskikh svoystv gemosovmestimyykh pokrytiy na osnove oksidov i oksinitridov titana. //Mezhdunarodnaya konferentsiya «Perspektivy razvitiya fundamental'nykh nauk». Tomsk. 38-40. (2015)
11. Yur'yev YU.N., Mikhnevich K.S., Krivobokov V.P., Kiseleva D.V. Svoystva plenok nitrida titana, poluchennykh metodom reaktivnogo magnetronnogo raspyleniya.//Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra rossiyskoy akademiyey nauk. 16. №4(3). 672-676. 2016.

УДК 621.311

Акенева Ж.О. (18-МТЭ-2П), Бакланов А.Е.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ПАРОВОГО КОТЛА, С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

### **Введение**

Вопрос о оптимизации работы котельного агрегата парового котла, с целью повышения энергоэффективности был и остается одним из приоритетных направлений в экономике Казахстана. Актуальность энергосбережения и повышение энергетической эффективности в предприятиях обусловлена высокими затратами и постоянным ростом тарифов на энергоресурсы. Высокий износ общественных зданий, недостаточная осведомленность работников бюджетной сферы о возможностях энергосбережения, отсутствие реальных стимулов у руководителей организаций к повышению энергетической эффективности – факторы, свидетельствующие о реальных преградах внедрения программ энергосбережения. Оптимизация позволяет получить данные о существующем состоянии объекта, для разработки комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности и оценки потенциала энергосбережения, а так же дает возможность выявить причины энергопотерь и в конечном итоге снизить расходы на ресурсы.

Повышение энергоэффективности, направленное на улучшение экономических показателей котельного агрегата парового котла на основе исследований и анализа актуальных вопросов энергетической системы.

В сфере оптимизации работы котельного агрегата парового котла снижение эффективности связано, главным образом, с кризисным падением промышленного производства, вызвавшим значительное сокращение объемов и изменение структуры выработки тепловой энергии.

Положение с энергоэффективностью существенно ухудшилось в переходный период реформирования. Этот период характеризуется дефицитом финансирования, особенно на нужды модернизации, моральным старением и физическим износом энергетического оборудования, снижением надежности и долговечности энергетических установок и агрегатов, приводящим, как следствие, к повышенным эксплуатационным расходам.

В соответствии вышеизложенным, повышение энергоэффективности котельных агрегатов является одним из важнейших факторов общих проектов технологического развития на государственном уровне. Поэтому рекомендация мероприятий по оптимизации работы котельного агрегата парового котла, с целью повышения энергоэффективности для эффективного функционирования предприятия с наименьшими потерями, является актуальным исследованием.

## **Методы исследований**

Обзор текущего состояния предприятия. Представление и анализ ряда мероприятий в соответствии с Законом РК «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности». Проведение технико-экономических расчетов для определения энергоэффективности мероприятий по энергосбережению. Анализ и оценка результатов исследования, с целью повышения энергоэффективности.

Планируется оценить энергосберегающий потенциал, и повысить энергоэффективность парового котла. Рассматривается проблема минимизации потерь и расхода энергии, а так же соответствие требованиям энергосбережения. Опыт энергетических обследований предприятий показывает, что неоправданные потери приносят многомиллионные убытки. Даже незначительное снижение энергозатрат приводит к уменьшению энергетической составляющей в себестоимости продукции. А это позволяет предприятиям увеличить свою прибыль.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования выводов и рекомендаций всеми промышленными предприятиями, для эффективного использования энергетических ресурсов.

Предложенные организационно-экономические энергосберегающие мероприятия могут использоваться для разработки научно-обоснованных мероприятий по повышению экономической эффективности.

### **Теоретический анализ внедрения энергосберегающих мер. Характеристика предприятия**

Модернизация экономики невозможна без рационального использования энергоресурсов, повышения энергоэффективности существующего оборудования, технологических процессов и производств. Доля энергозатрат в себестоимости продукции достигает от 10 до 40% в различных сферах производства. Снижение доли затрат на энергоресурсы в структуре себестоимости ведет к повышению конкурентоспособности продукции, товаров и услуг, и в конечном итоге к росту объемов производств. Сэкономленные в результате проведения мероприятий по энергосбережению средства возможно направить как на улучшение условий труда, так и на развитие производства. Оптимизация и энергоэффективность – это такой же предмет для бизнес-планирования, как и любой другой инвестиционный проект. Ведь через незначительный промежуток времени мероприятия повышения энергоэффективности становятся самокупаемыми и прибыльными за счет получаемой экономии. Деятельность по повышению энергоэффективности может стать отправной площадкой для модернизации и обновления основного производства, а также для повышения эффективности работы персонала при выполнении основных производственных задач.

## Основные направления энергосбережения

Проведение энергетических обследований организаций, составление энергетических паспортов объекта - энергоучет. Сюда входят как обязательные мероприятия по замене и установке приборов учета, так и внедрение централизованных автоматизированных систем учета энергоресурсов на энергоемких объектах. - Внедрение энергосберегающих технологий (замена систем освещения на энергосберегающие, установка устройств плавного пуска, замена энергоемкого оборудования на энергоэффективное, компенсация реактивной мощности) - Энергосбережение в зданиях и сооружениях, совершенствование их конструкции. - Организационное (поведенческое) энергосбережение.

Практической реализацией курса на энергосбережение и повышение энергетической эффективности является закон Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» от «13» января 2012 г. Основными требованиями Закона являются: Обязательная установка приборов учета энергоресурсов; Обеспечение энергоэффективности зданий, строений, сооружений; Введение запрета на оборот товаров, имеющих низкую энергетическую эффективность; Обязанность снизить расходы бюджетных учреждений на потребление энергоресурсов; Обязательные энергообследования не реже 1 раз в 5 лет[1]

## Общие сведения об объекте обследования

Оптимизация работы котельного агрегата парового котла, с целью повышения энергоэффективности.

В последние годы наблюдается существенный рост потребности в энергетических ресурсах, что создает необходимость повышения энергоэффективности действующих теплогенерирующих установок. Наиболее высокого уровня энергоэффективности котельной можно достигнуть только за счёт комплексного подхода к решению конструктивных, технологических, технико-экономических и экологических проблем.

Наиболее остро эта задача стоит в жилищно-коммунальном хозяйстве, где по данным областных администраций, более 57% котлов эксплуатируется более 20 лет, а 40% имеют КПД менее 82%. (На рис. 1 показана структура находящегося в эксплуатации котельного оборудования в коммунальном хозяйстве).

Негативно на эксплуатацию котельного оборудования влияет необоснованная децентрализация теплоснабжения, несанкционированный отбор теплоносителя, перевод без мероприятий по модернизации существующего оборудования в низкотемпературные режимы эксплуатации, снижение мощности котлов за счет низкого давления газа, нарушения режимных карт, отложения накипи на конвективных поверхностях теплообмена, повышенные расходы потребляемой электроэнергии, нарушение



регламента ремонта, материальный и моральный износ вспомогательного оборудования и тепловых сетей.

Перечисленные факторы приводят к недожогу топлива, коррозии и преждевременному выходу из строя оборудования, снижению качества теплоснабжения и обоснованным претензиям потребителя. Сложившаяся ситуация требует незамедлительного решения комплекса вопросов для модернизации системы генерации и распределения тепловой энергии, а также использование малозатратных методов для продления сроков службы существующего оборудования.

Последнее обстоятельство вызвано тем, что полную замену существующего оборудования на новое невозможно провести в короткие сроки из-за отсутствия необходимых денежных средств. Политика же резкого повышения тарифов на коммунальные услуги приводит к повышению уровня инфляции, что негативно сказывается на развитии экономики страны и уровне жизни населения. Поэтому техническое переоснащение и модернизации котельного оборудования является важной задачей.

Определение эффективности работы котельного оборудования и разработка технических решений по его модернизации

Определение эффективности работы котельного оборудования должно начинаться с проведения энергоаудита, в ходе которого изучается не только техническое состояние оборудования, но и структурные, организационные и экономические факторы, влияющие на его эксплуатацию. В частности, необходимо определить ежегодное потребление энергии, с выяснением объемов закупки и собственной генерации, а также использования и распределения энергии с определением ее стоимости и соотношения стоимостных показателей по различным видам энергии (электроэнергия, газ, мазут, вода, тепло, пар, воздухоснабжение, хладоснабжение и т.п.). Круг вопросов, необходимых для принятия правильных решений, включает:

- выяснение сезонных, месячных, суточных, часовых колебаний потребления энергии и ее производных;
- определение тарифов на энергию и топливо с рассмотрением схемы оплаты;
- определение профиля использования энергии, с разбивкой на производственные и непроизводственные нужды, динамикой потребления энергии по видам продукции или работ, составление баланса потребления энергии по видам;
- определение эффективности работы систем и оборудования с инструментальным контролем, визуальным осмотром, проведением необходимых замеров и обследованием состояния оборудования;
- определение максимальной, средней и минимальной нагрузки;
- сопоставление фактических и проектных характеристик оборудования и систем, выработка перечня предлагаемых мероприятий;
- анализ предыдущих мероприятий, проводимых на предприятии для сокращения энергопотребления;

- анализ возможностей энергосбережения в процессе текущей эксплуатации и возможностей по их реализации;
- описание возможностей энергосбережения, с разработкой вариантов использования различного оборудования и технологических схем;
- расчет минимальной и максимальной стоимости предлагаемых вариантов модернизации и переоснащения оборудования;
- расчет годовых затрат и экономии энергии по ее видам;
- разработка предложений по мониторингу работы генераторов тепла и температурного режима теплоиспользующего оборудования с расчетами его стоимости, годовой экономии и оценкой сроков окупаемости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яворский А.Б. Совершенствование экономического механизма хозяйствования. Основные направления Энергетической стратегии на период до 2020 года // Промышленная энергетика, 2003. No 12. С. 2 – 6.
2. Васильев А.В., Антропов Г.В., Сизоненко А.А. Сравнительный анализ из паровых и водогрейных котлов для промышленных и отопительных котельных // Промышленная энергетика, 2003. No 9. С. 18 – 23.
3. Петров А.В. Построение современных систем контроля и управления котлоагрегатами средней и высокой производительности // Промышленная энергетика, 2004. No 4. С. 20 – 21.
4. АСУ ТП / Энергетика / Комплексные системы управления котлоагрегатами // <http://www.rakurs.com/production/boiler/index.phtml>;

УДК 621.18

Баденова Ж.Р. (18-МТЭ-2п), Бакланов А.Е. (ВКГТУ)

## ДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Эффективность нагревательных приборов характеризуется коэффициентом теплоотдачи  $G$ , суть которого следует из уравнения для тепловой мощности  $P_{\text{теп}}$ , отдаваемой прибором.

$$P_{\text{тепл}} = G \cdot (T_{\text{н}} - T_{\text{в}})$$

где  $T_{\text{н}}$ - средняя температура поверхности прибора (источника тепла),  $T_{\text{в}}$ - средняя температура окружающего воздуха.

Исследование эффективности нагревательных (отопительных) приборов посвящено значительное количество статей и патентов, например [1-4]. Все эти работы основаны на применении уравнения (1). При этом измеряется подаваемая тепловая мощность и температуры. Так в [1] дается сравнительный анализ различных методик измерения эффективности отопительных приборов, как в Казахстане, так и за рубежом. Основной вывод, который следует из этой работы, заключается в том, что показатели эффективности существенно зависят от условий эксплуатации и большого количество параметров. К таким параметрам относятся скорость подачи теплоносителя, диапазон рабочих температур, схемы теплоснабжение (одно- или двухтрубная), давление в системе и т.д. Для минимизации этих неопределенностей разработаны специальные изотермические измерительные камеры, которые являются довольно сложными, громоздкими и дорогостоящими устройствами и требуют хорошо обученного персонала. Тем не менее, эти камеры не позволяют в полной мере устранить неоднозначность измерения. Поскольку системы типы снабжение в России и Европе существенно отличаются, то сопоставить их эффективность не всегда удается. Ещё один фактор неопределенности заключается в том, что процессы теплоотдачи содержат составляющую теплоперенос из металла в воздух и конвективную составляющую. Поскольку эффективность конвективного теплообмена характеризуется существенной нелинейной зависимостью от температурного напора ( $t_{\text{н}} - t_{\text{в}}$ ), эффективность нужно характеризовать либо функцией, либо какой то характеристикой этой функции. Современные же методики оперируют значениями эффективности, как правило в одной точке.

В работе [2] проведены результаты экспериментальных исследований коэффициента теплоотдачи на специальной установке, работающей в специальном режиме. В соответствии с выражением измерялись входная тепловая мощность и температурный напор. Были получены зависимости коэффициентов теплоотдачи от температуры отопительного прибора, температуры воздуха, скорость подачи теплоносителя. Однако, количество полученных экспериментальных точек явно недостаточно, а точностные характеристики (погрешности измерений) не обсуждаются.

В работе [5] рассмотрен динамический способ нахождения тепловых параметров помещения и, в том числе, коэффициента теплоотдачи отопительного прибора. А этот метод позволяет учесть индивидуальные особенности как помещения, так и отопительного прибора, но требует большего количества термодатчиков и не позволяет получить высокую точность измерения.

Нами рассмотрена другая возможность исследования и измерения коэффициента теплоотдачи в динамическом режиме, когда измеряются как тепловая мощность, так и температура поверхности отопительного прибора. Для этого рассмотрено не стационарное уравнение теплового баланса отопительного прибора:

$$C \cdot \frac{dT_{\text{н}}}{dt} = P_{\text{вх}} - G \cdot (T_{\text{н}} - T_{\text{в}})$$

Где  $C_{\text{ист}}$  – теплоёмкость отопительного прибора, [Дж/°С];

$t$  – текущее время [сек.].

В данном уравнении прибыль тепловой энергии происходит за счёт тепловой мощности, поступающей в отопительный прибор  $P_{\text{вх}}$ , а расход за счёт теплоотдачи батареи в воздушную среду  $G \cdot (T_{\text{ист}} - T_{\text{в}})$ . В качестве допущения, полагаем в первом приближении коэффициенты  $G$  и  $C_{\text{ист}}$  являются константами, хотя на практике они могут быть функциями температуры  $T_{\text{н}}$ .

Для проверки модели рассмотрим режим остывания отопительного прибора. В этом случае прекращается подача теплоносителя и  $P_{\text{вх}}=0$  в начальный момент времени ( $t=0$ ).

Результаты моделирования приведены на рисунке 1, где параметром является величина теплоемкости отопительного прибора  $C_{\text{ист}}$ . При моделировании полагали  $C_0=78,273$  кДж/°С,  $G=20$  Вт/°С.

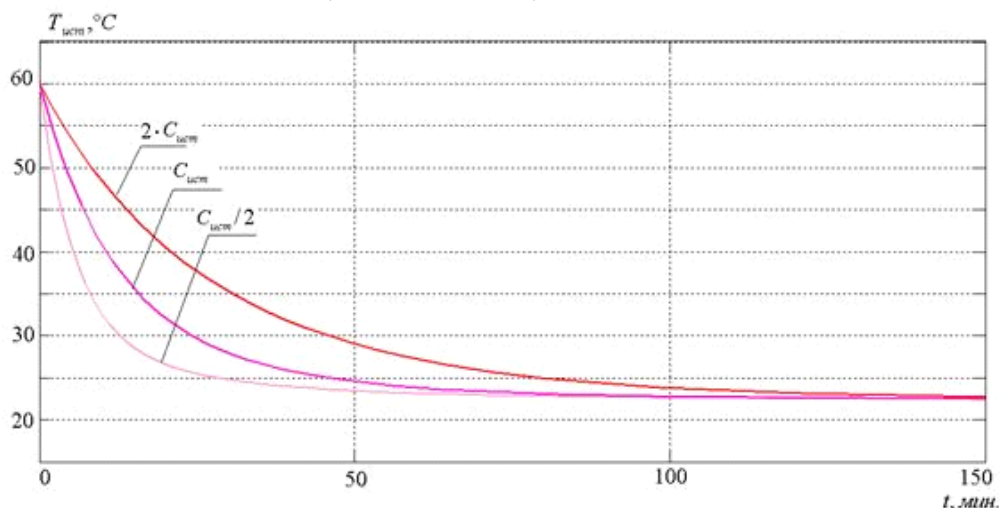


Рисунок 1 – Остывание температуры батареи при различных  $C_{\text{ист}}$

Анализ полученных результатов приводит к очевидным выводам: уменьшение температуры происходит по экспоненциальному закону, причем постоянная времени экспоненты (скорость затухания) зависит от  $G_{\text{ист}}$  и  $C$ .

Если прекратить подачу теплоносителя ( $G=0$ ), то из уравнения (2) можно найти коэффициент теплоотдачи:

$$G = \frac{C_{\text{ист}} \cdot \frac{dT_{\text{ист}}}{dt}}{T_{\text{ист}}^{\text{к}} - T_{\text{в}}^{\text{к}}}, \text{ [Вт/}^{\circ}\text{C]} \quad (3)$$

Процедура измерения заключается в следующих действиях:

- нахождение температуры остывающего отопительного прибора как функции времени  $T_{\text{и}}=f(t)$ ;

- измерение температуры воздуха, которая в пределах интервала наблюдения является постоянной величиной;

- нахождение скорости изменения температуры отопительного прибора во времени  $\frac{dT_{\text{ист}}}{dt}$  в заданной точке, с последующим вычислением коэффициента теплоотдачи (3) при известной теплоемкости отопительного прибора. В первом приближении значение теплоемкости находится как сумма теплоемкостей теплоносителя и металлического корпуса. В дальнейшем это значение может уточняться.

В данном случае коэффициент теплоотдачи измеряется для каждого отопительного прибора с учетом его индивидуальных особенностей. Еще одним достоинством такого метода измерения коэффициента теплоотдачи является то, что он учитывает зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры отопительного прибора. Это следует из дифференциального характера уравнения (2). При решении обратной задачи (нахождения  $G_{\text{ист.}}$ ) нелинейность будет учитываться.

Оценим погрешность предложенного метода. Будем учитывать только систематическую погрешность, поскольку случайная составляющая погрешности исключается при обработке экспериментальных результатов путем применений операций усреднения и сглаживания.

Погрешность измерения коэффициента теплоотдачи отопительного прибора можно найти как сумму погрешностей определения отдельных величин, входящих в выражение (3):  $C_{\text{ист}}$ ,  $\frac{dT_{\text{ист}}}{dt}$  и  $\Delta T = (T_{\text{ист}} - T_{\text{в}})$ .

Относительная погрешность определения полной теплоемкости отопительного прибора с водой:

$$\sigma_{\text{снст}} = \sigma_{c1} + \sigma_{V1} + \sigma_{c2} + \sigma_{P2} \approx 1\%, \text{ где}$$

$c_1$  – теплоемкость теплоносителя (воды) в отопительном приборе;

$V_1$  – объем воды в отопительном приборе;

$c_2$  – теплоемкость материала, из которого изготовлен отопительный прибор (металл);

$P_2$  – вес металла.

Предполагаем, что погрешность  $\sigma_{\text{снст}}$  не превышает 1 % в силу стабильности этой характеристики.

При вычислении погрешности нахождения производной  $\frac{dT_{\text{ист}}}{dt}$  будем учитывать, что ошибка измерения температуры содержит аддитивную и

мультипликативную составляющие. Поскольку разность температур находится с помощью одного температурного датчика, то влияние аддитивной составляющей близко к нулю. Мультипликативная составляющая ошибки так же будет мала, поскольку такая же ошибка присуща измерению температурного напора ( $t_{и}-t_{в}$ ). При выполнении операции деления, согласно (3) эти ошибки компенсируют друг друга. Проведенные оценки показывают, что погрешность вычисления градиента температуры не превышает 1 %.

Таким образом, основной вклад в погрешность нахождения коэффициента  $G$  вносит аддитивная составляющая погрешности определения температурного напора  $\Delta T$ . При точности измерения температуры в  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и величине  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ , максимальная погрешность нахождения температурного напора составляет 2%, а общая погрешность нахождения коэффициента теплоотдачи не превышает 3-4%.

Проверка предложенного метода осуществлялась на экспериментальной установке, структурная схема которой представлена на рисунке 2.



1 – исследуемый отопительный прибор; 2 – термодатчик;  
3,4,5 – запорная арматура, 6 – водонагреватель; 7 – электросчётчик.  
Рисунок 2 – Структурная схема экспериментальной установки

Здесь тепловая энергия поступает в исследуемый отопительный прибор от водонагревателя через систему водопроводных труб. Запорная арматура с помощью моста позволяет отключать отопительный прибор или включать его на полную нагрузку. Измерение потребляемой электрической мощности осуществляется электросчетчиком, а измерение температур – термодатчиками на основе термопар или полупроводниковых приборов. Тепловая мощность, поступающая в отопительный прибор, находится с помощью методики, упомянутой в [1]. Для этого из полной электрической мощности вычитается мощность, идущая на нагревание водонагревателя и подводящих труб. Данная установка позволяет измерить коэффициент теплоотдачи как с помощью классического метода (формула 1), так и с помощью предложенного метода (3) и сравнить их.

Результаты экспериментов приведены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Результаты экспериментальных исследований различных типов радиаторов: а – алюминиевого; б – чугунного радиатора.

На рисунке 3 представлены экспериментально полученные зависимости остывания двух отопительных приборов: чугунного радиатора из четырех секций и алюминиевого радиатора из восьми секций. Для устранения случайных выбросов произведена операция сглаживания.

Как видно из графиков, остывание происходит по закону, близкому к экспоненциальному, причем алюминиевый радиатор остывает быстрее, чем чугунный. Время остывания до температуры 25 °С для чугунного прибора составила 153 мин., для алюминиевого – 52 минуты.

Нахождение коэффициента  $G$  проводилось по формуле (3). При этом теплоемкость прибора находилась как сумма теплоемкостей теплоносителя (воды и металлического корпуса (чугун или алюминий)). Для чугунного радиатора  $C_{ист} = 36054$  Дж/°С, для алюминиевого –  $C_{ист} = 17700$  Дж/°С.

Результаты вычислений приведены на рисунках 3а и 3б, соответственно. Экспериментальные значения снимались через 10 секунд. Как видно из рисунков 3а и 3б, коэффициент теплоотдачи не является постоянной величиной, для чугунного радиатора он изменяется в диапазоне 6,5–9 Вт/°С при температурах отопительного прибора от 25 °С до 57 °С (25% по отношению к среднему значению); для алюминиевого радиатора – от 8 Вт/°С до 14 Вт/°С (37% по отношению к среднему значению). Кроме этого, экспериментально были найдены значения коэффициентов теплоотдачи, вычисленные согласно формуле (1) по классической методике, для температуры  $T_{и} = 57$  °С. Для чугунного радиатора  $G = 8,32$  Вт/°С, для алюминиевого  $G = 14,59$  Вт/°С.

По полученным экспериментальным результатам можно сделать выводы:

1. Алюминиевый радиатор остывает быстрее, поскольку имеет меньшую теплоемкость и больший коэффициент теплоотдачи.

2. Зависимость коэффициента теплоотдачи от температурного напора содержит как постоянную, так и переменную составляющие. Постоянная составляющая характеризует процесс теплопереноса. Переменная составляющая отвечает за конвективный обмен и инфракрасное излучение.

3. Предложенная методика нахождения коэффициента теплоотдачи позволяет определить эффективность отопительных приборов с учетом их индивидуальных особенностей (тип прибора, его расположение, влияние покраски и т.д.) и условий теплообмена (теплоперенос, конвекция и др.).

4. При нахождении тепловой мощности и тепловой энергии необходимо учитывать конвективный теплообмен, т.е. зависимость коэффициента теплоотдачи от разности температур поверхности батареи и воздуха. Особенно это важно для отопительных приборов со сложной конфигурацией.

5. Сопоставление экспериментальных результатов, полученных предложенным методом (согласно формуле 3) и классическим методом (1), дает положительный результат и свидетельствует об адекватности предложенной математической модели и самого метода.

### Литература:

1. В. И. Сасин, Г. А. Бершидский, Т. Н. Прокопенко, Б. В. Швецов.

Действующая методика испытания отопительных приборов – требуется ли корректировка? <http://www.pkf-sk.ru/articles.php?id=365>

2. М. И. Низовцев, В. И. Терехов, З. П. Чепурная, Институт теплофизики СО РАН Институт теплофизики СО РАН. «Влияние физических параметров на радиаторные коэффициенты регистраторов расхода тепла отопительных приборов». АВОК №5/2005.

3. Казачков В.С., Шалай В.В., Попов А.А Учет теплотребления в многоквартирных домах // Омский научный вестник. Сер. Приборы, машины и технологии, 2007, Вып. 3(60), с. 78-83.

4. Пуговкин А.В. и Купреков С.В., Патент РФ № 115472. «Устройство для измерения теплового сопротивления отопительной системы отдельного помещения».

5. Математическая модель теплоснабжения помещений для АСУ энергосбережения / А.В. Пуговкин, С.В. Купреков, Д.В. Абушкин, И.А. Заречная, Н.И. Муслимова. Доклады ГУСУРа, 2010— №2 (22).—Томск: В-Спектр, 2010.

6. Заявка 2012134982 Российская Федерация. Способ измерения сопротивления теплоотдачи отопительного прибора, Пуговкин Алексей Викторович, Купреков Степан Владимирович, Муслимова Надежда Игоревна, заявлено 15.08.2012 г.



УДК 681.5

Базарова М.Т. (18-МЭЛ-2п), Бакланов А.Е. (ВКГТУ)

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Тепловая энергия, используемая в помещениях вместе с горячей водой, однозначно является важным энергоресурсом, в связи с чем учет и контроль за расходом позволяет существенно экономить на оплате счетов.

В промышленных зданиях, такие системы представлены многоканальными автоматизированными измерительными системами, основой которых является сеть теплосчетчиков, на них возлагается регулирование температуры и давление в измерительном канале. На основании данных, собранных счетчиками, на предприятии проводится внедрение мероприятий по экономии расходов тепла, а так же контролируется соответствие температуры теплоносителя установленным нормам. В Республике Казахстан существуют четкие правила учёта отпуска тепловой энергии и теплоносителя, которые утверждены приказом министра энергетики [1].

При разработке данной системы нами были поставлены следующие задачи:

Обеспечить оперативный сбор данных, на основе которых можно формировать отчёты и повышать рациональное управление.

Минимизировать затрат на обслуживание системы в целом.

Повысить точность учёта данных, минимизировать разбалансировку системы.

Получение оперативных данных взаимных финансовых расчетов отпуска/потребления теплоносителя за счет ведения объективного автоматизированного коммерческого учета на основании действующих норм и правил.

Система должна оптимизировать технический учет теплоносителей, тепловой энергии по каждой тепломагистрали (по каждому потребителю) и по источнику теплоты в целом, а также теплоносителя и тепловой энергии, полученной от источников теплоснабжения и потребленной предприятиями-потребителями по основным направлениям ее использования и по предприятию в целом [2].

При этом закладываются следующие функции:

Измерять мгновенные и усреднённые показатели системы за интервалы времени - температуры, давления и расхода теплоносителей.

По результатам данных измеряемых параметров формировать теплофизические параметры теплоносителя - плотность, динамическая вязкость, энтальпия и других требуемых параметров.

Производить расчет количественных параметров теплоносителя и тепловой энергии: массового (объемного) расхода, тепловой мощности, массы (объема) и тепловой энергии теплоносителя за отчетные интервалы времени

- Расчет балансов выработки и потребления теплоносителя и тепловой энергии, определение нормативных и фактических теплотерь по каждой тепломагистрали.
- Автоматическое формирование ведомостей учета теплоносителя и тепловой энергии за отчетные интервалы времени по каждому направлению их использования.
- Управление отпуском/потреблением теплоносителя и теплофикационной арматурой.

Разработанная нами система имеет следующую архитектуру (Рисунок 1).

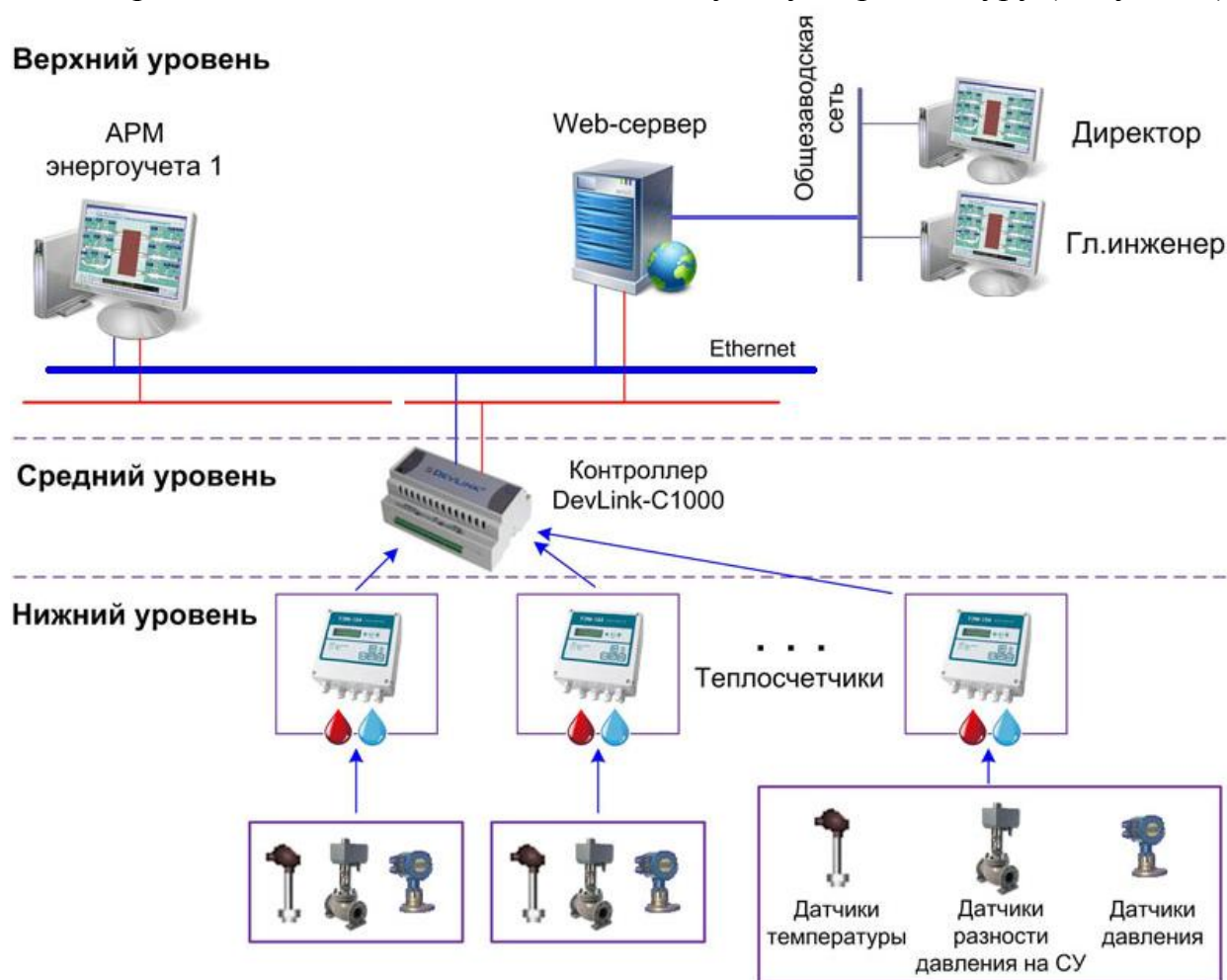


Рисунок 1. Структурная схема автоматизированной системы контроля и учёта тепловой энергии

Нижний уровень представлен датчиками температуры, датчиками давления и перепада давления, расходомерами, теплосчетчиками.

Средний уровень представлен микропроцессорным контроллером DevLink-C1000, осуществляющим сбор информации с приборов учёта нижнего уровня. Контроллеры обеспечивают промежуточную обработку и хранение данных с приборов учёта, передачу учётных данных на верхний уровень системы[3].

Верхний уровень представлен АРМ энергоучёта, осуществляющими сбор, долговременное хранение и отображение учётных данных пользователям системы. Может быть предусмотрен WEB-сервер, позволяющий пользователям вычислительной сети. В режиме реального времени получать сводки по отпуску и расходу энергоносителя, просматривать мнемосхемы и графики через Интернет-браузер[4].

Таким образом, внедрение автоматизированной системы комплексного учета теплоресурсов обеспечит эффективный оперативный контроль за рациональным использованием всех видов теплоресурсов за счет сокращения времени сбора и обработки данных автоматизированного учета по всей структурной иерархии предприятия с доведением этого контроля до каждого заинтересованного подразделения, службы и руководства предприятия. Дополнительно позволит уменьшить уровень производственных и непроизводственных энергозатрат за счет повышения точности учета энергоресурсов, исключения возможности условий для занижения потребляемых объемов энергоносителей и их хищения, снижения риска неоплаты части энергоносителей, расчет за которые производится по нормам потребления. За счет ведения автоматизированного коммерческого учета энергоресурсов появится возможность проведение оперативных взаимных финансовых расчетов за отпуск/потребление энергоносителей.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 17 марта 2015 года № 207 “Об утверждении Правил учета отпуска тепловой энергии и теплоносителя”
2. Волков В.М., Смолко Ю.Н., Чертов Е.Д. Система коммерческого учета электроэнергии. – Воронеж: Изд-во ВГТУ. – 2010. – №9. – С. 159-161.
3. Староверов Б.А., Гнатюк Б.А. Повышение эффективности системы автоматизированного коммерческого учета электроэнергии за счет введения функций прогнозирования. – Иваново: Изд-во ИГЭУ им. В.И. Ленина. – 2013. – №6. – С. 26-29.
4. Саркисов С.А. Анализ основных особенностей сбора периодических типов данных в современных АСКУЭ // Наука, техника и образование. – Иваново: Изд-во Олимп. – 2015. – №11 (17). – С. 46-49.

ӘОЖ 621.03

Л.С. Баймолданова (Д.Серікбаев атындағы ШҚМТУ), О.Д. Погребняк (Сумы Мемлекеттік университеті, Украина), Г.К. Уазырханова (Д.Серікбаев атындағы ШҚМТУ), Б.П. Гриценко (Томск Политехникалық университеті, Ресей)

## ИОНДЫҚ ИМПЛАНТАЦИЯ ҚОЛДАНЫЛҒАН НАНОКОМПОЗИТТИ ЖАБЫНДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

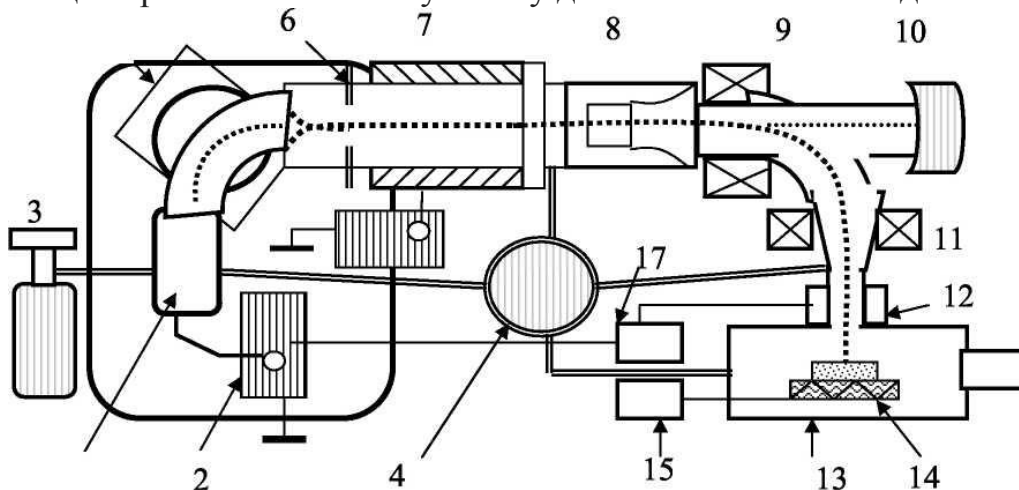
Иондық имплантациялау физикалық және механикалық қасиеттерін жақсарту үшін қатты заттардың бетін өзгертудің негізгі үйкеліс, тозу, коррозия, адгезия сияқты әдістердің бірі болып табылады. Иондық имплантация микро-және наноэлектроникада, медицинада, авиацияда, химия және авиация салаларында жартылай өткізгіштерді легирлеуде кеңінен қолданады. Бұл әдістің басты артықшылығы - үлгінің өлшемін сақтау, орналасуы, жоғары өңдеушілік, адгезиямен мәселе болмауы және т.с.с. [1-4]. Металдардың, қорытпалардың, керамиканың (немесе олардан жасалған бұйымдардың) қасиеттерін жақсарту үшін имплантация үшін  $5 \times 10^{16} - 8 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$  иондарының дозалары қажет. Алайда, кейбір жағдайларда имплантация аймағындағы субстрат торында (яғни ионның тереңдеуіне дейін) атомдардың санына  $(1-5)10^{23} \text{ см}^{-3}$  сәйкес келетін өте жоғары  $(1-2) \times 10^{18} \text{ см}^{-2}$  имплантация дозасы қажет.

Бір жағынан, соңғы жылдары материалдардың атомдар саны 5-тен кем емес қорытпадағы атомдық құрамы 5-тен 35 ат.% дейін жаңа класын (жоғары энтропиялық қорытпалар - ЖЭҚ) зерттеуге үлкен қызығушылық бар, ең алдымен олардың құрамындағы керемет сипаттамалары үшін [2-4]. Осы қорытпалардан нитридті немесе карбидті жабындардың пайда болуы осы қасиеттер спектрін едәуір кеңейтіп, тіпті жақсарта алады. Қазіргі уақытта негізінен 5,6,7 элементтерден тұратын нитридтердің қасиеттері жақсы зерттелген, бірақ кейбір жағдайларда олардың құрамында 19-ға дейін әр текті атомдар болуы мүмкін [4].

Сынақ кезінде жоғары энтропиялық қорытпалардан жасалған нитридті жабындардың жоғары қасиеттері мен сипаттамалары болғандықтан, әлемде оларға көп көңіл бөлінуде. Алайда, мұндай жабындардың белгілі бір жұмыс жағдайында жоғары нитриттердің жоғары энтропиялық қорытпалардан жоғары тотығуға төзімділігі мен сәулеленуге (сәулеленуге) төзімділігі қажет болғандықтан, міндет осы жүйелерді (нитридті) жабындарды радиациялық төзімділікке сынау болып табылады. Соңғы жылдары әдебиеттерде  $8 \times 10^{16}$ -ден  $4 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$  дейінгі сәулелендіру дозасымен  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Au}^+$ ,  $\text{N}^+$  иондары жабынға енген кезде қаттылықты, иілгіштік индексін және коррозияға қарсы тұрақтылықты жақсарту үшін ион имплантациясын қолдану туралы бірнеше еңбектер жарияланды [4,5]. Имплантация дозасы  $(1-2) 10^{17} \text{ см}^{-2}$  интервалында қаттылық сияқты қасиеттердің жақсаруы анықталған [5]. Осылайша, нитридті көпэлементті жабындардың сипаттамалары мен қасиеттерін зерттеу бойынша жарияланған жұмыстарды талдаудан әсіресе физика-механикалық сипаттамаларын жақсарту үшін имплантация дозасының диапазоны өте аз

екенін көруге болады. Осы және тағы басқа жұмыстарға зер сала келе иондық имплантация әлі толық зерттелмегені айқын. Бұл жұмыстардың берген талдауларынан жұмыстың осы саласы бүгінде өте өзекті екендігін көруге болады.

Иондық имплантация параметрлері мен имплантордың жұмыс істеу принципіне тоқталайық. Бұл қондырғыға (1-сурет) материал плазманың иондалған күйіне өтетін бір немесе бірнеше ион көздері кіреді. Имплантацияланатын иондар электрлік доғалық әдіспен, термиялық булану әдістерімен (оның ішінде лазермен булану), жанғыш разрядпен бірге және т.б. пайда болуы мүмкін. Түзілген иондар қажетсіз қоспалар иондары ажырайтын негізгі сәуледен бөлінетін талдау және бөлу жүйесіне енеді. Бөлінгеннен кейін, фокустық линзалардың көмегімен иондар сәулесі үдеткішке енетін сәуледе шоғырланады, онда иондар электр өрісіндегі жоғары энергияға дейін үдей түседі. Иондық сәулені одан әрі тұрақтандыру және оны сканерлеу үшін электрлік линзалар мен дефлекторлық тақталар жүйесі қолданылады. Ион имплантациясының технологиялық процесінің негізгі параметрлері үдетілген  $E_0$  иондарының энергиясы және  $D$  сәулелену дозасы болып табылады.



Сурет 1. Иондық имплантация қондырғысы [6]

Иондар модифицияланатын материалға жеткенде, олардың энергиясына байланысты 5-500 нм тереңдікке енеді. Шартты түрде 2-10 кэВ иондық энергиясы бар төмен энергиялы ион имплантациясы және 10-400 кэВ иондық энергиясы бар жоғары энергиялық имплантация ерекшеленеді. Имплантер конструкциясына байланысты өңделген материалдың бетіндегі иондық сәуле дағының диаметрі 10-нан 200 мм-ге дейін, ал иондардың орташа ток күші 1–20 мА құрауы мүмкін [7,8].

Бомбаланған иондардың модификацияланатын материалдың беткі қабаттарымен әрекеттесуі кезінде күрделі физикалық процестердің бүкіл кешені жүреді. Иондарды материалдың бетіне нақты имплантациялауға (енуге) қосымша: беткі бүрку, соқтығысу каскадтарының дамуы, материалдық атомдардың беттік қабаттағы каскадты (баллистикалық) араластыруы, радиациялық әсер ететін диффузия, метастабильді фазалардың пайда болуы, радиациялық әсер ететін сегрегация сияқты процестер де жүреді. Бұл

процестердің қатынасы имплантацияланатын иондардың түріне, модификацияланатын материалға және өндеудің технологиялық режиміне байланысты болып келеді.

Модификацияланған беттік наноқабаттар алу әдісі ретінде иондық имплантацияның негізгі артықшылықтары: [8]: беткі наноқабаттағы кез-келген материалдардың кез-келген комбинациясын алу мүмкіндігі, қатты фазадағы компоненттердің ерігіштігі шектерінің тәуелсіздігі (яғни қарапайым жағдайларға байланысты мүмкін емес қорытпаларды термодинамикалық шектеулерге байланысты алуға болады), модификацияланатын материалдың төмен температурасы және негізгі материалдың мөлшерінде, құрылымында және қасиеттерінде елеулі өзгерістер болмағандықтан, айқын шекара жоқ адгезия проблемаларының жоқтығы, өндеу тереңдігін бақылау, процестің жақсы өнімділігі және тұрақтылығы, вакуумдағы процестің жоғары тазалығы, өңделген беті бойында ион сәулесін жоғары дәлдікпен сканерлеу нәтижесінде күрделі беттік наноқұрылымдарды құру мүмкіндігі, әртүрлі материалдар иондарын бір уақытта немесе тізбектей имплантациялау мүмкіндігі.

Әдістің кемшіліктеріне төмендегілерді жатқызуға болады: материалдардың беттерін тек ион сәулесінің тікелей әсер ету аймағында өндеу мүмкіндігі, иондардың материалға ену тереңдігінің аз болуы (әсіресе аз энергия жағдайында), бетті жабу процесі кезіндегі ағып кетуі, жабдық пен өндеудің қымбаттылығы мен күрделілігі, күрделілік, иондық имплантациясы кезінде болатын процестердің барлық кешенінде жеткіліксіз зерттеулер және бақылау қиындығы.

Осы жұмыста иондық имплантацияны алтын иондарымен жасалды. Бұл экспериментте  $2,2 \times 2,0$  см және қалыңдығы 2 мм-ден аспайтын болаттан жасалған үлгілер қолданылды. Бұл үлгілер механикалық өндеуден кейін азот атмосферасында (реактивті газ түрінде) TiAlSiY және Cr элементтерінің (0,998% тазалық) концентрациясы бар катодтарды қаптады. Жабындар кезек-кезек, екі катод арасында ауысып, қалыңдығы шамамен 18–20 нм болды. Жалпы жабынның қалыңдығы 4 мкм-ден артық болды, сынамалар 4 бөлікке кесілді, Иондық сәуле екі электродтан түзіліп, 60 кэВ-қа дейін өсті (сәуле тогы  $\leq 4$  мА) [9].

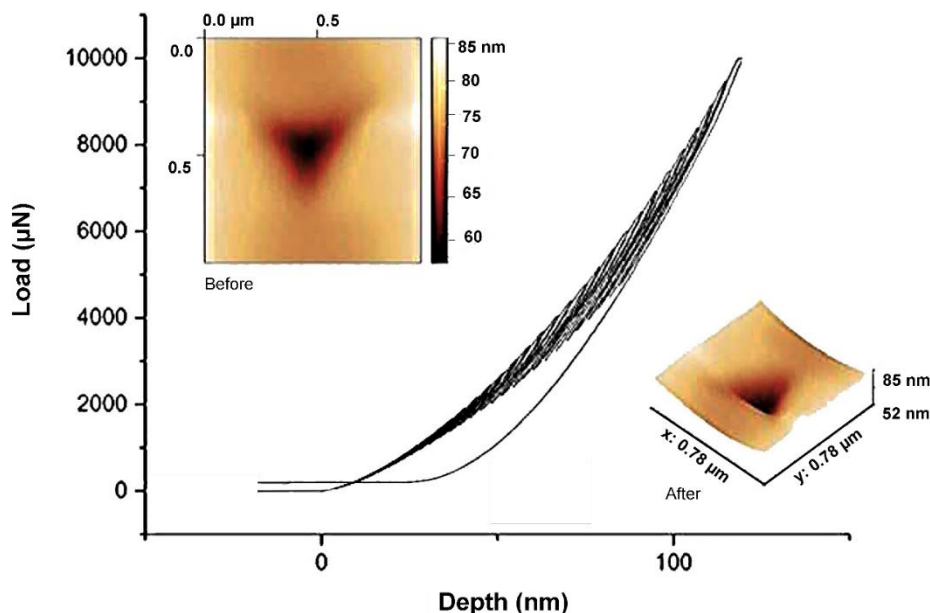
Ионды имплантациялаудан кейін екінші бөліктің Au бөлігі 1,4 МэВ электро-оптикалық генератордың көмегімен зерттелді [9]. Au иондарды имплантациялау аз энергиямен жүргізілгендіктен, жабындардағы талдау тереңдігі 25–27 нм аспады.

Наноиндентирлеу бөлме температурасында (TiAlSiY) N / CrN жабынына Nysitron Triboindenter 950 көмегімен радиусы 100 мкм Беркович (конус бұрышы  $142,8^\circ$ ) гауһар ұшымен балқытылған кремнийдің көмегімен калибрленген.

Қаттылық және Юнг модулі (серпімділік модулі) Оливер мен Фарр ұсынған стандартты есептеуді қолдана отырып бағаланды. Имплантациядан бұрын және кейінгі жабындардың серпімді модулі келесі формула бойынша есептелді:

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{\nu_i^2}{E_i}$$

Иондармен имплантациядан бұрын және кейін (TiAlSiY)N/CrN-мен қапталған үлгілердің наноқаттылығын өлшеу наноқаттылығының шамалы төмендегенін көрсетті. Сәулеленуден бұрын  $H = 38,7$  және  $E = 382 \pm 2,8$  ГПа, имплантациядан кейін  $H = 33,6 \pm 0,3$  ГПа және серпімді модуль  $E = 348 \pm 2,6$  ГПа екені анықталды.



Сурет 2. Жүктеме түсіретін қысық және индентордың басының ізінің аймақтары

2-суретте инденторға жүктемесі 500 мкН-ден 9,5000 мкН-ге дейін өзгергендегі (динамикалық жүктеме кезінде) жүктеменің батыру тереңдігіне тәуелділігі көрсетілген. Ішінде имплантациядан бұрын (жоғарғы бұрышында) және одан кейін (төменгі бұрышында) Беркович инденторның басының ізі бар. Суреттен көріп отырғанымыздай, тереңдік жоғарылайды, бұл сәулеленуден кейін наноқаттылықтың төмендегенін көрсетеді. Ион дозасы  $1 \times 10^{17}$  см<sup>-2</sup> болатын сәулелену кезінде  $H/E^*$  пластикалық индексі 0,1 ден 0,096 дейін біршама төмендейді, бұл физикалық сипаттамалардың жақсарғанын және тозуға төзімділігін көрсетеді.

Сонымен, көп қабатты нанокомпозитті жабында алтын иондарымен имплантациялау қабаттарда құрылымдық және композиттік өзгерістерге әкеледі. Жоғары дозалы иондар көптеген құрылымдық ақаулардың пайда болуын мәжбүр етті, олар наноқаттылығын 33,6 ГПа-ға дейін және серпімді модульді имплантацияланған жабынның 348GPa-ға дейін азайтты, бірақ нәтижесінде пайда болған икемділік индексі жоғарылатты.

Нанокомпозиттік жабындардың әр түрі құрамдас бөліктері, температурасы, өндіріс әдісі, икемділіктің қаттылығы мен модулі, дән мөлшері, фазалары қолдану аясында ерекше сипат береді.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] A.D. Pogrebnjak, S.N. Bratushka, V.M. Beresnev, N. Levintant-Zayonts Shape memory effect and superelasticity of titanium nickelide alloys implanted with high ion doses // *Russ. Chem. Rev.* - 2013, Vol.82, №12. – P. 1135–1159.
- [2] D.C. Tsai, Y.L. Huang, S.R. Lin, S.C. Liang, F.S. Shieu Effect of nitrogen flow ratios on the structure and mechanical properties of (TiVCrZrY)N coatings prepared by reactive magnetron sputtering // *Appl. Surf. Sci.* – 2010.Vol. 257. – P. 1361–1367.
- [3] A.D. Pogrebnjak, A.A. Bagdasaryan, I.V. Yakushchenko, V. M. Beresnev [The structure and properties of high-entropy alloys and nitride coatings based on them](#) // *Rus. Chem. Rev.* – 2014. Vol.83, №11. - P. 1027-1061.
- [4] A.D. Pogrebnjak, I.V. Yakushchenko, A.A. Bagdasaryan, O.V. Bondar, R. Krause-Rehberg, G. Abadias, P. Chartier, Oyoshi K., Takeda Y., Beresnev V.M., Sobol O.V. Microstructure, physical and chemical properties of nanostructured (Ti-Hf-Zr-V-Nb)N coatings under different deposition conditions *Mater. Chem. Phys.* 2014 Vol. 147, № 3. - P. 1079-1091.
- [5] A. D.Pogrebnjak, I.V.Yakushenko, O. V.Bondar, O. V.Sobol, V. M.Beresnev, K. Oyoshi, H. Amekura, Y. Takeda Influence of Implantation of Au-Ions on the Microstructure and Mechanical Properties of the Nanostructured Multielement (TiZrHf VNbTa)N Coating // *Phys. Solid. State.* – 2015. Vol. 57, № 8. – P. 1559-1564.
- [6] Jena, S.; Tokas, R. B.; Tripathi, S.; Rao, K. D.; Udupa, D. V.; Thakur, S.; Sahoo, N. K. Influence of Oxygen Partial Pressure on Microstructure, Optical Properties, Residual Stress and Laser Induced Damage Threshold of Amorphous HfO<sub>2</sub> Thin Films. *J. Alloys Compd.* 2019, 771, 373–381. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.08.327>.
- [7] Bychkov, S. F.; Gainutdinov, I. I.; Chizhik, S. A.; Nemudry, A. P. Novel Oxygen Partial Pressure Relaxation Technique for Study of Oxygen Exchange in Nonstoichiometric Oxides. The Model of Relaxation Kinetics. *Solid State Ion.* 2018, 320, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.ssi.2018.03.017>.
- [8] Le, N. M.; Lee, C.-S.; Patil, V.; Lee, B.-T. Effects of Oxygen Partial Pressure within the Growth Ambient on the Properties and Defect Behavior of Magnetron Sputtered InCdO Films. *Thin Solid Films* 2019, S004060901930207X. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2019.04.013>.
- [9] A.D. Pogrebnjak, Ch. Kong, R.F. Webster, R.D. Tilley, Y.Takeda, K.Oyoshi, O.V. Bondar, V.V. Buranich, S.V. Konstantinov, L.S. Baimoldanova, M. Opielak, P.Zukowski, P.Konarski. Antibacterial effect of Au- implantation in ductile nanocomposite multilayer (TiAlSiY)N/CrN coatings // *ACS Applied Materials & Interfaces.* – 2019.11, P. 48540-48550.



УДК 621.31

Бейбіт Жанаргүл, Әліпова Әйгерім Ерболқызы (19-ЭЛТК-1), Асылжанова Айгерім Бақытқызы (ВКГТУ)

## ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАДАҒЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕР ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ

Қазіргі таңда моделдеу адам қызметінің барлық салаларында қолданылады: өнеркәсіп, көлік, медицина, экономика, саясаттану және т.б.. "Модель" сөзі латын тіліндегі *modus*, *modulus* сөздерінен пайда болды. Оның бастапқы мәні құрылыс өнерінен болды және барлық еуропалық тілдерде ол бейнені, яғни басқа пәнге ұқсас затты белгілеу үшін қолданылған.

Қазіргі уақытта модельдеудің ең көп сұранысқа ие және кең таралған түрі математикалық болып табылады. Қазіргі заманғы математика зерттеушіге қоршаған ортаны зерттеудің тек қуатты және әмбебап құралдарын пайдалануға мүмкіндік береді. Математикалық моделдеу әдіснамасы күрделі техникалық жүйелерді әзірлеуден және технологиялық процестерді басқарудан бастап экономика және саясат саласындағы талдауға дейін барлық жаңа салаларды қамти отырып, қарқынды дамып келеді.

Математикалық модельдеу-бұл нақты объектіні, процесті немесе жүйені қажетті зерттеулерді жүргізуге ыңғайлы математикалық модельмен ауыстыру арқылы зерттеу құралы.

Математикалық модельдеу әдісі белгілі теориялық және Эксперименталды зерттеу әдістерінің негізгі артықшылықтарын табысты ұштастырады. Объектімен емес, оның үлгісімен жұмыс кез келген ойлы жағдайларда оның қасиеттері мен мінез-құлқын ауыртпалықсыз, салыстырмалы түрде тез және елеулі шығынсыз зерттеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, объектілердің үлгілерімен есептеу эксперименттері қазіргі заманғы есептеу әдістері мен информатика құралдарының қуатына сүйене отырып, объектілерді жеткілікті толымдылықта, таза теориялық тәсілдерге қолжетімсіз егжей-тегжейлі және терең зерттеуге мүмкіндік береді. Математикалық моделдеу кезінде зерттелетін процестердің физикасы сақталмағанын атап өту керек.

Қолданбалы техникалық міндеттердің басым бөлігі компьютерлерді қолдану арқылы шешіледі. Компьютерлік моделдеу технологиялары үлкен әртүрлілігімен ерекшеленсе де, Математикалық компьютерлік моделдеу процесінің өзі жалпы логикалық схемаға сай келеді.

Компьютерлік үлгілеу көмегімен тапсырмаларды шешу технологиясы келесі негізгі кезеңдерді дәйекті орындауды білдіреді:

1. тапсырманы қою;
2. математикалық формализация;
3. алгоритмді әзірлеу;
4. бағдарлама жасау немесе бағдарламалау ортасын таңдау;
5. компьютерлік модельдеу.

Тапсырманы қою кезеңінде зерттеу нысанын мұқият талдау және оның аса маңызды белгілері мен қасиеттерін бөліп көрсету қажет. Бұл кезеңде

оңайлатылған жорамалдар қабылданады, кіріс және шығыс айнымалылары анықталады және олардың ықтимал өзгеру диапазоны белгіленеді, айнымалылардың түрі мен құрылымы анықталады, шешім нәтижелерін берудің қолайлы нысаны жоспарланып отыр. Міндет қою-процесс формальды емес, қатаң ережелер жоқ. Кейде зерттеу тапсырмасын шешу қиын емес.

Формализация кезеңінде зерттеу объектісінің математикалық моделі құрылады, ол математикалық қатынас түрінде оның негізгі қасиеттерін көрсетеді. Сонымен қатар, кіріс және шығыс объектілерін айқын байланыстыратын математикалық өрнектерді табу мүмкін емес. Көптеген жағдайларда шешім нәтижесін белгілі бір дәлдікпен ғана алуға мүмкіндік беретін математикалық әдістерді қолдануға тура келеді.

Компьютердегі математикалық модельді іске асыру үшін тапсырманы шешу алгоритмін таңдау немесе әзірлеу қажет. Егер модель бастапқы деректер мен ізделінетін шамалар арасындағы тәуелділікті сипаттаса, онда алгоритм бастапқы деректерден ізделінетін айнымалыға өту үшін орындалуы тиіс әрекеттердің дәйектілігін анықтайды. Есептеу алгоритмдері модельдің негізгі қасиеттерін бұрмаламауы, үнемді және шешілетін есептер мен пайдаланылатын компьютерлердің ерекшеліктеріне бейімделуі тиіс.

Компьютерде есептеу эксперименттерін тікелей жүргізу үшін математикалық модель мен алгоритмді бағдарламалау жүйесін моделдеу кезінде қолданылатын бағдарламалық код түрінде ұсыну қажет. Бұл кезеңде бағдарламалау тілі мен ортасын таңдау және компьютерлік бағдарламаны әзірлеу немесе мүмкіндіктері мен интерфейсі бағдарламалық кодты жазусыз математикалық модельді зерттеуге мүмкіндік беретін Қолданбалы компьютерлік бағдарламаны таңдау жүргізіледі.

Компьютерлік үлгілеу мақсаты зерттелетін объектінің нақты мінез-құлқымен модельдеу нәтижелерін талдау, түсіндіру және салыстыру болып табылатын компьютерде есептеу эксперименттерінің сериясын жүргізу болып табылады. Компьютерлік бағдарлама алдымен нәтижесі анық белгілі есептеуіш эксперименттерде тестіленеді. Есепті шешу нәтижелеріне талдау жасалады және қажет болған жағдайда математикалық модель, алгоритм және бағдарлама түзетіледі және нақтыланады. Зерттелетін объектіге компьютерлік үлгінің барабарлығы дәлелденген соң, модельмен іздестірілетін нәтижелерді алу мақсатында қажетті эксперименттер жүргізіледі.

Электр энергетикалық жүйелердің (ЭЭЖ) режимдерін дамытуды, жобалауды және басқаруды жоспарлау кезінде талдамалық және есептік сипаттағы техникалық және техникалық-экономикалық міндеттер шеңберін шешу қажет. Электр энергетикасының міндеттері өте күрделі, бұл:

- 1) ЭЭЖ күрделілігі,
- 2) қалыпты және авариялық режимдерде жүйенің әртүрлі элементтерінде өтетін процестердің жоғары жылдамдығы мен өзара байланысы;
- 3) нәтижесінде әртүрлі авариялар кезінде сенімді жұмысты қамтамасыз ету, электр энергетикасының шешілетін міндеттері көп функциялы, көптеген параметрлерге тәуелді, үлкен, күрделі және көлемді есептерді талап ететін болып табылады. Осы себепті электр энергетикасы халық шаруашылығының

бір саласы болып табылады, онда әртүрлі модельдеуші және есептеуіш құрылғылар кеңінен қолданылады.

Электр энергетикасының міндеттері мен қолданылу салаларын жіктеу:

1) Пайдалану есептері. Мұнда шешілетін міндеттерді шартты түрде 3 топқа бөлуге болады: – жедел ақпаратты өңдеу; – рұқсат етілген басқару саласын анықтау; - режимдерді оңтайландыру. Әрбір топ әртүрлі есептік зерттеулердің үлкен көлемін қамтиды. Мысалы, рұқсат етілген режимдердің аймағын анықтау белгіленген режимдердің (УР) ағынын бөлу есебін; статикалық орнықтылықты және оның қорларын анықтауды; электромеханикалық өтпелі процестерді талдауды; электромагниттік өтпелі процестерді зерттеуді қамтиды; аварияға қарсы Басқарудың автоматты құрылғыларының параметрлерін таңдау және т. б.

2) Электр энергетикалық объектілерді жобалау-жоғарыда аталған режимдер мен процестерді есептеуден басқа, жобалау мәселелерін дұрыс шешу үшін қажетті: – генерациялайтын қуаттардың құрылымын таңдаумен; – электр станцияларын орналастыру және олардың уақыт бойынша дамуы; – желі конфигурациясын таңдаумен: нұсқалардың үнемділігін салыстыру; реактивті қуаттың экономикалық мақсатқа сай өтемінің оңтайландырылған есептеулерін жүргізу; сымдардың, тіректердің және басқа да құрылыстардың конструкторлық есептеулері, ЭБЖ трассаларының есептеулері.;

3) ЭЭЖ дамытуды жоспарлау – берілген техникалық шарттарды қанағаттандыратын неғұрлым үнемді шешім алу мақсатында техникалық - экономикалық міндеттердің кең ауқымын шешу;

4) ғылыми-зерттеу жұмысы: міндеттердің кең ауқымы – жаңа машиналар мен аппараттарды әзірлеумен байланысты физика - техникалық сұрақтардан бастап, жаңа неғұрлым тиімді алгоритмдер мен проблемаларды шешу әдістемелерін әзірлегенге дейін п. п. 1-2;

5) АБЖ – да модельдеу әдістерін қолдану-есептеу машиналарын басқару жүйесінің бөлігі ретінде ЭЭЖ басқару контурында тікелей пайдалану ЭЭЖ пайдаланудың сенімділігі мен үнемділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен, ЭЭЖ есептеулерін жүргізу және зерттеу үшін ғана емес, сонымен қатар оларды басқару үшін қажетті есептеу машиналары, түрлі модельдеуші құрылғылар болады.

Құрылғылардың дамуы әртүрлі есептер мен олардың күрделенуі ЭЭЖ даму шамасына қарай модельдеуші және есептеуіш құрылғыларды шешу үшін кеңінен қолдануға себепші болады. Практиканың өсіп келе жатқан талаптарына қатысты дамыған есептерді шешу әдістері едәуір дәрежеде қолда бар құрылғылардың мүмкіндіктері анықталды. 50-ші және 60-шы жылдардың басында Электрэнергетикалық есептеулерде тұрақты және айнымалы токтың есептік үстелдері кеңінен қолданылады, олардың көмегімен ЭЭЖ-да белгіленген режимдер мен электромеханикалық өтпелі процестердің есептері орындалады. Шамамен осы кезеңде Аналогты есептеу машиналары мен физикалық модельдерді қолдану басталды.

Модельдеу әдістері модельдеуші және есептеуіш құрылғылардың түрі есепті шешу әдісімен анықталады. Бұл әдістерге мыналар жатады: – физикалық модельдеу; – математикалық модельдеу; - сандық шешім. Осыған сәйкес,

физикалық модельдер мен математикалық модельдер және ОЭО туралы айтады. Физикалық моделдеу зерттелетін процестер сол физикалық табиғат процестері арқылы, бірақ басқа жағынан ыңғайлы масштабта ойнатылатынына негізделген. Мысалы, шағын қуатты синхронды генератор құруға болады, онда процестер қуатты генератор сияқты, бірақ кішірейтілген масштабта өтеді. Физикалық модельдеу қондырғыларының мысалы ретінде электр жүйелерінің динамикалық модельдері қызмет ете алады, мұндай модельдер миниатюрада синхронды генераторлар, электр беру желілері (ЭБЖ), трансформаторлар, жүктемелер бар қуатты ЭЭТ шығарады. Динамикалық үлгілерде.

ЭБЖ аварияға қарсы автоматиканы, Релелік қорғанысты реттеудің жаңа жүйелерін өңдеу бойынша үлкен кешенді зерттеулер жүргізілді. Олар іс жүзінде эксперименталдық база және зерттелетін процестердің математикалық сипаттамасы анық емес жерлерде неғұрлым тиімді болып табылады. Ұқсастық теориясының принциптері негізінде құрастырылатын физикалық модельдер өтіп жатқан процестердің мәнін анықтауға, осы процестерге барабар математикалық сипаттама алуға көмектеседі. Физикалық модельдер математикалық сипаттама тиісті түрде пысықталмаған есептерді шешу үшін заттай экспериментті қиын қолдану жағдайында таптырмас. Бұл зерттеулердің нәтижелері осы сипаттаманы өңдеу мақсаты бола алады, кейін АВМ және ОЭО-да жаппай есептеулерді жүргізу. Бұдан басқа, физикалық модельдер табиғи жағдайға жақын жағдайларда реттеудің, басқарудың және қорғаудың жаңа жүйелерін эксперименттік тексерудің тиімді құралы болып табылады. Физикалық модельдің артықшылығы анық-бұл нақты жағдайға барынша жақын тәжірибелік қондырғы.

Кемшіліктері – бірегейлігі және, демек, үлкен құны, жұмысты дайындаудың үлкен күрделілігі, жоғары білікті персоналға қажеттілік, өте күрделі схемаларды модельдеудің практикалық мүмкін еместігі.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Гордлевский И.Г. Критериальный анализ некоторых технико-экономических задач энергетики. Изд.: «Высшая школа (Москва)», 2002.
2. Е.С. Вентцель, Л.А.Овчаров. Задачи и упражнения по теории вероятностей. Изд.: «Высшая школа (Москва)», 2002.
3. Черняк А.А., Новиков АВ.А., Мельников О.И., Кузнецов А.В. Математика для экономистов на базе Mathcad. Изд.: «БХВ-Петербург», 2003.
4. Волков Л.Т. Математические задачи энергетики. Учеб.пос. Энергия, 2003.
5. Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. Задачи и упражнения по теории вероятностей. «Высшая школа (Москва)», 2002.
6. Ежков В.В. Электрические системы и сети Изд.: «Высшая школа (Москва)», 2005.
7. Ежков В.В. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях Изд.: «Высшая школа (Москва)», 2002.
8. Шапкин А.С. Задачи по высшей математике, теории вероятностей, математической статистике, математическому программированию с решениями. «Издательский дом Дашков и К», 2004.

УДК 621.3.067

Бейбіт Жанаргүл, Әліпова Әйгерім Ерболқызы (19-ЭЛТК-1), Асылжанова Айгерім Бақытқызы (ВКГТУ)

## ЖЕЛДЕТКІШ ЖҮКТЕМЕСІНІҢ ЖИІЛІКТІК-РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІ

Әлемде үздіксіз және сапалы электр энергиясымен өндіріс салаларында технологиялық машиналарды қамтамасыз етудің тиімділігін арттыру және олардың жұмысының энергия үнемдейтін режимдерін құруға бағытталған зерттеулер маңызды рөлге ие. Бұл тұрғыда қазіргі заманғы электромеханикалық және жартылай өткізгіш түрлендіргіштердің, автоматты бақылау мен басқарудың микропроцессорлық құралдарының көмегімен технологиялық желілер мен химия өнеркәсібінің айдау машиналарының энергия тиімділігін арттыруға ерекше мән беріледі.

Химиялық өнеркәсіп кәсіпорындарының реттелетін электр жетектерімен айдайтын машиналар жұмысының энергия үнемдейтін режимдерін қамтамасыз ететін техникалық құралдар мен технологияларды әзірлеуге ерекше назар аударылады. Бұл салада ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүзеге асыру, оның ішінде жиіліктік-реттелетін электр жетектері бар сорғылардың энергия үнемдеуші технологияларын, компрессорлар, желдеткіштер және олардың электр жетектері жұмысының энергия тиімді режимдерін әзірлеуге бағытталған, сондай-ақ асинхронды электр қозғалтқыштағы қуат шығынын азайтуды қамтамасыз ететін желдеткіш жүктемесі үшін энергия үнемдеуші электр жетегін құру маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

Сонымен қатар, турбомеханизм жұмысының режимін шолу және талдау нәтижесінде, орталықтан тепкіш сорғы агрегаттары мен желдеткіштерге арналған электр жетектерінің жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштерін алу үшін асинхронды қозғалтқыштардың айналу жылдамдығын реттеудің ең жақсы тәсілі реттеудің жиіліктік әдісі болып табылатыны анықталды, ал турбокомпрессорлар үшін – статикалық және динамикалық режимдерде де экономикалық мақсатқа сай жұмыс режимін неғұрлым жоғары дәрежеде жүзеге асыруға қабілетті жоғары вольтты синхронды қозғалтқыштардың бірқалыпты іске қосылуын қамтамасыз етіледі.

Айнымалы жиіліктің қоректену желісі барысында АҚ математикалық сипаттау негізінде электрлік машинаның жалпы теориясы жатыр. АҚ математикалық сипаттау үшін негіз болып фазалық координаттарда құрастырылған теңдеулер табылады. АҚ ерекшелігі болып ротордың статорға қатысты бұрылу бұрышының функциясында жүйелік түрде өзгертін өзіндік және өзара индукциялық коэффициентімен магниттік байланысты тізбегінің жиынтығы табылады. Машинаның магниттік жүйенің қанығу деңгейіне байланысты, бұл коэффициенттер барлық орамдағы тоқтардан да тәуелді болуы мүмкін. Теңдеулер жалпыландырылған машина үшін екі фазалы немесе координаталы үш фазалы жүйесінде құрастырылуы мүмкін. Фазалық

координаттарда теңдеулерді жазу барысында айнымалы коэффициенттермен жоғарғы тәртіптегі әртүрлі теңдеулер жүйесіне ие болады.

АҚ болыпжатқан электромеханикалық процестерді зерттеу мақсатында бұл жүйені қолдану мүмкін емес, себебі ол айнымалы коэффициенттің болуымен, ауырлығымен, бір сызықты блмауымен байланысты. Теңдеулердің бастапқы жүйесін бұдан әрі жеңілдету және түрлендіруі келесі жалпы әдіске негізделеді. Бірақ фазалық координаттардағы теңдеулер жалпыландырылған вектор арқылы көрініс тапқан теңдеулерге өзгереді, тоқтар, кернеулер, ағымдық жалғасулар, айналу жылдамдығы, жиілік, моменттер, активті, индуктивті кедергі үшін салыстырмалы бірліктер жүйесі енгізіледі.

Салыстырмалы бірліктер жүйесін енгізу теңдеулердің түрлерін жеңілдетеді, ал нәтижелі векторлар арқылы айнымалылардың өрнегі дифференциялады теңдеулердің түрлеріне алып келеді, ал мұнда қанықпаған машинаның дифференциялды теңдеу коэффициенті тұрақты шама болып табылады. Қаныққан машиналар үшін осы коэффициенттің шамаларын машинаның магниттік жағдайына тәуелділігін енгізу қажет. Аталған түрлендіргіштерден кейін тұрақты коэффициенттермен алтыншы реттегі дифференциялды теңдеулердің жүйесіне ие болады, ал бұл АҚ сипатталуын айтарлықтай жеңілдетеді және АҚ ағатын электромеханикалық процесстерді зерттеу үшін осы жүйені пайдалануға мүмкіндік береді. Алынған теңдеулер жүйесін бұдан әрі түрлендіру теңдеулерге, координаттардың әртүрлі жүйесіне кіретін векторлардың аудармасына тап болады. 54 АҚ математикалық сипаттамасы барысында идеалды АҚ сәйкес келетін бірқатар жолдар беріледі: - фазалық орамдар симметриялық, біркелкі, ротордың айналымындағы ауа қуысы бірдей; - болаттағы жоғалтулар ескерілмейді, сондай-ақ қатар магниттік қозғалыс күштерінің және жұмыс ағымының гармониктері ескерілмейді; - АҚ параметрлері тұрақты және АҚ орамдарындағы тоқтарға байланысты емес; - қоректенін тоқтардың симметриялық.

Жиіліктік-реттелетін асинхронды Электржетекті оңтайландырудың белгілі критерийлерін зерттеу статикалық режимдерде жетекті басқарудың жалпыланған кешенді критерийлерін жазуға мүмкіндік береді:

$$N = c_1 i_1 + c_2 \Delta p + c_3 \tau + c_4 \frac{I}{\eta} + c_5 \frac{I}{\cos \varphi} + c_6 \frac{I}{\eta \cos \varphi} = N_{min}$$

Мұндағы,  $c_1, c_2, \dots, c_6$  - нақты өлшемдер үшін өлшеу факторлары болып табылады, сәйкесінше, минималды шығындар, жылу, максималды тиімділік, қуат коэффициенті және олардың өнімдері.

Асинхронды қозғалтқыштарды жиіліктік реттеуге ауыстыру арқылы максималды өнімділігі бар турбомеханизмдердің энергиялық тиімді режимдерін анықтау ерекшеліктері қарастырылған. Электр энергиясын үнемдеу және жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзарту номиналды жылдамдықтан төмен айналу жылдамдығын реттеу кезінде оңтайлы болады, мұнда сондай-ақ пайдалану шығындары азаяды және қайта айдайтын машиналарда ресурс үнемдеу қамтамасыз етіледі.

Сорғыштардың жұмыс дөңгелегінің айналу жылдамдығын реттеу тиімділігін талдау негізінде сорғыш қондырғының электр жетегінің жылдамдығын басқарудың оңтайлы заңы анықталды, ол айдалатын судың әр түрлі шығынындағы электр энергиясын пайдаланудың минимумын қамтамасыз етеді.

Электр жетегінің жұмысын сипаттайтын алынған сандық ара қатынастар реттеу кезінде де, сорғының айналу жылдамдығының тұрақты кезінде де, желіден тұтынылатын жетектің электр қуатының су ағынынан тәуелділігін есептеуге мүмкіндік береді.

Су құбыры жүйесінің энергетикалық тепе-теңдігін қамтамасыз ету міндетін зерттеу негізінде реттелетін электржетекпен жабдықталған сорғылар тобының гидравликалық қуатының шығындарына талдау жүргізілді. Реттелетін және реттелмейтін сорғылардың ұтымды арақатынасы  $1/2$  немесе  $1/3$  құрайды.

Жүргізілген есептеулер жабдықтың қолайлы құнымен және коллектордағы берілген қысымды ұстап тұруға арналған ең аз энергетикалық шығындармен сипатталатын энергетикалық тиімді сорғы станциясының құрылымын жасауға мүмкіндік берді. Станция құрамына екі агрегаттан екі сорғы тобы кіреді. Екі насостың бір мезгілде жұмыс істеуі кезінде басқару әрқашан екі ПЧ-дан жүргізіледі. Осы станциядағы жабдық құнының өсуі электр энергиясын қосымша үнемдеу есебінен ақталады, қуаты 30,0 кВт сорғылар үшін өзін – өзі ақтау мерзімі 1,2...1,8 жылды құрайды, қуаты 132,0 кВт-1,0...1,6 жыл сорғылар үшін.

Кестесі жеткілікті анық көрсетеді минимум шығыны электр энергиясының төмендеуімен туындаған жиілікті процестерді 0,02...0,04 с уақытта (бір-екі кезеңнің жиілікті кернеу желілері) шығындар төмендейді салыстырғанда 15% шығынмен тікелей қосу. Одан әрі жалпы электр ысыраптары қозғалтқыштың төмен жылдамдықтағы жұмыс уақытының ұлғаюы есебінен өседі.

Энергия шығынының минимум нүктесі іс жүзінде өзгермейді. Энергия үнемдеу режимдерін енгізуден экономикалық әсердің болжамды есебі үздіксіз өндірістік циклді кәсіпорын-минералдық тыңайтқыштар өндіретін зауыт үшін жүргізілді. Сығылған ауа және олардың электр жетектері өндірісінде компрессорлардың энергия үнемдеуші режимдерін енгізу бір агрегатқа номиналды тұтынылатын энергияның 10-нан 15% - ға дейін электр энергиясын үнемдеуге мүмкіндік береді, бұл ретте келтірілген мысал үшін электр энергиясының жиынтық үнемделуі жылына 8,0 млн.кВт·сағ-тан жоғары болады.

Қазандық агрегаттарының түтін сорғыштары жиіліктік басқаруды қолданудың ең тиімді объектілерінің біріне жатады. Мұнда қазандықтың өнімділігіне және қазандықтың газ өткізгішінде сиретілуіне байланысты түтін сорғыш электржетегінің қозғалтқыштарының тұтынылатын қуаты қазандықтың режимдік параметрлерін, олардың бағыттаушы аппараттарымен басқару тәсілімен салыстырғанда екі еседен артық болады. Қазандық қондырғыларының үрлеу желдеткіштерінің электр жетегінде энергия үнемдеу әлеуеті түтін сорғыштардың электр жетегіне қарағанда 2...3 есе төмен,

сондықтан мұнда электр қозғалтқышының тұтынылатын қуатының төмендеуі 20...25% құрайды.

Энергетикалық пайымдаулар мен сенімділіктің маңызды өлшемдерінің бірі -қуат шығыны болып табылатыны белгілі.

Қозғалтқыштағы қуат шығынын азайтып, қозғалтқыштың магниттік ағынының қажетті мәнін қамтамасыз ететін инвертордың жиілігі мен кернеу мәні арасындағы оңтайлы тәуелділіктер анықталған. Жиілікті басқаратын асинхронды электр жетегіндегі шығындарды азайту әдістерін қолдану қиынырақ жұмыс болып табылады, өйткені асинхронды машинада ағынның пайда болуы арнайы сенсорларды немесе күрделі басқару алгоритмдерін қолдануды қажет етеді.

Желдеткіш жүктемесі бар асинхронды электр жетекте қозғалтқыш білігінің сәті айналу жылдамдығының бір мәнді функциясы болып табылатыны анықталды және бұл жағдайда магниттік ағын және тиісінше қозғалтқыштың кернеуі тек айналу жылдамдығы мен шығу жиілігімен анықталады.

Алынған нәтижелерді бағалай отырып, жиіліктік-реттелетін экстремалды электржетек жүйесі, қозғалтқыш қуатының шығынын азайтатын жақсы энергия үнемдейтін және динамикалық қасиеттерге ие. Бұл ретте электржетектің осы жүйесін пайдалану тиімділігі қозғалтқыштың бос жүрісінің ұзақ кезеңдеріне қарағанда соғұрлым көп.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Арипов Н.М., Усмонов Ш.Ю. Разработка энергосберегающего частотно-регулируемого асинхронного электропривода с вентиляторной нагрузкой. // Электрика. 2011. № 4. – С. 26-28.
2. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод / Под ред. И.Я.Браславского – М.: Академия, 2004. –256с.
3. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. М.: Энергоиздат,1982.–216с.
4. Гейлер Л.Б. Основы электропривода, – Мн.: Вышэйш. школа, 1982. – 237 с.
5. Илинский Н.Ф., Москаленко В.В. Электропривод. Энерго и ресурсосбережения. – М.: АCADEMA, 2008. – 208 с.
6. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины, М: Энергия,1973.Ч.2.,648с.
7. Петров Л.П. Оптимальное управление электроприводом. – Л.: Энергия,1971.187с.



УДК 665.658.26

Даирбекова А.Е. (18-МТЭ-2п), Бакланов А.Е. (ВКГТУ)

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ

**Аннотация:** в статье анализируются вопросы совершенствования процесса гидроочистки бензиновых фракций. Предложены различные варианты модернизации технологии процесса гидроочистки, позволяющие получать высококачественный стабильный гидрогенизат.

**Ключевые слова:** бензиновые фракции, гидроочистка, катализатор, печь, теплообменник.

Процессы гидроочистки нефтяных дистиллятов являются одними из наиболее распространенных на нефтеперерабатывающих предприятиях. В соответствие со стандартом требований к качеству автобензинов Евро-5, введенный с 1 января 2009 года, содержание серы в них не должно превышать 10 ppm. Кроме того, проведение процесса риформинга бензиновых фракций на би- и полиметаллических катализаторах требует ограничения содержания серы в сырье до 10–4% (масс.). В связи с этим получаемые прямогонные бензиновые фракции подвергают предварительной гидроочистке [1, 12].

Установка каталитического риформинга ПР-22-35-11/1000 мощностью 1 млн тонн в год с блоком вторичной ректификации и предварительной гидроочисткой. Процесс гидроочистки происходит в реакторе аксиального типа, наполненного алюмо-кобальтмолибденовым катализатором S-120 фирмы «UOP», работающего при температуре 208–400°C и давлении 2,3–3,2 МПа, с выходом стабильного гидрогенизата 96%.

В ходе структурно-функционального анализа процесса гидроочистки было выявлено, что:

1. Используемый на установке катализатор S-120 является довольно эффективным, хотя постепенно происходит снижение его активности.

Это приводит к необходимости повышения температуры процесса и снижению скорости подачи сырья. В результате по мере приближения к моменту регенерации катализатора заметно снижается выход гидрогенизата. Причинами снижения активности катализатора гидроочистки являются механические отложения и образование смол на поверхности частиц катализатора. В действующем реакторе для снижения количества этих отложений используется три слоя фарфоровых шаров разного диаметра. Механические примеси могут иметь разную природу. Это и продукты коррозии, и сульфиды железа, соли и др.

2. Печь предварительной гидроочистки работает на пределе мощности.

На установке эксплуатируется вертикально-секционная двухкамерная печь на блоке гидроочистки. Как показывает анализ эксплуатации, данная печь конструкционно устарела, практически всегда перегружена и работает неудовлетворительно.

В связи с этим можно предложить замену существующей устаревшей печи, на современную печь для блока гидроочистки бензинов. Предварительные расчеты показали, что для замены печи блока гидроочистки бензиновых фракций на современном этапе можно предложить вертикальную цилиндрическую печь, с кольцевой камерой конвекции и встроенным воздухоподогревателем.

Реализация этого предложения позволит, во-первых, обеспечить автономную эксплуатацию блоков гидроочистки и риформинга, во-вторых, достичь номинальной производительности установки, увеличить эффективность ее работы, в-третьих, снизить вероятность локальных перегревов как внутренней, так и наружной стенок труб, приводящих к образованию слоя кокса, часто к ненужному перегреву сырья с образованием газов разложения, а в дальнейшем и к прогару труб и образованию аварийной ситуации.

### 3. Загрязнение теплообменников.

Это происходит вследствие использования сырья, которое поступает с установки вторичной перегонки, и в этом сырье присутствуют непредельные углеводороды. Это приводит к тому, что на стенках теплообменных труб в межтрубном пространстве образуется значительное количество отложений в результате полимеризации непредельных углеводородов или коксообразования. Внутритрубные отложения состоят в основном из хлорида аммония. Причиной их образования является присутствие хлороводорода в водородсодержащем газе, поступающем с установки риформинга. Отложения в межтрубном пространстве теплообменников состоят из продуктов поликонденсации и осмоления непредельных углеводородов, а также продуктов коррозии технологического оборудования [2, 12].

При эксплуатации эти отложения снижают коэффициент теплопередачи и если не производить очистку теплообменников по межтрубному пространству, то потери тепла, которые необходимо восполнять дополнительным сжиганием топлива на печах, приведут к увеличению затрат на топливо. Постепенное накопление отложений в межтрубном пространстве приводит к увеличению гидравлического сопротивления теплообменника, деформации труб и может привести к полной остановке установки из-за нарушения норм технологического регламента (ограничения по перепаду давления между всасывающей и нагнетающей магистралями циркуляционного компрессора), а это приведет к значительным потерям от невыработки целевой продукции.

Отложения в межтрубном пространстве могут вызвать смещение перегородок по ходу движения газо-сырьевой смеси, что приводит к деформации труб и невозможности качественной очистки межтрубного пространства. Для борьбы с отложениями в теплообменниках были вставлены ерши, которые при работе удаляют нежелательные отложения в аппаратах.

Таким образом, структурно-функциональный анализ показал основные проблемы гидроочистки бензиновых фракций на установке каталитического риформинга ПР-22-35- 11/1000, наиболее важная из которых, это конструкционно устаревшая печь предварительной гидроочистки, которую необходимо заменить для более эффективного функционирования установки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Хавкин В.А. Процесс каталитического крекинга-гидроочистки. Производство высокооктанового автомобильного бензина // Мир нефтепродуктов, 2013. № 3. 12-13 с.

2 Юдин Е.В., Гильмутдинов А.Т. Гидроочистка бензиновых фракций вторичных процессов нефтепереработки // Нефтепереработка и нефтехимия, 2015. № 5. С. 21-22.

УДК 681.5

Доржанова Д.О. (18-МЭЛ-2п), Акаев А.М. (ВКГТУ)

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

В настоящее время повышение стоимости энергоресурсов привело к тому, что на промышленных предприятиях учет энергии изменился. Все больше промышленных предприятий приходят к пониманию того, что расчет за электроэнергию по старым условиям и нормам уже не подходит. В связи с этим многие предприятия реорганизуют учет электроэнергии по современным требованиям. Чтобы сэкономить энергетические ресурсы и снизить затраты необходимо вести более точный учет.

Современные промышленные предприятия используют автоматизированный приборный учет. Он позволяет оперативно и гибко адаптироваться к разным тарифным системам. В связи с этим в различных отраслях создаются автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов – АСКУЭ. Для того, чтобы контролировать потребление энергии любая промышленность должна иметь современную систему контроля и учета энергоресурсов.

Своевременный оперативный контроль позволяет осуществлять сбор данных из каналов связи с объектами. Обработка и анализ данных в реальном времени дает возможность решать технологические задачи автоматического управления [1].

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) предназначены для преобразования электроэнергии с целью понижения высокого напряжения 6 или 10 кВ до 380 (220) вольт. Они применяются для электроснабжения промышленных и бытовых потребителей.

Основным элементом трансформаторной подстанции является понижающий силовой трансформатор (масляный или сухой), который через устройство ввода со стороны высшего напряжения УВН подключается к воздушной или кабельной высоковольтной линии ввода. Со стороны низшего напряжения через распределительное устройство РУНН к понижающему трансформатору подключаются потребители электроэнергии.

Для контроля над качеством электроэнергии комплектные трансформаторные подстанции оборудуются контрольно-измерительной аппаратурой (указатели напряжения, приборы для измерения напряжения и тока) и приборами учета электроэнергии. Измерение параметров электричества на трансформаторной подстанции осуществляется трехфазным счетчиком. Для передачи данных используются линии электропередачи.

Целью разработки является создание автоматизированной системы контроля с применением современного оборудования, отвечающего современным требованиям надёжности и безотказности.

Назначение разработки - создание конструктивно законченной системы контроля.

Необходимо автоматизировать систему контроля основных параметров на участке, таких как: электрическая энергия, электрическая мощность, напряжение.

Используемые в системе счетчики должны обеспечивать все базовые функции, а именно измерение, учет, хранение, вывод на ЖКИ и передачу по интерфейсам активной и реактивной электроэнергии отдельно по каждому тарифу и сумму по всем тарифам. Тарификатор счетчика должен обеспечивать возможность учета по четырем тарифам в шестнадцати временных зонах суток для четырех типов дней. Каждый месяц года программируется по индивидуальному тарифному расписанию.

Должно производиться измерение следующих параметров электросети: мгновенных значений активной, реактивной и полной мощности по каждой фазе и по сумме фаз с указанием направления вектора полной мощности; действующих значений фазных токов, напряжений, углов между фазными напряжениями и частоты сети коэффициентов мощности по каждой фазе и по сумме фаз. Должен осуществляться контроль мощности нагрузки или энергии с переводом импульсного выхода в высокоимпедансное состояние в случае превышения заданных уставок. Связь между КТП (комплектные трансформаторные подстанции) и ПК (персональный компьютер) осуществить по линиям электропередач.

В результате решения поставленных задач была разработана АСУ с использованием современного оборудования, отвечающему высокому уровню качества и надежности.

Программные и технические средства, выбранные для разработки:

- SCADA TRACE MODE 6.08
- Преобразователь «Меркурий 221»
- Концентратор «Меркурий 225»
- Счетчик «Меркурий 230»

TRACE MODE является первой SCADA-системой, объединившей функции программирования контроллеров и разработки операторского интерфейса в рамках единого проекта. Это позволяет создавать крупные распределенные АСУТП с единой базой данных проекта, легко масштабировать и настраивать системы.

SCADA — программный продукт, который предназначен для того, чтобы разрабатывать и обеспечивать работу в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования данных об объекте мониторинга или управления. Данный программный продукт может входить в состав автоматизированной системы управления технологическим процессом, системы контроля учета энергоресурсов многих других автоматизированных систем.

В настоящее время за любыми производственными процессами необходим контроль операторов. В связи с этим активно стали применять SCADA-системы.[2]

SCADA TRACE MODE обладает богатой библиотекой алгоритмов АСУТП, включающей адаптивные алгоритмы и нечеткую логику,

соответствует стандарту МЭК 61131-3 (международной электротехнической комиссии) - это мощная платформа для разработки сложных систем управления.

Состав рассматриваемой программного продукта входят система инструментов и исполнительные модули (рантаймы). Работа в TRACE MODE начинается с создания файлов, названия которых – «проект». Сам проект автоматизированной системы управления запускается на рабочем месте оператора на исполнение в реальном времени. В данной системе с помощью одного инструмента возможно разработать все модули автоматизированной системы управления. Это и есть «технология единой линии программирования».

Разработка WEB – интерфейсов, программирование промышленных контроллеров, создание средств человеко-машинного интерфейса в рамках одного проекта возможно при использовании технологии единой линии программирования.

Автоматизированной системе управления технологическим процессом есть разные исполнительные модули TRACE MODE, которые имеют различные функции. Основные исполнительные модулями программы [3]:

- Монитор реального времени (MPB);
- Монитор реального времени+ (MPB+);
- Монитор реального времени+ с сервером документирования (ДокMPB+);
- DoubleForce MPB+ (MPB+ с горячим резервированием);
- Монитор реального времени+ с поддержкой
- GSM/GPRS (GSM MPB+);
- Клиентский модуль NetLink Light;
- Веб-сервер TRACE MODE (TRACE MODE DataCenter);
- Исполнительные модули для промышленных контроллеров — micro TRACE MODE;

Существуют профессиональная и базовая линии программных продуктов TRACE MODE. Базовая и профессиональная линии имеют программы с разными форматами файлов проекта. Базовая линия имеет бесплатную систему.

При выборе SCADA-системы следует подходить к выбору комплексно, то есть не руководствоваться каким-нибудь одним параметром. Необходимо оценивать уровень поддержки оборудования в SCADA-системе. Важно детально изучать функциональность опций, поддерживаемых SCADA-системой. Также при выборе системы стоит обратить внимание и на саму фирму – разработчика. Стоит оценить на сколько полно компанией разработчиком предоставляются услуги технической поддержки и обучения. Особое внимание следует обратить на наличие драйвера для оборудования, стоимость и качество технической поддержки [4].

Проведя сравнительный анализ ряда SCADA– систем для реализации базовых функций тестовой АСУТП было принято решение использовать SCADA – систему Trace Mode V6.

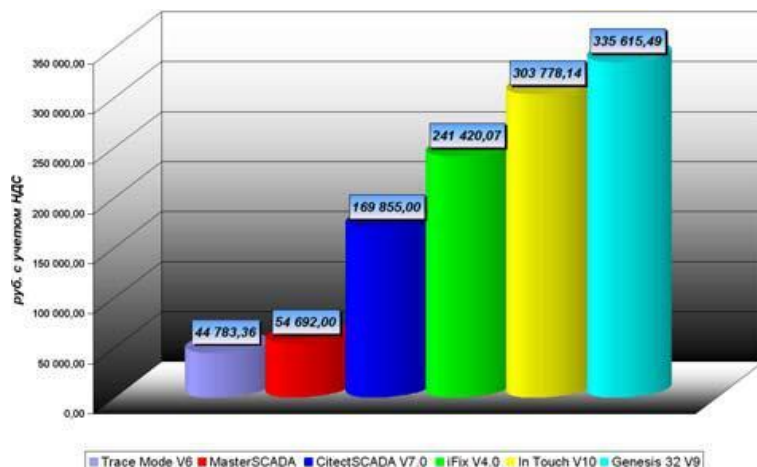


Рис.1 - Анализ модулей SCADA-систем для реализации базовых функций тестовой АСУ ТП

Как видно из рисунка 1, зарубежные SCADA-системы при одной и той же функциональности АСУТП минимум в три – четыре раза дороже.

Конкурентные преимущества SCADA-системы Trace Mode V6:

- Библиотека встроенных бесплатных драйверов для оборудования различных фирм производителей (свыше 2000 поддерживаемых устройств);
- Бесплатная высококвалифицированная техническая поддержка;
- Прозрачная номенклатура программных продуктов (использование единого инструментария для разработки);
- Наиболее полная поддержка функциональности необходимой для реализации АСУ ТП в различных областях промышленности;
- Сравнительно небольшая стоимость программных продуктов.

Данная АСКУЭ отвечает всем заданным требованиям. Разработанная система обеспечивает доступ показаниям в реальном времени, позволяет получать данные из архива счетчика, формирует и отображает на экране таблицу небаланса по мощности.

Производит оповещение в случае отклонения напряжения от допустимых значений и запись случившегося отклонения в документе формата txt. Система имеет возможность сгенерировать документ на основе таблицы небаланса в HTML и XML форматах.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Онлайн учебники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.lessons-tva.info/edu/e-inf2/m2t4\\_2.html](http://www.lessons-tva.info/edu/e-inf2/m2t4_2.html),

2. Ахметханов А.А., Ягьяева Л.Т. Особенности автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляции. 2014, №3, с.305-307

3. Ягьяева Л.Т., Ахметханов А.А. Разработка операторского интерфейса автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляции // Вестник КНИТУ. 2014, №7, с.303-306

Терентьев С.А. Технология обработки данных в информационно-управляющей системе. Т.18 №11, 2015. с.186-18

УДК 621.31

Досин А. С. (19-МЭЛ-2п), Асылжанова А. Б.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ И АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ УПП

Система и алгоритм управления являются обязательными элементами любого устройства плавного пуска (УПП), обеспечивающие выполнение основной функции УПП, защиты и улучшения энергетических и механических показателей электропривода в целом.

К энергетическим показателям относятся: потери энергии, коэффициент мощности и гармонический состав напряжений и токов. Под механическими показателями электропривода подразумевается пусковой момент двигателя.

Система управления УПП – совокупность аппаратных и программных элементов, осуществляющих контроль основных параметров электропривода и выдачу управляющих сигналов на исполнительный элемент, например, тиристорный регулятор напряжения (ТРН) и т. п. Схема разрабатываемой системы управления УПП представлена на рисунке 1.

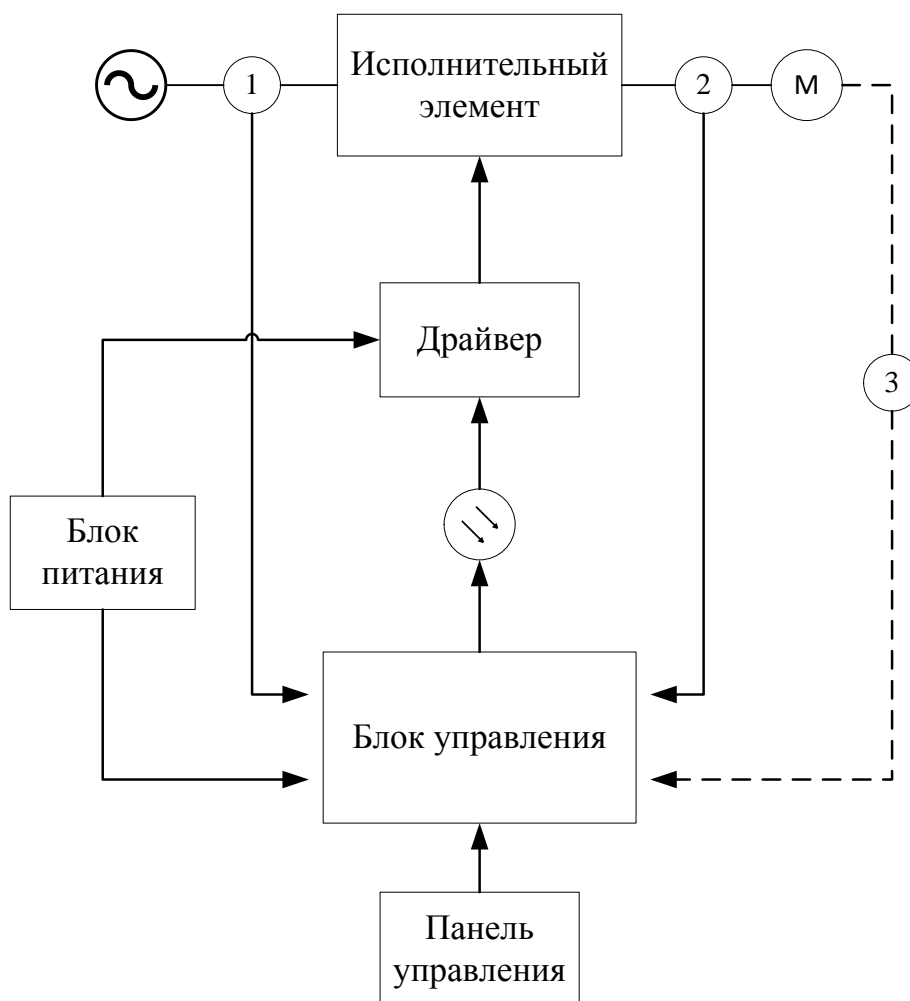


Рисунок 1 – блок схема системы управления

Алгоритм управления – программно-математическое обеспечение элемента управления (контроллера) отвечающее за расчет и анализ основных параметров электропривода с целью улучшения его динамических характеристик.

Основными элементами разрабатываемой системы управления являются (рисунок 1): блок управления; панель управления; драйверы силовых ключей; обратная связь по напряжению 1 (как правило делители напряжения), обратная связь по току 2 (как правило ТТ); обязательным элементом является гальваническая развязка сигнальных цепей от силовых (посредством оптических связей и развязки цепей питания); блок питания с разделением и развязкой питания контроллера и драйвера силовых ключей, в некоторых случаях может присутствовать обратная связь 3 по положению ротора электродвигателя.

Контроллер состоит из следующих элементов (рисунок 2): контроллер (может использоваться пара контроллер – ЦСП), устройств ввода измерительной информации (АЦП) с внутренней гальванической развязкой, элементов управления и индикации (кнопки, дисплей), устройств связи с системами автоматизации (интерфейсы связи).

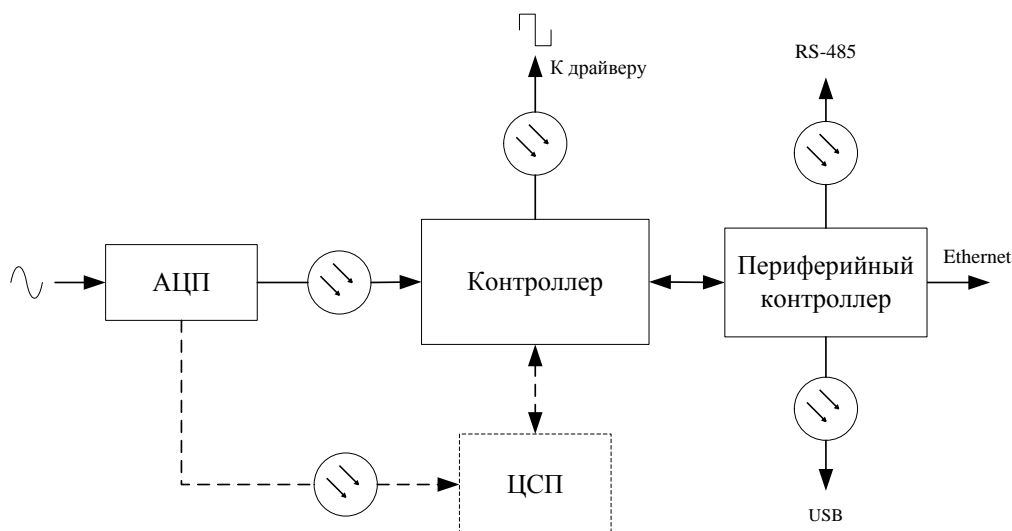


Рисунок 2 – блок схема блока управления

Сейчас наиболее распространен плавный пуск АД посредством ТРН с импульсно фазовой системой управления ключами (СИФУ) при котором в момент пуска происходит плавное увеличение напряжения на электродвигателе, за счет этого снижаются броски пускового тока и уменьшается свободная (апериодическая) составляющая момента. При этом происходит снижение пускового момента, что не позволяет использовать данный способ для механизмов с активной и реактивной нагрузкой. Помимо этого, использование ТРН снижает качество электроэнергии питающей сети, а именно коэффициент мощности и высшие гармонические тока и напряжения. Кроме ТРН в настоящее время существует еще один способ плавного пуска – векторно-импульсное управление пуском. Данный способ рассмотрен в работах



[1,2] и апробирован на асинхронных и синхронных электродвигателях. Суть данного способа пуска заключается в импульсном подключении статора электродвигателя к сети, когда вектора потокоцеплений ротора и статора занимают в пространстве определенное взаимное положение (как правило 90 градусов). На рисунке 3 представлена схема лабораторной установки на которой проводились испытания данного способа пуска.

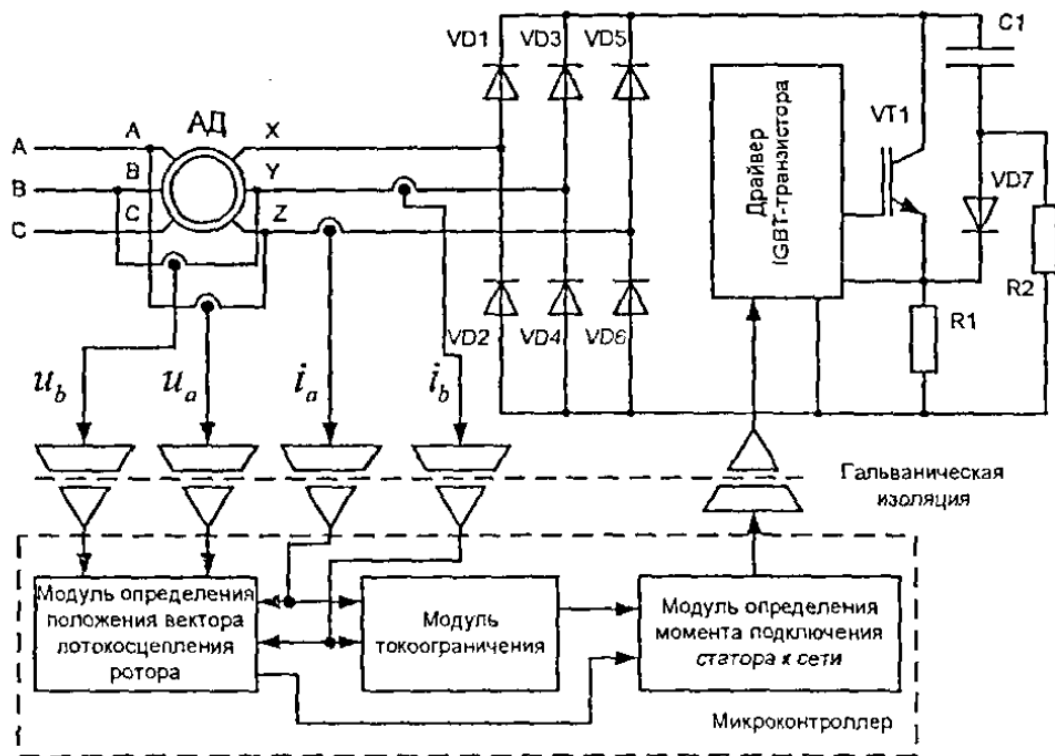


Рисунок 3 – блок-схема установки векторно-импульсного управления пуском АД

Достоинства данного способа пуска: среднее значение электромагнитного момента при ограничении пускового тока на уровне 2,5-3,5 от номинального, меньшие потери энергии, меньшая величина коэффициента не синусоидальности тока статора. Недостатки: нет возможности применения обводного контактора по сравнению с УПП на ТРН (особенно актуально на высоковольтных УПП), удорожание конструкции при использовании на среднем напряжении (6-10кВ) т. к. потребуется большее число IGBT транзисторов и диодов моста, как следствие необходимость в снабберных цепях либо специальном драйвере затворов [1], что в конечном итоге приведет к удорожанию и увеличению массогабаритных показателей привода.

Для разработки оптимального алгоритма управления и возможно исполнительного элемента УПП разработана модель трехфазного асинхронного электродвигателя. Модель асинхронного электродвигателя, представлена обобщенной электрической машиной Уайта и Вудсона [3] описанная уравнениями Парка-Горева [4]. Также в состав описания входит сама система, включая алгоритм управления, представленные в виде модели Simulink

разделенные на функциональные блоки. Предложенная Д. Уайтом и Х. Вудсоном обобщенная электрическая машина представляет собой абстрактную электромагнитную конструкцию с двухфазным явнополюсным статором и двухфазным неявнополюсным ротором. Было доказано, что любую  $n$ -фазную машину можно представить двухфазной путем фазных преобразований. Машина создавалась во время преобладания привода постоянного тока, поэтому статор был явнополюсным, а ротор неявнополюсным. Вводится ряд допущений упрощающих расчеты процессов в машине, например, что машина линейна, т. е. не имеет насыщения. Блок-схема такой машины показана на рисунке 4.

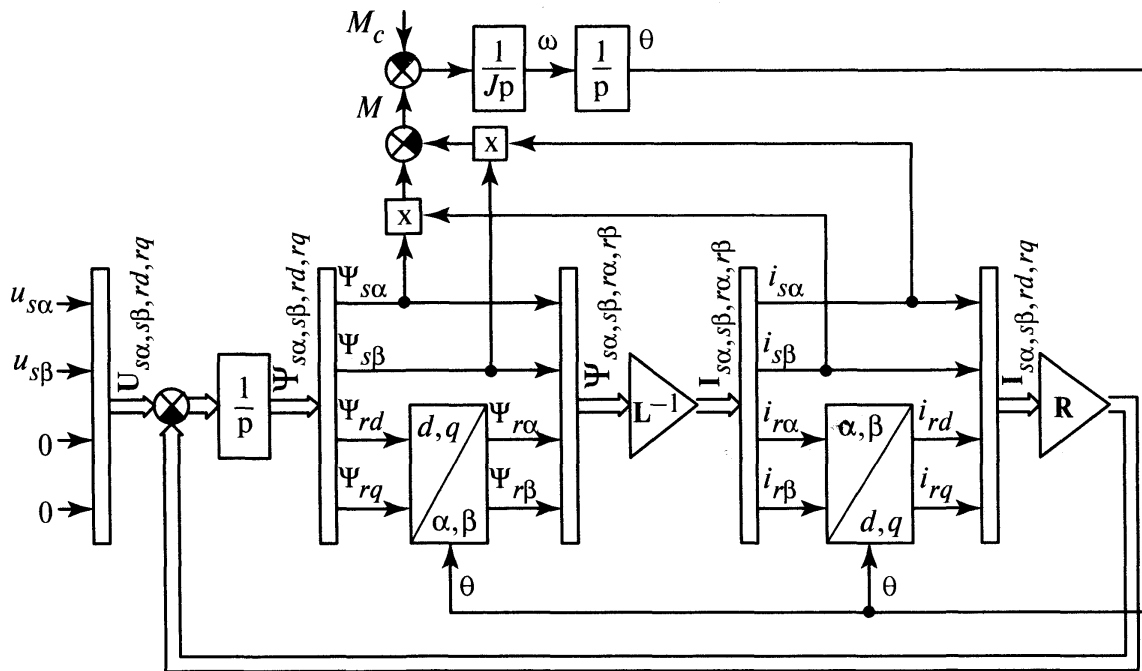


Рисунок 4 – модель асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Для аппаратной реализации системы управления рассмотрены два варианта: на базе блока центрального контроллера ПЛК «Интеграл-1» [5] или на основе принципиально нового блока управления на основе микроконтроллера серии TMS320F2803 (Texas Instruments) [6]. Указанный микроконтроллер имеет блок ШИМ высокого разрешения, что является важным преимуществом в случае реализации исполнительного элемента на основе ШИМ управления силовыми ключами.

Преимуществом первого варианта является наличие программируемой вентиляционной матрицы (FPGA), что позволит реализовать в программе математическую модель электродвигателя, благодаря этому система будет подстраиваться под конкретные условия работы электродвигателя. Также данный блок имеет два универсальных оптических интерфейса (УОИ), что позволяет подключать драйвер исполнительного элемента напрямую к блоку, возможность подключения панели управления из комплекса «Интеграция» [5]. В случае со вторым вариантом – это более ограниченная функциональность в

угоду низкой стоимости блока управления. Для наладки и симуляции первая ревизия системы управления будет реализована на основе микроконтроллера серии TMS320F2803.

Следующий этап разработки системы управления – получение данных о параметрах электродвигателя в математическом пакете и на лабораторной установке при двух режимах пуска: прямом и тиристорным регулятором напряжения. По полученным экспериментальным данным будет разработан алгоритм управления, который будет апробирован на лабораторной установке с асинхронным электродвигателем 0,4 кВ с нагрузкой на валу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коньков А. С. Разработка устройств плавного пуска асинхронных электродвигателей на основе алгоритма векторно-импульсного управления., Магнитогорск, 2011
2. Давыдкин М. Н. Разработка системы векторно-импульсного управления пуском синхронного электродвигателя., Магнитогорск, 2010
3. White D.C., Woodson H.H. Electromechanical Energy Conversion. The MIT Press, 1968.
4. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373. с.: ил.
5. Досин А.С. Комплекс программируемых средств автоматизации «Интеграция». – ВКГТУ, 2018.
6. TMS320F2803x Piccolo Microcontrollers Device Datasheet, Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265. 2019

УДК 669.534.537.539

Ескермесова А.С. (18-МФЗ-2п), Ескермесов Д.К. (ВКГТУ, Старший преподаватель)

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ Cr и Si В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ОСАЖДЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ (Zr-Ti-Nb)N

Для обеспечения сложных высокоэффективных свойств очень перспективным может быть использование многокомпонентные покрытия на основе карбидов, боридов, нитридов и силицидов переходных металлов [1]. Стабильность структуры и состава, а также высокоэффективные многоэлементные нитридные системы обеспечивают улучшение физико-механических характеристик поверхности, а использование их в качестве защитной пленки препятствует проникновению вредных примесей в поверхностные слои изделий [2]. В настоящее время наиболее широко используются методы ионно-плазменного осаждения покрытий, в частности, вакуумно-дугового и магнетронного распыления [3].

Данная работа описывает первоначальную попытку проанализировать сложную взаимосвязь между осаждением и механическими свойствами многокомпонентных покрытий. Для этого были выбраны пять сильных нитридообразующих элементов Ti, Cr, Zr, Nb и Si для приготовления защитных нитридных покрытий (Zr-Ti-Nb)N, (Zr-Ti-Nb-Cr)N и (Zr-Ti-Nb-Cr-Si)N методом вакуумно-дуговой техники. Считается, что небольшие добавления элементов Cr и Si при различных условиях осаждения влияют на механические свойства на основе тройных покрытий (Zr-Ti-Nb)N.

Покрытий (Zr-Ti-Nb)N, (Zr-Ti-Cr-Nb)N и (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N были осаждены на полированной вращающейся Si (100) и стальных подложках (12X18H9T и сталь А570 Grade36) посредством вакуумно-дугового осаждения, применяя вакуумно-дуговую установку "Булат -6". Испаряемые материалы представляли собой цельнолитые катоды 35 at% Zr, 35 at% Nb, 30 at% Ti для Zr-Ti-Nb, 37,39 at% Cr, 27,99 at% Zr, 22,30 at% Nb, 12,32 at% Ti для Zr-Ti-Cr-Nb и 17,08 at% Cr, 30,19 at% Zr, 9,67 at% Nb, 39,96 at% Ti, 3,1 at% Si для Zr-Ti-Cr-Nb-Si покрытий. Осажденные (Zr-Ti-Nb)N, (Zr-Ti-Cr-Nb)N и (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N покрытия были выполнены в молекулярной N<sub>2</sub> атмосфере, давление рабочего газа изменялось от 0,04 до 0,7 Па. Смещение подложки было выбрано в качестве контролирующего параметра, который варьировался от -100 до -200 В. Подложки были разогреты до 450 °С перед осаждением. Расстояние между подложками и катодом было 250 мм. Параметры осаждения покрытий (Zr-Ti-Nb)N, (Zr-Ti-Cr-Nb)N и (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры осаждения покрытий (Zr-Ti-Nb)N, (Zr-Ti-Cr-Nb)N и (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N

№ образца	Осажденный материал	Ток дуги $I_d$ , А	Давление азота $P_N$ , Па	Напряжение смещения $U_{см}$ , В
1	(Zr-Ti-Nb)N	95	0,04	-100
2			0,5	
1	(Zr-Ti-Cr-Nb)N	110	0,3	-100
2			0,7	
3			0,3	-200
4			0,7	
1	(Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N	110	0,3	-100
2			0,3	-200

Химический состав и морфологию покрытий исследовали с использованием сканирующей электронной микроскопии/энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (SEM/EDX) JSM-6390 LV с напряжением 20-30 кВ.

Для измерения адгезии покрытий (Zr-Ti-Nb)N, (Zr-Ti-Cr-Nb)N и (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N, использовали скретч-тестер REVETEST, оснащенный алмазным индентором Rockwell C с радиусом закругления 200 мкм.

Трибологические испытания проводились на автоматизированной машине трения марки «Tribometer» на воздухе по схеме «шарик – диск» при температуре 20°C. Диски, на которые наносились покрытия, изготавливались из стали 18Cr10NiTi диаметром 30 мм, высотой 5 мм. В качестве контртела использовался шарик диаметром 6,0 мм, изготовленный из спеченного сертифицированного материала — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Нагрузка составляла 10 Н, скорость скольжения 10 см/с.

Исследование механических характеристик нитридных покрытий, осажденных при различных параметрах осаждения, проводилась с помощью автоматизированных микротвердомеров «AFFRI DM-8 и Durascan-20». Отпечатки были сделаны на расстоянии 2,0 мм друг от друга, для каждого образца было проведено 10 измерений.

Результаты измерений механических характеристик, в частности, твердости всех полученных покрытий, приведены в таблице 2.

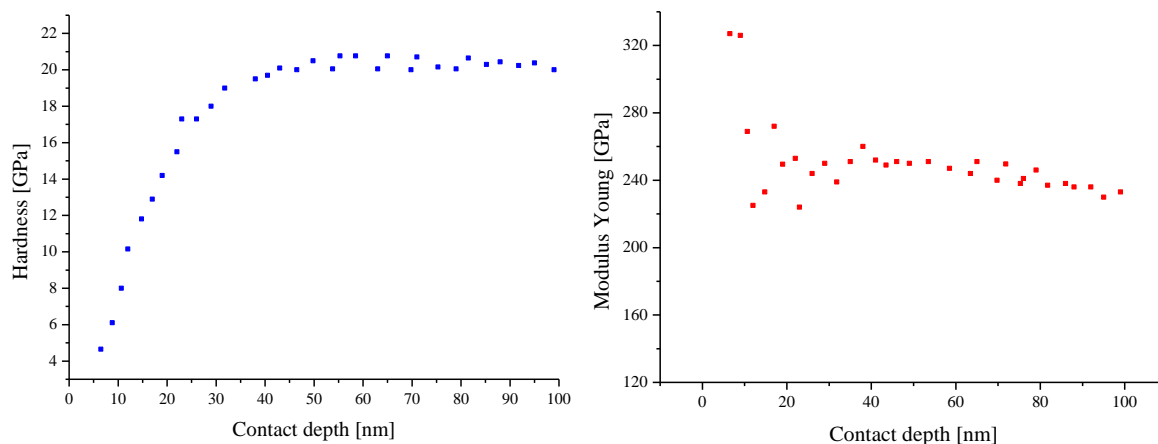
Таблица 2 – Средние значения твердости нитридных покрытий

№ образца	Твердость, ГПа
(Zr-Ti-Nb)N HV <sub>0,025</sub> ГПа	
1	37,2
2	44,5
(Zr-Ti-Cr-Nb)N HV <sub>0,1</sub> ГПа	
1	30,9
2	34,7
3	38,8
4	43,9
Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N HV <sub>0,1</sub> ГПа	
1	29
2	24

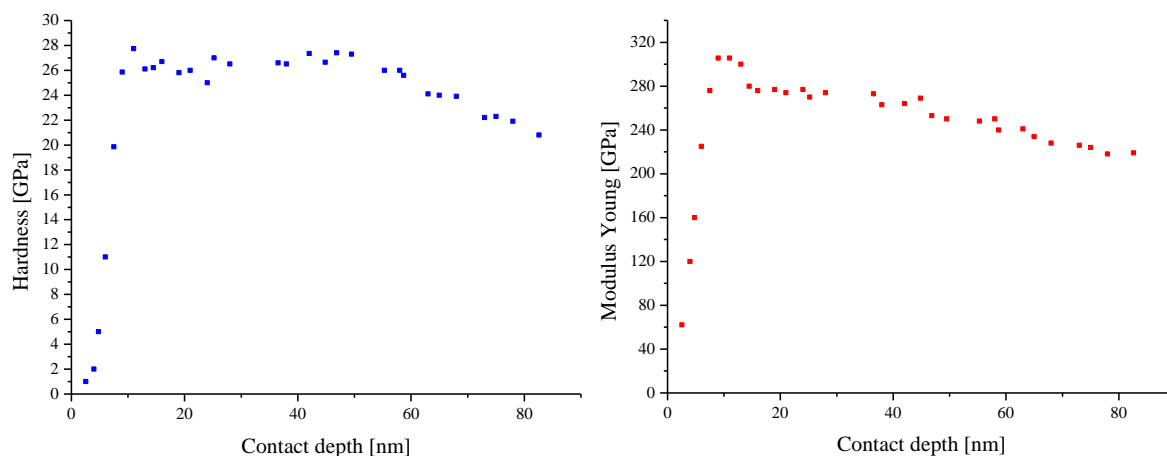
Как видно из таблицы 2, максимальное значение твердости (44,5 ГПа) для нитридного покрытия (Zr-Ti-Nb)N достигается при давлении реакционного газа  $P_N=0,5$  Па. Как мы видим, твердость покрытий (Zr-Ti-Cr-Nb)N, осажденных при  $P_N=0,3$  Па и  $U=-100$  В, составляет 30,9 ГПа и изменяется до 38,8 ГПа при увеличении потенциала смещения на подложке до -200 В. Следует отметить, что покрытия, нанесенные при более низком содержании азота, имеют низкую твердость. Когда  $P_N$  возрастает до 0,7 Па, рост твердости объясняется образованиями большего количества сильных связей Me/N, присутствующих в пленках. Кроме того, высокая твердость может быть обусловлена высоким содержанием фазы  $Cr_2N$ , поскольку твердость покрытия  $Cr_2N$  выше, чем покрытие CrN.

Для нитридных покрытий (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N, осажденных при  $P_N=0,3$  Па и  $U=-100$  В, твердость составляет 29 ГПа, а модуль упругости составляет 291 ГПа. С увеличением потенциала смещения на подложке до -200 В твердость и модуль упругости соответственно уменьшились до 24 и 254 ГПа. Одним из объяснений снижения твердости является чрезмерная ионная бомбардировка, в результате чего покрытия становятся менее текстурированными, переход от преимущественно (111) ориентации с высокой интенсивностью к содержанию ГЦК-ориентации, включая дополнительные ориентации (111) и (200).

Нанотвердость и модуль упругости покрытий (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N измерялись с использованием наноиндентора «Hysitron TI 950 TriboIndenter» с алмазным индентором Берковича, максимальная нагрузка составляла 10000 мкН. Мы оценивали значение твердости и модуль упругости от кривых нагрузки-разгрузки индентора с использованием методов Оливера и Фарра. Из испытаний наноиндентирования нагрузки-разгрузки кривых покрытий (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N, были определены и показаны нанотвердость и модуль упругости пленок, осажденных на подложке при различных потенциалах смещения на рисунке 1.



а



б

Рисунок 1 – Зависимости твердости и модуля упругости от глубины контакта для покрытий (Zr-Ti-Vr-Nb-Si)N, при  $P_N=0,3$  Па и разных значениях  $U$  -100 В (а), -200 В (б)

Таблица 3 – Сравнительные результаты адгезионных испытаний для покрытий (Zr-Ti-Nb)N, (Zr-Ti-Cr-Nb)N и (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N

Критические нагрузки [Н]	№ образца			
	№1	№2	№3	№4
(Zr-Ti-Nb)N				
$L_{C1}$	2,91	9,89	-	-
$L_{C2}$	29,04	20,62	-	-
$L_{C3}$	43,18	36,43	-	-
$L_{C4}$ ( $L_{C5}$ )	59,26	66,77	-	-
(Zr-Ti-Cr-Nb)N				
$L_{C1}$	10,94	11,8	10,35	15,21
$L_{C2}$	18,69	20,93	18,42	24,29
$L_{C3}$	26,95	30,35	23,12	33,45
$L_{C4}$	39,15	45,94	45,12	40,97
$L_{C5}$	49,09	56,17	61,08	62,06
(Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N				
$L_{C1}$	9,54	11,28	-	-
$L_{C2}$	12,48	14,04	-	-
$L_{C3}$	18,36	24	-	-
$L_{C4}$	29,86	34,09	-	-
$L_{C5}$	45,33	45,57	-	-

В таблице 3 приведены результаты испытаний на адгезию покрытий (Zr-Ti-Nb)N, (Zr-Ti-Cr-Nb-Si)N и (Zr-Ti-Cr-Nb)N, полученных при различных технологических параметрах осаждения. Результаты исследования адгезионно-когезионной прочности и стойкости покрытий к царапанию приведены на рисунке 2. По изменению значений коэффициента трения и сигнала акустической эмиссии при увеличении нагрузки скрайбирования определялись характерные значения критической нагрузки  $L_C$ : Критическая нагрузка, ответственная за момент появления первых шевронных трещин в нижней части царапин, определялась как  $L_{C1}$ ;  $L_{C2}$  - время появления множественных

шеvronных трещин в нижней части царапин;  $L_{C3}$  – когда разрушение имеет адгезионно-когезионный характер;  $L_{C4}$  – локальное отслаивание участков покрытия;  $L_{C5}$  – пластичное истирание покрытия на подложке, потеря прочности адгезии.

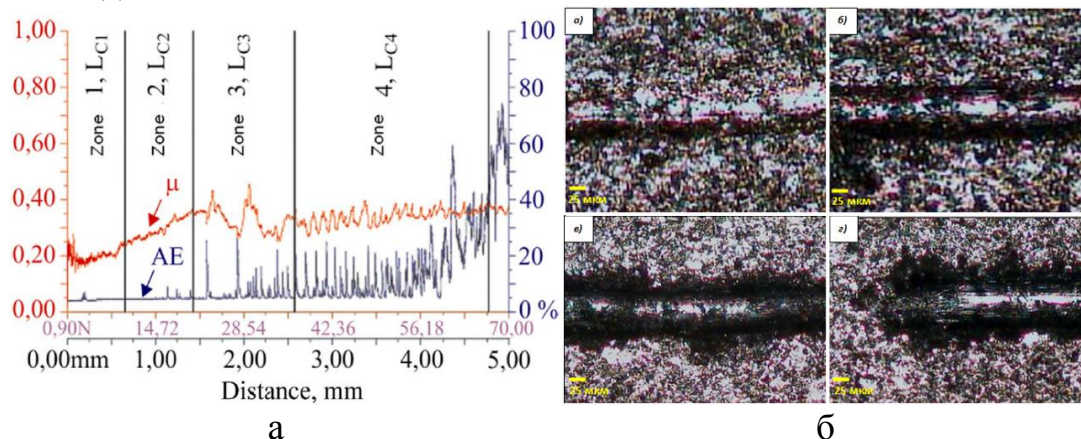


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента трения и сигнала акустической эмиссии от приложенной нагрузки при скрэтч-тестировании покрытия  $(Zr-Ti-Nb)N$ , полученного при  $P_N=0,5$  Па (а) и зоны контакта алмазного индентора с покрытием (б)

Таким образом, сравнительный анализ показывает, что полученные покрытия стираются, но не отслаиваются во время царапин, т. е. разрушаются благодаря когезионному механизму пластической деформации и образованию усталостных трещин в материале покрытий. Установлено, что твердость нитридных покрытий в зависимости от физических параметров осаждения варьируется от 24 до 45 ГПа. Адгезия исследованных покрытий была улучшена за счет применения более высоких параметров осаждения потенциала смещения на подложке и давление рабочего газа азота.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Maksakova O.V., Grankin S.S., Bondar O.V., Kravchenko Y.O., Yeskermesov D.K. et al. Nanostructured  $(Ti-Zr-Nb)N$  coatings obtained by vacuum-arc deposition method: Structure and properties // J. Nano-Electron. Phys. – 2015. – Vol. 7, №4. – P. 04098-1-04098-7.
2. Maksakova O.V., Beresnev V.M., Eskermesov D.K. Effects of Cr and Si additions under the various deposition conditions on the mechanical properties of the  $(Zr-Ti-Nb)N$  coatings // Proceedings of the 2017 IEEE 7th International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2017), 2017. Part 1. P. (01PCSI10)1-6.
3. Береснев В.М., Соболев О.В., Гранкин С.С., Немченко У.С., Новиков В.Ю., Бондар О.В., Беловол Е.О., Максакова О.В., Ескермесов Д.К. Физико-механические свойства покрытий  $(Ti-Zr-Nb)N$ , полученных методом вакуумно-дугового испарения // Журнал «Физика и химия обработки материалов». – 2015. – №4. – С. 50-58.



УДК 536.221

Әнуарбекова Ш.Д. (17-ТФК-1), Нуркенова Б.Д. (ШҚМТУ аға оқытушысы)

## БАҒАЛЫ МЕТАЛДАР ҚОРЫТПАЛАРЫНДАҒЫ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ШОҒЫРЛАНУЫН ӨЛШЕУДІ ОРЫНДАУ ӘДІСТЕМЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Ежелгі уақыттан бері бағалы металдар адамдардың үлкен қызығушылығын тудырды. Оларды валюта ретінде пайдаланды, оның ішінде зергерлік бұйымдар жасалды.

Өндіру мен өңдеудің әр түрлі сатыларында бағалы металдар қорытпаларындағы элементтердің шоғырлануын қадағалау өте маңызды. Сондықтан қымбат бағалы металдар қорытпаларын өндіру және қолдану кезінде күрделі құрам сынама-ларындағы элементтердің бүтін қатарының құрамын, салмағы бірнеше милли-грамммен немесе тіпті одан да аз мөлшерін анықтау қажет. Мұндай міндеттер әр-бір нақты жағдайда мүмкіндігінше оңтайлы әдістеме таңдау үшін қағидаттарды, әдіснаманы және әр түрлі талдау әдістемелерін қолдануды терең қажеттілігін білу.

Өлшеу бірлігін қамтамасыз ететін стандарттарға сәйкес рентгеноспектралық талдау әдістемесімен операциялар мен ережелердің жиынтығы деп аталады, олар-ды орындау белгілі дәлдікпен өлшеу нәтижелерін алуды қамтамасыз етеді. Әдісте-мелер ӨӨӘ-дағы ғылыми-техникалық құжаттамада кепілдік берілген сипаттама-дан кем емес қателікпен өлшеулерді орындау үшін әзірлейді және пайдаланады.

ӨӨӘ құжатында баяндалған ережелер оларды сақтау кезінде өлшемдердің дәлдігіне және ӨӨӘ басқа да регламенттелген сипаттамаларына қойылатын талап-тардың орындалуын қамтамасыз етуі тиіс.

ӨӨЖ-ны әзірлеу мыналарды қамтиды: әдісті, өлшеу құралдарын, өлшеуді орындау үшін қажетті қосалқы техникалық құралдар мен заттарды таңдау; өлшеу-лерді шығару кезіндегі операциялардың кезектілігі; өлшеу нәтижелерін есептеу алгоритмі.

РСФА үшін операция реті келесідей:

- Сынамалар мен салыстыру үлгілерін талдауға дайындау;
- Талданатын про және салыстыру үлгілерінен сәулеленуді есептеу жылдам-дығын (қарқындылығын, ағынын, энергетикалық спектрлерді) өлшеу;
- Есептеудің өлшенген жылдамдығы бойынша анықталатын элементтердің құрамын есептеу.

Сынама дайындау-сынаманы кейіннен талдау үшін қолайлы нысанға айнал-дыру мақсатында талдау объектісінің іс-қимыл жиынтығы.

Сынама дайындау алынған нәтижелердің дәлдігін арттыруға, зерттелетін мән-дердің ауқымын кеңейтуге, зерттеу қауіпсіздігін арттыруға, тестіні жеделдету-ге, нәтижелердің өсімін және қателігін жақсартуға көмектеседі.

Сандық талдаудың дәлдігі зерттелетін материалды талдауға дайындаудың дұрыстығын едәуір шамада анықтайды. Сонымен қатар, өлшеулерді орындау әдіс-темесін сынау кезеңінде сынама дайындау тәсілін таңдау мәселесі қажетті дәлдік-ке қол жеткізу үшін де, қажетті анықтау табалдырығын қамтамасыз ету

үшін де, өлшеудің қолайлы уақытын белгілеу, калибрлеу рәсімдерін оңайлату және кон-центрацияны есептеу үшін де анықтаушы болып табылады.

Әдетте металдар мен қорытпаларды рентгеноспектралық талдауға дайындау екі бағыт бойынша жүзеге асырылады:

- 1) тікелей металдарды талдау;
- 2) зерттелетін материалды ерітіндіге ауыстыру (сұйық немесе қатты).

Негізгі элементтердің құрамын және бағалы металдардың қорытпаларын анықтау әдістемесін әзірлеу үшін ерекше сынама дайындау талап етілмейді. Сон-дықтан үлгілерге тікелей талдау жүргізілді.

Екінші әдісті пайдалану, яғни сынаманы ерітіндіге ауыстыру, бұл жағдайда қолайсыз, себебі зергерлік бояуларға және деформацияға тыйым салынған басқа да заттарға жиі талдау жасауға тура келеді.

Рентгенофлуоресцентті әдіс арқасында талданатын үлгінің кез келген кон-фигурациясы болуы мүмкін. Алайда сәулеленетін беттің пішіні мүмкіндігінше жазықтыққа жақын болуы тиіс. Егер бұл шарт орындалмаса, зерттелетін аумақты азайту қажет. Нәтижесінде сәулеленетін беттің пішіні жазықтыққа жақындайды. Осы мақсатта бұрын қаралған сынама қозғалу механизмі мен лазерлік көрсеткішті пайдалануға болады. Рентген шоғырымен сәулеленетін аумақты азайтып, бұл шо-ғырды қажетті бағытта бағыттап, қажетті нәтижеге қол жеткізуге болады.

Сынамалар бастапқы рентген сәулесімен сәулеленеді, ол сынамалар атомда-рын қозғайды. Қозған атомдар негізгі жағдайға ауысқан кезде детектор тіркелетін қайталама рентген сәулесін шығарады. Детектор сигналы ЭЕМ-ге кіріктірілген аналогты-сандық түрлендіргішке жүреді. Элементтердің массалық үлесін анықтау аналитикалық желілердің алаңдары бойынша жүргізіледі.

Аналитикалық есепті шешу үшін СРВ-1М энергетикалық дисперсиясы бар спектрометр таңдалды.

СРВ-1м рентгенофлуоресцентті спектрометр табиғи және жасанды жолмен алынған қатты, сұйық және ұнтақ тәрізді объектілердегі химиялық элементтердің құрамын (массалық үлесін) жедел сапалық және сандық анықтауға арналған.

СРВ-1м рентгенофлуоресцентті спектрометр АІ-дан U-ге дейінгі химиялық элементтердің құрамын (массалық үлесін) анықтауды қамтамасыз етеді және дала-лық және зертханалық зерттеулер жүргізу кезінде физикалық, биофизикалық, био-логиялық, экологиялық, геофизикалық және т.б. зертханаларда пайдаланылуы мүмкін.

Қолдану саласы: пайдалы қазбаларды барлау, өндіру және байыту, металлургия, экология, археология, медицина, криминалистика, кеден және басқа да ар-найы қызметтер, зергерлік іс, машина жасау, машиналар және т. б. Агрегаттары-ның тозуын бақылау.

"СРВ-1м" моделінің рентгенофлуоресцентті спектрометр тұтас металл кор-пустарында орналасқан функционалдық-толық өлшеу-жинақтау кешендерін білді-реді және стационарлық зертханалық жағдайларда жұмыс істеуге арналған.

Спектрометрдің әсер ету принципінің негізінде заттар атомдарының рентген флуоресценциясы жатыр, кейін спектрге ыдырай отырып, сынамада бастапқы рентгендік сәулеленумен қозғалады.

Бастапқы рентген сәулесінің көзі рентген түтігі (РТ) болып табылады. Рент-ген түтігінің қоректенуі жоғары вольтты қоректендіру көзі (ВКК) арқылы жүзеге асырылады.

Талданатын үлгінің атомдарының рентгендік флуоресценциясы коллимир-леуші құрылғылардың (КУ) көмегімен жартылай өткізгіш детектордың (ППД) кіру терезесіне жіберіледі, оларға электр сигналдары, осы флуоресцентті сәулеленудің пропорциялы энергиясы болып өзгертіледі. Бұдан әрі сигналдар заряд сезгіш көз-дегішпен (ӨК) күшейтіледі және спектрометриялық импульс (ӨК) процессоры-ның көмегімен энергетикалық спектрге қалыптастырылады.

Жоғарыда аталған барлық тораптар мен блоктар рентгендік сәулеленуден қорғайтын алюминийден жасалған жаппай блок болып табылатын өлшеу камера-сында (ИК) орналасқан және сәулеленуді тарататын және сынамасы бар кювет не-месе тұтас іргелі параметрлер орналастырылатын аспаптың барлық облыстарын қамтиды.

Спектрометрдің бағдарламалық қамтамасыз ету көмегімен талданатын үлгі-ден алынған спектрлерді өңдеу және градиурлық сипаттамалардың көмегімен не-месе іргелі параметрлер әдісімен элементтердің массалық үлесін анықтау жүргізіледі.

Мақала рентгендік жоғары сезімтал СРВ-1М спектрометрінде бағалы метал-дар қорытпасындағы негізгі элементтердің шоғырлануын өлшеуді орындау әдісте-месін әзірлеуге арналған.

Бағалы металдар қорытпаларындағы негізгі элементтердің шоғырлануын өл-шеуді орындау әдістемесін құру өзекті міндет болып табылады, өйткені осы әдістеме әлі күнге дейін кейінге қалдырылды. Осының салдарынан белгілі қателік-пен өлшеу нәтижелерін алу мүмкін емес.

Бұл мәселені шешу үшін СРВ-1М спектрометр таңдалды. Бірқатар артық-шылықтардың арқасында спектрометрдің бұл түрі тиісті әдістемені әзірлеуге мүмкіндік береді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1) Спектрометр рентгенофлуоресцентный СРВ-1М. Руководство по эксплуатации. Усть-Каменогорск, 2009.
- 2) ГОСТ 8.010-99. Методики выполнения измерений. Основные положения.

УДК 51-74 , 621.039.5

Жанболатов О.М. (ВКГТУ, 18-ММК-2), Бакланова О.Е. (ВКГТУ, к.ф-м.н, профессор)

## АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТОЧЕЧНОЙ КИНЕТИКИ С УЧЕТОМ ЗАПАЗДЫВАЮЩЕГО ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ

### Введение

Развитие энергетического сектора экономики является одной из приоритетных задач развития государства на данный момент. Атомная промышленность начала развиваться в середине прошлого века и быстрыми темпами вошла в жизнь человека. В настоящее время активно развиваются реакторы 4 поколения. Основной проблемой является переход с использования  $^{235}\text{U}$  в качестве топлива на природный изотоп  $^{238}\text{U}$ . Также не менее приоритетной задачей является обеспечение безопасности данных реакторов, учитывая печальный опыт аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима». Для исследования последствий аварийных ситуаций в случае их возникновения, необходимо проведение экспериментальных исследований, смоделированных наиболее точнее к реальной обстановке.

Исследовательский реактор ИГР [1] один из старейших в мире исследовательских реакторов, является уникальным источником нейтронного и гамма-излучения, отличающимися высокой динамикой изменения мощности. Данные нейтронно-физические характеристики позволяют проводить представительные исследования различных процессов и технологий, применяемых в строительстве реакторов и материаловедении.

В ходе подготовки эксперимента необходимо проводить предварительные расчетные работы, с точки зрения экономии ресурсов. Математические модели, описывающие физические процессы с высокой степенью точности, являются очень ценным инструментом, позволяющим избегать большого количества ненужных испытаний. В данной работе описывается метод расчета мощности реактора в каждый момент времени и моделирования работы реактора ИГР, что позволяет исследователям находить нужные режимы работы для своих целей.

### Уравнение точечной кинетики реактора

Одной из простых моделей, описывающей процессы роста и снижения мощности ядерных реакторов, является точечная модель кинетики [2]. При этом решение задачи определения мощности реактора ИГР в зависимости от введенной реактивности сводится к решению уравнения в однокорпусовом приближении с шестью группами запаздывающих нейтронов с учетом изменения реактивности за счет роста температуры активной зоны и движения органов СУЗ.

Для моделирования кинетики ИГР решается система уравнений точечной кинетики с шестью группами запаздывающих нейтронов, которая выводится из уравнения диффузии:

$$\begin{cases} \frac{dn(t)}{dt} = \frac{\rho(t) - 1}{l} \cdot n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i \cdot c_i(t) + s \\ \frac{dc_i(t)}{dt} = \frac{\beta_i}{l} \cdot n(t) - \lambda_i \cdot c_i(t) \end{cases} \quad (1)$$

где  $n$  – плотность нейтронов реактора;

$c_i$  – плотность ядер-предшественников;

$t$  – время;  $\rho(t)$  – реактивность;

$l$  – время жизни нейтронов;

$\lambda_i$  – постоянная распада ядер-предшественников.

$\beta_i$  – доля запаздывающих нейтронов;  $s$  – эффективная мощность источника.

Кинетика реактора зависит от свойств групп запаздывающих нейтронов делящегося вещества. В случае деления  $U^{235}$  имеются шесть групп запаздывающих нейтронов, характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства запаздывающих нейтронов

Номер группы $i$	Постоянная распада $\lambda_i$ , $c^{-1}$	Среднее время жизни $l_i$ , с	Доля $\beta_i$ от общего числа запаздывающих нейтронов
1	0,0124	80,2	0,033
2	0,0305	31,3	0,219
3	0,111	6,51	0,196
4	0,301	2,19	0,395
5	1,12	0,62	0,115
6	3,01	0,07	0,042

Поток тепловых нейтронов пропорционален плотности нейтронов и обратно пропорционален времени жизни нейтронов:

$$\varphi(t) = \frac{n(t)}{l\sigma_a N_a} = \frac{n(t)}{lE_a} \quad (2)$$

Мощность реактора пропорциональна потоку тепловых нейтронов, и выражается следующим образом:

$$W_{\text{мн}}(t) = C_u \cdot \sigma_f \cdot E_f \cdot V_{a3} \cdot \varphi(t) \quad (3)$$

где  $C_u$  – концентрация ядер урана в этом объеме ( $1/\text{см}^3$ );

$\sigma_f$  – макроскопическое сечение деления ( $\text{см}^2$ );

$E_f$  – энергия, приходящаяся на одно деление (180 МэВ, соответствующая мгновенным источникам энерговыделения);

$V_{аз}$  – объем активной зоны реактора;

$\varphi(t)$  – поток тепловых нейтронов.

### Модель точечной кинетики с учетом запаздывающего энерговыделения

В работе [3] представлена модель точечной кинетики реактора ИГР с учетом запаздывающего энерговыделения, которая является системой обыкновенных линейных дифференциальных уравнений 1 порядка. Данная система уравнений представлена ниже:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dn(t)}{dt} = \frac{\rho(t) - 1}{l} \cdot n(t) + \sum_{i=1}^6 \lambda_i \cdot c_i(t) + s \\ \frac{dc_i(t)}{dt} = \frac{\beta_i}{l} \cdot n(t) - \lambda_i \cdot c_i(t) \\ W_{\text{МГН}} = C_u \cdot \sigma_f \cdot E_f \cdot V_{\text{аз}} \cdot \varphi(t) \\ \frac{dC_{\gamma j}(t)}{dt} = YB \cdot W_{\text{МГН}} \cdot \beta_{\gamma j} - \lambda_{\gamma j} C_{\gamma j} \\ W_{\text{общ}} = W_{\text{МГН}} + W_{\text{зап}} \\ W_{\text{зап}} = \sum_j \lambda_{\gamma j} C_{\gamma j} \end{array} \right. \quad (4)$$

Где  $YB$  – доля запаздывающего энерговыделения в общей доле энерговыделения реактора;

$\lambda_{\gamma j}$  – константы распада  $j$  – группы;

где  $n$  – плотность нейтронов реактора;

$c_i$  – плотность ядер-предшественников;

$t$  – время;  $\rho(t)$  – реактивность;

$l$  – время жизни нейтронов;

$\lambda_i$  – постоянная распада ядер-предшественников;

$\beta_i$  – доля запаздывающих нейтронов;  $s$  – эффективная мощность источника.

### Алгоритм решения модели точечной кинетики с учетом запаздывающего энерговыделения

Для моделирования диаграммы и соответственно значений мощности в каждый момент времени эксперимента, необходимы вычисления вспомогательных компонентов, таких как изменение эффектов реактивности и температура кладки реактора.

Ввод реактивности с помощью регулирующих стержней моделируется с учетом реального закона движения стержней и с учетом расчетного значения температурного эффекта реактивности[4]:

$$d\rho = \rho(t + dt) - \rho(t) = d\rho_{rod} + d\rho_{temp}, \quad (5)$$

Изменение реактивности за отрезок времени  $dt$ :

$$d\rho_{rod} = \frac{d\rho}{dz} \cdot \frac{dz}{dt} \cdot dt, \quad (6)$$

где  $\frac{d\rho}{dz}$  – дифференциальная характеристика эффективности регулирующего стержня в зависимости от положения его нижнего конца в активной зоне;  
 $\frac{dz}{dt}$  – скорость движения регулирующего стержня.

Изменение реактивности при изменении температуры:

$$d\rho_{temp} = \alpha(T, z) \cdot \frac{dT}{dt} dt, \quad (7)$$

где  $\alpha(T, z)$  – температурный коэффициент реактивности, имеет сложную зависимость от температуры активной зоны и взаимного положения стержней регулирования;

$\frac{dT}{dt} = \frac{W(t)}{C_{pGr}(T) \cdot m}$  – скорость роста температуры, зависит от мощности реактора в

данный момент времени;

$m$  – масса графита пропитанного ураном;

$C_{pGr}(T)$  – теплоемкость графита при температуре  $T$ .

Мощность реактора пропорциональна потоку тепловых нейтронов:

$$d\rho = \frac{d\rho_{rod}}{dz} \cdot \frac{dz_{rod}}{dt} \cdot dt + \alpha(T, z) \cdot \frac{W(t)}{C_{pGr}(T) \cdot m} dt, \quad (8)$$

Для определения значений теплоемкости и коэффициента реактивности в момент времени  $t$  необходимо знать температуру активной зоны, которую можно определить из уравнения:

$$\int_0^t W(t) dt = m \int_{T_0}^T C_{pGr}(T) dT. \quad (9)$$

Интегральная мощность может быть рассчитана при решении уравнения кинетики:

$$\int_0^t W(t) dt = \sum_{i=0}^{t/\Delta t} W(t_i) \cdot \Delta t, \quad (10)$$

Значение интеграла в правой части уравнения численно равно энтальпии графита в зависимости от температуры. Если принять энтальпию при начальной температуре, равной нулю, тогда:

$$\int_{T_0}^T C_{pGr}(T) dT = H(T), \quad (11)$$

$$H(T) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^{t/\Delta t} W(t_i) \cdot \Delta t. \quad (12)$$

Таким образом, решение задачи по определению мощности реактора ИГР в зависимости от введенной реактивности сводится к решению системы уравнений (4) с учетом, изменения реактивности за счет роста температуры активной зоны и движения регулирующих стержней (5).

### Выводы

В данной работе показан математический алгоритм решения системы уравнений точечной кинетики с учетом запаздывающего энерговыделения, используя температурный коэффициент реактивности и коэффициенты интерференции органов регулирования реакторов. Данный алгоритм применим для компьютерного моделирования в расчетных пакетах, что повышает качество подготовки и точность получаемых данных в результате экспериментов, проводимых в реакторе ИГР.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курчатов И.В., Фейнберг С.М., Доллежалъ Н.А. и др. Импульсный графитовый реактор ИГР. // Атомная энергия, 1964, т. 17, вып. 6, с. 463-474
2. Дементьев Б.А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986 г. – 20 с.
3. Моделирование точечной кинетики реактора ИГР с учетом временного распределения выделенной энергии деления / Жанболатов О.М., Иркимбеков Р.А // Вестник НЯЦ РК – 2019 — №3(69) — С. 59-61
4. Крамеров А. Я., Шевелев Я. В. Инженерные расчёты ядерных реакторов. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 38 с.



УДК 621.311

Калиева А.Е. (18-МТЭ-2П), Миргородский С.И. (ВКГТУ)

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

### Аннотация

Титан расширяет сферы применения. Первый и основной потребитель титана – это авиация. Однако сегодня отмечается положительная тенденция по расширению применения сплавов на основе титана в гражданских отраслях промышленности, таких как атомная и тепловая энергетика, шельфовая нефтедобыча и др. Сегодня предъявляются более жесткие требования к безопасности гражданских объектов.

В последние годы наблюдается существенный рост потребности в энергетических ресурсах, что создает необходимость повышения энергоэффективности действующих теплоэнергетических оборудовании. Наиболее высокого уровня энергоэффективности теплообменного оборудования для объектов энергетики, а также для предприятий химической и нефтехимической отрасли можно достигнуть только за счёт комплексного подхода к решению конструктивных, технологических, технико-экономических и экологических проблем.

*Ключевые слова:* титан, энергоэффективность, теплоэнергетика.

Теплообменники в нефтяной промышленности служат для уменьшения вязкости продукта. Нагрев происходит в кожухотрубных теплообменниках (рис.1.). Аппараты считают простыми в изготовлении и надежными. За счет трубок, поверхность теплообмена развита. В нефтяной промышленности в основном используют многоходовой теплообменник жестко закреплёнными трубными решетками.

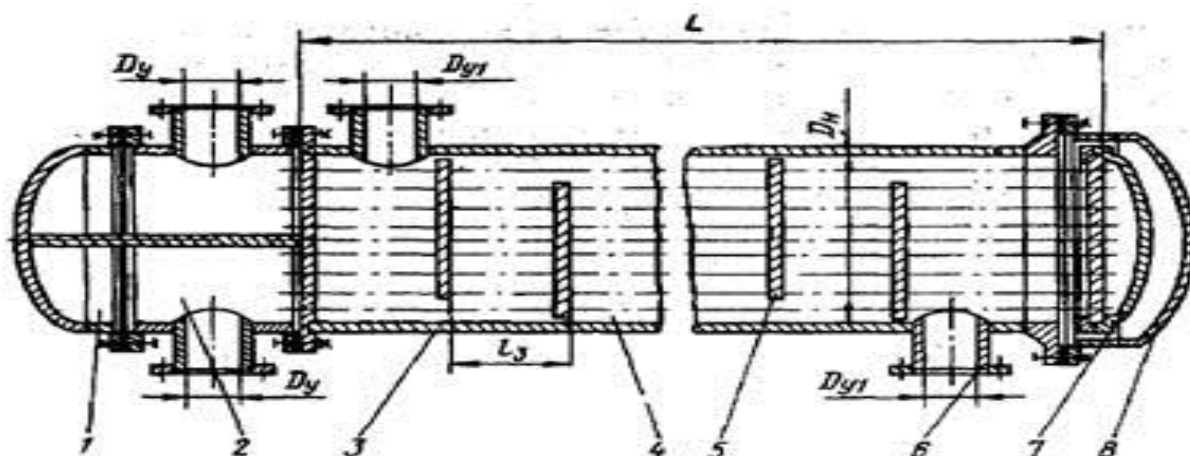


Рис. 1. Кожухотрубчатый теплообменник с плавающей головкой:  
 1-крышка распределительной камеры; 2 - распределительная камера;  
 3 - кожух; 4-теплообменные трубы; 5 - перегородка с сегментным вырезом;  
 6 - штуцер; 7 - крышка плавающей головки. 8 - крышка кожуха

Технические характеристики теплообменного оборудования включают в себя:

- среда;
- температура;
- давление;
- срок службы;
- диаметр патрубков;

Материал, из которого сделан теплообменник, является тем посредником, который передаёт тепловую энергию от продуктов сгорания теплоносителю. В процессе эксплуатации оборудования он в течение многих месяцев всего периода должен без снижения прочностных характеристик выдерживать высокие температуры (до 400–600 °С). Также материал теплообменника контактирует с двумя средами – имеющими различные температуры. Поэтому к материалу предъявляются весьма жёсткие требования, которым отвечает узкий перечень металлов и сплавов [2].

Для изготовления теплообменного оборудования, как правило, используют углеродистые и низколегированные стали, нержавейку, латунь, медь, чугун или титан. Поскольку основной рабочей частью теплообменников является трубный пучок и теплообменный процесс происходит именно за счет него, то необходимо быть уверенным в качестве этой системы.

Выбор материала зависит от многих факторов, одним из основных показателей пригодности материала для изготовления теплообменников являются механические свойства, такие как:

- пластичность,
- скорость изнашивания,
- удобство при монтаже и сварке,
- отсутствие внутренних дефектов и однородность,
- стойкость к резким перепадам давления и температур,
- устойчивость структуры в процессе механических нагрузок,
- стойкость к коррозии в условиях высоких температур и агрессивных сред,
- прочность материала в условиях высокого давления и температурного режима [3].

Материал трубок, которые используются в теплообменных аппаратах, напрямую влияет не только на эксплуатационный период, но и цену готового изделия. Более того, он определяет эффективность протекающих процессов и конструктивные особенности оборудования. Наиболее востребованными материалами являются латунь, сталь и титан. Среди специалистов возникает немало споров о том, какой вариант лучше.

Чтобы выполнить расчет теплообменного аппарата, необходимо представить следующие данные:

- входная и выходная температура на обоих контурах. Чем больше разница между ними, тем меньше габариты и цена подходящего теплообменника;
  - максимальный уровень давления и температуры рабочей среды.
- Чем ниже параметры, тем дешевле агрегат;

- показатель массового расхода теплоносителя в обоих контурах. Определяет пропускную способность агрегатов. Чаще указывается расход воды. Если перемножить цифры пропускной способности и плотности, получится суммарный массовый расход;

- тепловая мощность (нагрузка). Определяет количество тепла, которое отдает агрегат. Расчет тепловой нагрузки теплообменника выполняется по формуле  $P = m \cdot c_p \cdot \delta_t$ , где  $m$  означает расход среды,  $c_p$  — удельную теплоемкость, а  $\delta_t$  — разницу температур на входе и выходе контурах [4].

Среди доступных в машиностроении материалов, для применения в конструкциях коррозионностойкой теплообменной аппаратуры одним из самых лучших является титан – легкий (атомная масса 47,87 аем) прочный металл, который характеризуется:

1. Высокой химической пассивностью, определяющую их превосходную коррозионную стойкость. Титан, даже работая в условиях высоких температур, до 600-800°C, практически не реагирует с кислородом, водой и водяным паром, солями, хлором.

2. Достаточно высокой температурной стойкостью.

3. Относительно конструкционной легкостью: титан примерно в два раза легче железа (в виде чугуна или стали).

4. Хорошей конструкционной прочностью (твердостью и упругостью), которая, по крайней мере, не ниже соответствующих марок стали, и позволяет применять титановые заготовки в прокатно-штамповом производстве, для изготовления титановых теплообменных трубок.

Сочетая коррозионную стойкость, механическую прочность и температурную стойкость, титан (среди конструктивных металлов) является одним из лучших конструкционных материалов, по комплексу своих характеристик существенно превосходя: алюминий и его сплавы, медь и ее сплавы (прежде всего Латунь), и даже высоколегированные (нержавеющие) стали. [1].

Благодаря стойкости к питтингу и коррозионно-эрозионным разрушениям, титановые трубы успешно применяют в теплообменниках, охлаждаемых морской водой.

Титан, тантал и цирконий широко применяются в производстве теплообменников. Титан применяется в испарителях азотной кислоты, конденсаторах морской воды, охладителях влажных газов в производстве хлора. Титановые трубы были использованы в нагревателях высокого давления для воды особой чистоты. Трубы из нержавеющей стали при этом выходили из строя из-за выщелачивания водой [5].

Уроки, извлеченные из дорогостоящих ошибок, связанных с выбором менее стойких материалов для работы в агрессивных средах, не прошли даром. В условиях моря стоимость замены компонента в несколько раз выше, чем на суше. Кроме того, простой морской платформы в связи с авариями приносят огромные убытки, которые несопоставимы с кажущейся экономией при

применении менее дорогостоящих материалов. Выбор титана с самого начала в сочетании с рациональным проектированием, изготовлением, монтажом и эксплуатацией служит предпосылкой для безопасной и надежной работы оборудования на весь плановый период эксплуатации.

Если сравнивать характеристик титановых теплообменных аппаратов, то можно подчеркивать массу плюсов по сравнению с другими конструктивными металлами и их сплавами. Установка титанового теплообменника не требует специального фундамента, не чувствителен к вибрации, ресурс работы до капитального ремонта составляет 30 лет, отсутствие протечек после механической чистки и сборки, может работать на высоких температурах (свыше 200 °С) и давлениях.

Как мы видим, титан как конструкционный материал для теплообменников имеет множество неоспоримых преимуществ. В таком оборудовании заинтересованы частные и корпоративные потребители, для которых надёжность, низкие эксплуатационные затраты и долгий срок службы котла имеют первостепенное значение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Источник: <https://termoprom.com.ua/uk/heat-exchangers-petroleum-industry>
2. Матюнин В.М. Металловедение, ресурс и диагностика металла в теплоэнергетике – Издательский дом МЭИ, 2017. - 342 с.
3. Н.О.Джаманкулова Конструкционные материалы теплоэнергетики. – Алматы: АУЭС, 2011. -60 с.
4. Е.В. Кравченко, С.В. Климович Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент– г.Минск 2007г.
5. Скобло А.И. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии / А.И. Скобло, Ю.К. Молоканов,

УДК 531.788

Кенесов А.Ж. (17-ТФК-1), Нуркенова Б.Д. (ШҚМТУ аға оқытушысы)

## V-ШІ ТОПТАҒЫ МЕТАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТІНЕ ГАЗДАРДЫҢ ӘСЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ КҮШ ӨРІСІНДЕГІ ӘРЕКЕТТЕРІ

Қатты денелер мен балқытпалардағы сутегі, оттегі, азот және көміртектің жай-күйін анықтау және зерттеу әдістері пайда болуына байланысты осы элементтердің практикалық мақсаттар үшін пайдаланылатын металл қасиеттерінің және органикалық емес материалдар кешеніне елеулі әсер етуіне байланысты жетілдірілді.

Мысалы, металға кейбір элементтерді енгізу оның ыстыққа төзімділігінің жоғарылауына, сырғу кедергісіне және беріктікке күрделі әсер етеді. Торап-аралық атомдардың орналасуы дислокациялардың қозғалуына кедергі жасайды және одан әрі қатаюға әкеп соғады. Қорытпалардың механикалық қасиеттері және олардың әртүрлі температурадағы жүріс-тұрысын, кейбір элементтердің дислокациялармен өзара іс-қимылының заңдылықтарын пайдалану және қоспаларды қайта бөлу арқылы сыртқы жағдайларға байланысты реттеу мүмкіндігі бар деп болжайды. Ұсақ дисперсті қосылыстарды енгізу барысында элементтерде түзілетін фазалар кезінде қорытпаларды дисперстік беріктендіру дислокация қозғалысын және сырғуды қиындатады.

Көптеген мысалдарда қарастырылғандай, кейбір газ қоспаларының белгілі бір түрлері металдардың қасиеттеріне зиянды әсер етеді. Мысалы, сутегі, оттегі, азот және көміртегі қоспалары баяу балқитын металдардың пластикалық күйден сынғыш жағдайға көшуін тудырады. Баяу балқитын металдардың сынғыштығын арттырудың әртүрлі механизмдері белгілі. Олардың бірі қоспалар арқылы дислокация қозғалысын тежейді және жарықтардың таралу кедергісін төмендетеді. Басқа бір механизм дәндер шекараларының бұзылуымен және артық фазалар түрінде қатты ерітіндіден бөлінген қоспалардың әсерінен жарықтардың пайда болуымен байланысты. Соңғы жылдары сутегі сынғыштығы қарқынды зерттелді. Элементтердің периодтық жүйесінің IV және V топтарының металдары үшін ол жарықтар пайда болатын және дамиды кесіктер рөлінде болатын сынғыш гидридтердің бөлінуімен байланысты болуы мүмкін. Гидридтердің бөлінуінің өзі сутегі атомдарының ұзақ көшуін қамтамасыз ететін деформацияның аз жылдамдығы кезінде және артық фазаны бөлу үшін жеткілікті мөлшерде кернеулер концентрациясы облыстарында жинақталуы орын алуы мүмкін. Жоғары жылдамдық кезінде дислокация қоршап тұрған ортадан ыршып шығарылады. Гидридтердегі дислокацияларды кідірту жарықтың пайда болуына әкеледі. Гидридті фазаны бөлу үшін жеткіліксіз сутегінің құрамында немесе гидрид құрмайтын металдарда, қоспалы атомдардың атмосферасы дислокацияларды толық бұғаттай алады, бұл деформация жылдамдығы төмендеген кезде өспелі сынғыштықтың ұлғаюына әкеледі.

Осылайша, қоспалардың қасиетіне әсерін анықтау үшін күш өрісіндегі металдың таралуын, бастапқы жай-күйін, сондай-ақ диффузия параметрлерін, ақаумен байланыс энергиясын, тепе-теңдік ерігіштігін білу қажет.

Алайда, бұл мәліметтер қоспаның құрамы мен металдың қасиеті арасында корреляция орнату үшін жеткіліксіз болуы мүмкін.

Көптеген жағдайларда газ қоспасын табудың белгілі бір түрінің құрамы мен металдардың физикалық қасиеттері арасындағы корреляция кристалдардың қасиеттері мен қозғалысына, фазалардың, электрондық газдың бөліну шекараларына ақаулар мен қоспалардың кешенді әсерімен күрделенген. Мысалы, электрондардың шашырауы кристалды тордың жылу тербелістерімен қатар бос жұмыс орындарымен, тораптараралық атомдармен, дислокациялармен және енгізу атомдарымен байланысты екені белгілі. Сондықтан "электр тазалығы" деп аталатын — бөлме температурасында және сұйық гелий температурасында электр қарама-қайшылығының қатынасы-жеке элементтің шоғырлануын емес, барлық ақаулар мен қоспалардың жиынтық әсерін сипаттайды.

Техникалық металдардағы ақаулар мен қоспалардың күрделі спектрі газ тәріздес элементтердің құрамына қасиеттің аса күрделі тәуелділігіне әкеледі.

Бір немесе бірнеше элементтар арасында корреляция орнату қатты денелердің өздігінен ақау беруін немесе жарықтың пайда болуын алдын алады. Сол себепті газдардың құрылыс металдарына әсері өте көп және көптеген ақаулардың болуын мүлдем шектейді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Данилкин В.А. Методы исследования и определения газов в металлах и неорганических материалах Текст. / В.А.Данилкин, В.С. Талаев : Наука, 1979 .
2. Балакин Ю.А. Влияние внешних воздействий на основные параметры кристаллизации металлов Текст. / Ю.А. Балкин // Металлы. 2002.
3. «Металлургия». В 2-х кн. / Ю.А. Котляр, М.А. Меретуков, Л.С. Стрижко. М. : Руда и металлы, 2002.

УДК 621.31

Кимосов Р.Н., Плотников С.В., Мякинин А.А. (ВКГТУ им. Д.Серикбаева),

## ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ОСОБЕННОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ИМПЛАНТИРУЕМОЙ МЕДИЦИНСКИМ СПЛАВОМ $Ti_{21}Nb_6Ta$

### Абстракт

В данной статье рассматривается влияние различных сплавов на гистоморфологические показатели организма крыс лабораторных, особенности регенерации костной ткани животных, имплантируемых традиционными материалами и новейшим медицинским сплавом  $Ti_{21}Nb_6Ta$ , результаты морфометрии костной ткани, а также результаты микроскопического исследования.

**Ключевые слова:** регенерация костной ткани, морфометрия, гистоморфологические показатели, биосовместимый сплав.

### Введение

Исследования были проведены в рамках программы «Целевая научно-техническая программа Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д.Серикбаева ориентированная на разработку новых видов продукции для производства на ведущих промышленных предприятиях Восточно-Казахстанской области на 2017-2019 годы» совместно с ТОО «Институт экспериментальной биологии им. Ф.М. Мухамедгалиева», на основании Закона Республики Казахстан от 18.02.2011 года №407-IV «О науке» пп.2 ст. 2. Постановлением Правительства Республики Казахстан «О программно-целевом финансировании вне конкурсных процедур на 2017-2019 годы» № 609 от 29 сентября 2017 года и итогов закупок способом «Запроса ценовых предложений» №37 от 09.11.2018г.

Материалом для исследования служил как экспериментальный сплав  $Ti_{21}Nb_6Ta$ , так и контрольные образцы (хирургическая сталь, нержавеющая сталь).

Для проведения внедрения сплава  $Ti_{21}Nb_6Ta$  в ткани (костная) лабораторным животным (опытным) было изготовлено 54  $Ti_{21}Nb_6Ta$  образца (рис. 1), каждый образец имел размер  $2 \times 1$  мм.

Для проведения внедрения хирургической стали в ткани (костная) лабораторным животным (контрольная группа) было изготовлено 18 образцов, каждый образец имел размер  $2 \times 1$  мм.

Для проведения внедрения нержавеющей стали в ткани (костная) лабораторным животным (контрольная группа №2) было изготовлено 18 образцов, каждый образец имел размер  $2 \times 1$  мм.

Данный размер имплантируемых сплавов был необходим в соответствии с анатомическим строением бедренной кости лабораторных животных (крыс).

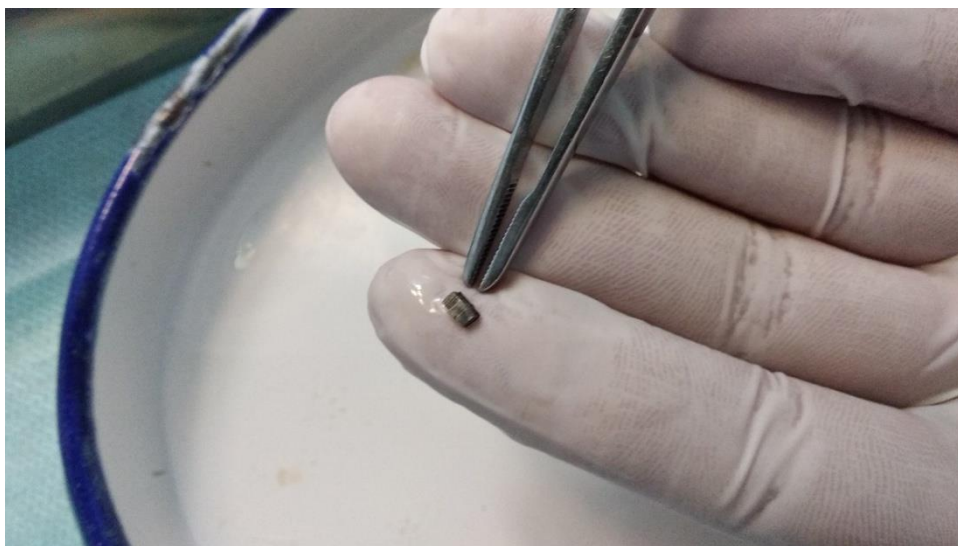


Рисунок 1. Фото образца  $Ti_{21}Nb_6Ta$  сплава

С целью изучения в эксперименте особенностей регенерации тканей вокруг сплава  $Ti_{21}Nb_6Ta$ , а также местной реакции тканей в ходе эксперимента было использовано 90 белых крыс (нелинейных) 3-4 месячного возраста.

Лабораторные животные – крысы были разделены на 3 группы:

I группа лабораторных животных (контрольная): произведена имплантация хирургической стали в костную ткань.

II группа лабораторных животных (контрольная №2): произведена имплантация нержавеющей стали в костную ткань.

III группа (опытная) лабораторных: произведена имплантация сплава  $Ti_{21}Nb_6Ta$  в костную ткань.

Все исследования на животных проводились в помещениях, разрешенных для этих целей [1,2]. Лабораторные животные получали типовой рацион Вивария в соответствии с нормами и со стандартным рационом питания и ухода с учетом «Правил проведения доклинических исследований, медико-биологических экспериментов и клинических испытаний в РК» (от 25 июля 2007 года № 442).

Все лабораторные животные, участвующие в доклинических исследованиях, содержались в стандартных условиях, соответствующих нормам, указанным в руководстве «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (LAR publication, National Academy Press, 1996).

### **Имплантация образцов сплава $Ti_{21}Nb_6Ta$ , хирургической стали и нержавеющей стали экспериментальным животным.**

До выполнения операции имплантации проводили премедикацию лабораторных животных димедролом 1% 0,1 мг/кг; атропином 0,1% 1 мг/кг.

На фоне временного ингаляционного наркоза (эфир), с предварительно тщательно выбритым операционным полем (Передне - боковая поверхность бедра), произведено введение общей анестезией (*Калипсол* 10 мг/кг; *Листенон*



1,0 мг/кг; Пропофол 1% 1,5-2,5 мг/кг, в хвостовую вену, доза и время введения веществ фиксировались в журнале эксперимента), а также фиксирование лабораторных животных на станке в положении на боку (рис.2, 3).

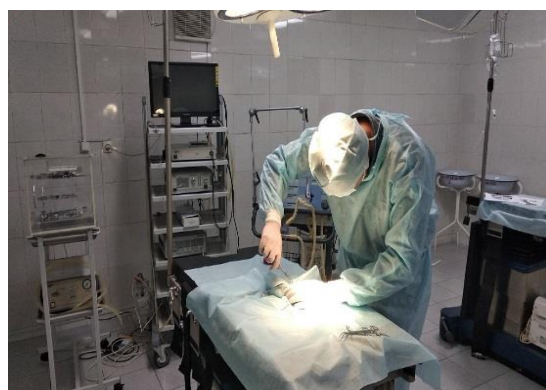


Рисунок 2, 3. Проведение общей анестезии и подготовка лабораторных животных

Операционной поле обрабатывалось антисептическим раствором. Далее производили разрез кожи и подкожно-жировой клетчатки длиной 20-25 мм в боковой проекции бедра. Края раны фиксировали цапками, гемостаз производили по ходу раны путем применения коагуляции, продольно рассекали мышечный слой и надкостницу (рис.4, 5).

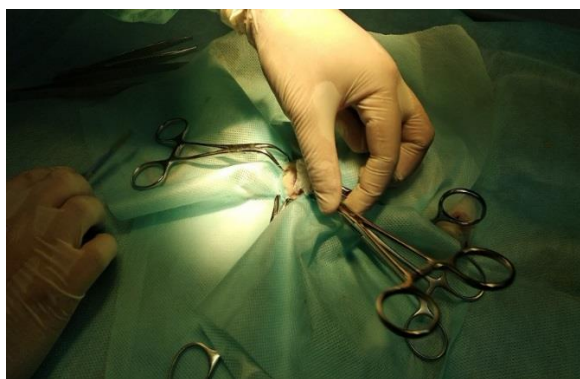


Рисунок 4, 5. Фиксация краев раны. Формирование операционной раны

При помощи портативной стоматологической бормашины 105 (РИП) с цифровой индикацией на низкой скорости сверления с дополнительным охлаждением путем применения физиологического раствора NaCl 0,9% производили сверление костной ткани фрезой (Рис 6). Формирование ложа в губчатом веществе бедренной кости формировали вручную по размер имплантируемых образцов. Что в последующим обеспечивало плотное введение в костную ткань имплантируемых образцов  $Ti_{21}Nb_6Ta$  сплава, хирургической и нержавеющей стали.



Рисунок 6. Сверление костной ткани с дополнительным охлаждением путем применения физиологического раствора NaCl 0,9%

Далее операционная рана послойно ушивалась непрерывными швами с использованием Викрил 6/0.

В соответствии с установленными стандартами GLP, во время послеоперационного периода животные были обеспечены надлежащим уходом, включая обработку операционной раны.

Первая группа лабораторных животных (контрольная) выводилась из эксперимента путем рандомизированного отбора по 2 гол. из каждой серии через 7,21,42 суток после имплантации хирургической стали.

Вторая группа лабораторных животных (контрольная №2) выводилась из эксперимента путем рандомизированного отбора по 2 гол. из каждой серии через 7,21,42 суток после имплантации нержавеющей стали.

Третья группа лабораторных животных (опытная) выводилась из эксперимента путем рандомизированного отбора по 6 голов из каждой серии через 7,21,42 суток после имплантации образцов  $Ti_{21}Nb_6Ta$  сплава, что соответствует международному стандарту SO/DIS 10993-9 « Biological evaluation of medical devices -- Part 9: Framework for identification and quantification of potential degradation products» «Биологический контроль материалов и изделий медицинского назначения», в котором определена длительность имплантационного теста от 3х до 90 дней (Draft International Standard).

Способ забора гистологическое материала, полученного при хирургических вмешательствах проведен согласно методу Коржевского. [3]

Утилизации животного биологического материала произведена согласно порядку утилизации, уничтожения биологических отходов. [4]

Объектом морфологических исследований являлись фрагменты костной ткани у 72 лабораторных животных (крысы) в проекции имплантата (Рис. 7).



Рисунок 7. Фото проекции имплантата в костной ткани

В процессе исследований гистологические срезы депарафинировали по стандартным схемам. Для окрашивания препаратов применяли растворы гематоксилин и эозин, по Перлсу, по ван Гизону для выявления особенностей морфологических структурных изменений в тканях на фоне внедренного сплава  $Ti_{21}Nb_6Ta$ .

Для гистологического исследования костной ткани у лабораторных животных (крысы), проводили забор материала из области контакта с имплантируемым материалом. Подготовку микропрепаратов проводили по общепринятой методике с предварительной фиксацией костного материала в 10% нейтральном формалине (48 час.). После фиксации производили декальцинацию (2 недели для костной ткани). Компоненты образца сплава были извлечены с максимальным сохранением структуры прилежащих к нему тканей.

Качество микропрепаратов оценивали по предложенным Коржевским Д.Э., Гилеровичем Е.Г., Кириком О.В. (2013) критериальным признакам: отсутствие нарушения клеточных элементов, отсутствие нарушения декальцинации и окрашивания срезов. При этом, все исследованные микропрепараты отвечали предъявляемым требованиям.

На полученных микрофотографиях проводили измерения следующих параметров:

1. Относительная площадь костной ткани, %;
2. Относительная площадь хрящевой ткани, %;
3. Относительная площадь соединительной ткани, %;
4. Средняя толщина соединительной ткани, мкм;
5. Средняя площадь кровеносных сосудов, мкм<sup>2</sup>.

Все результаты микроскопического исследования были занесены в специально разработанный протокол исследования.

Полученные данные подвергались статистической обработке с использованием статистических пакетов Statistica v.7, StatPlus 2007 v.4.3. Для проверки нормальности распределения в данной работе был использован критерий Шапиро-Уилкса.

Для каждого параметра рассчитывали минимальное (Min) и максимальное (Max) значения, среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m), среднее квадратическое отклонение (S).

Достоверность различий между группами определяли с помощью параметрического критерия Фишера (одно факторный дисперсионный анализ). Различия считали достоверными при 95%-м пороге вероятности ( $p < 0,05$ ).

Для визуализации и фотосъемки полученных препаратов использовали микроскоп микроскопа Leica DM1000 в программе Photo при помощи фотокамеры для микроскопа.

### Особенности регенерации костной ткани контрольная группа №1 (хирургическая сталь)

Таблица 3. Результаты морфометрии контрольная группа №1 (хирургическая сталь).

Сроки выведения	Bone*	Cartilage*	Con. Tissue*	Medium con. Tissue*	Medium blood vessels*
7 суток	61,1±1,7	-	31,4±	33,3±	1093
21	30,2±0,9	0,7±	62,7±	47,1±	1187
42	28,7±1,4	30,1	37,8±	30,8±	1165

\* Bone - Относительная площадь костной ткани, %

\* Cartilage - Относительная площадь хрящевой ткани, %

\* Connective tissue - Относительная площадь соединительной ткани, %

\* Medium connective tissue - Средняя толщина соединительной ткани, мкм

\* Medium blood vessels – Средняя площадь кровеносных сосудов, мкм<sup>2</sup>

Морфометрия контрольная группа №1 (хирургическая сталь) показала значительное снижение (относительной площади костной ткани, %) с 61,1±1,7% (7 сутки) до 28,7±1,4% (42 сутки).

Относительная площадь хрящевой ткани не обнаружена на 7 сутки, однако к 21 суткам занимает 0,7±0,3% и к 42 суткам она 30,1±0,7%.

Относительная площадь соединительной ткани на 7 сутки была 31,4±0,9%, на 21 сутки 62,7±1,7%, на 42 сутки равнялась 37,8±1,9%

Средняя толщина соединительнотканной прослойки на 7 сутки 33,3±3,3 мкм, на 21 сутки 47,1±4,1 мкм на 42 сутки равнялась 30,8±1,7 мкм.

Средняя площадь кровеносных сосудов на 7 сутки 10934±209 мкм<sup>2</sup>, на 21 сутки 11876±403 мкм<sup>2</sup> на 42 сутки равнялась 11654±245 мкм<sup>2</sup>.

Таким образом *регенерация костной ткани* в контрольной группе №1 (хирургическая сталь) имеет положительную динамику.

## Особенности регенерации костной ткани контрольная группа №2 (нержавеющая сталь)

В ходе проведенного гистологического исследования были получены следующие данные морфометрии.

Таблица 4. Результаты морфометрии контрольная группа №1 (нержавеющая сталь).

Сроки выведения	Bone*	Cartilage*	Con. Tissue*	Medium con. Tissue*	Medium blood vessels*
7 суток	57,6±	-	28,2±1,	29,8±	8870±
21	27,8±	0,4±	60,1±0,	43,2±	9454±
42	26,4±	27,3	33,5±1,	28,7±	9010±

\* Bone - Относительная площадь костной ткани, %

\* Cartilage - Относительная площадь хрящевой ткани, %

\* Connective tissue - Относительная площадь соединительной ткани, %

\* Medium connective tissue - Средняя толщина соединительной ткани, мкм

\* Medium blood vessels – Средняя площадь кровеносных сосудов, мкм<sup>2</sup>

Морфометрия контрольной группы №2 (нержавеющая сталь) показала значительное снижение (относительной площади костной ткани, %) с 57,6±0,7% (7 сутки) до 26,4±1,2% (42 сутки).

Относительная площадь хрящевой ткани не обнаружена на 7 сутки, однако к 21 суткам занимает 0,4±0,1% и к 42 суткам она 33,5±1,1%.

Относительная площадь соединительной ткани на 7 сутки была 28,2±1,4%, на 21 сутки 60,1±0,8 на 42 сутки равнялась 37,8±1,9%

Средняя толщина соединительнотканной прослойки на 7 сутки 29,8±1,9 мкм, на 21 сутки 43,2±3,5 мкм на 42 сутки равнялась 28,7±0,8 мкм.

Средняя площадь кровеносных сосудов на 7 сутки 8870±150 мкм<sup>2</sup>, на 21 сутки 9454±115 мкм<sup>2</sup> на 42 сутки равнялась 9010±132 мкм<sup>2</sup>.

Таким образом, несмотря на то, что процессы регенерации происходят во второй группе (нержавеющая сталь), они отличаются значительными статистически достоверными сниженными темпами.

## Особенности регенерации костной ткани костной ткани опытная группа №3 (Ti21Nb6Ta)

В ходе проведенного гистологического исследования были получены следующие данные морфометрии.

Таблица 4. Результаты морфометрии при использовании титанового сплава Ti21Nb6Ta.

Сроки выведения	Bone*	Cartilage*	Con. Tissue*	Medium con. Tissue*	Medium blood vessels*
7 суток	71,2±	-	33,3±	32,7±,2	984
21	38,1±	3,7±	69,4±	79,8±4,	109
42	21,7±	43,2	39,2±	41,5±1,	130

\* Bone - Относительная площадь костной ткани, %

\* Cartilage - Относительная площадь хрящевой ткани, %

\* Connective tissue - Относительная площадь соединительной ткани, %

\* Medium connective tissue - Средняя толщина соединительной ткани, мкм

\* Medium blood vessels – Средняя площадь кровеносных сосудов, мкм<sup>2</sup>

Морфометрия опытной группы №3 (титанового сплава Ti21Nb6Ta) показала значительное снижение (относительной площади костной ткани, %) с 71,2±4,1% (7 сутки) до 21,7±1,4% (42 сутки).

Относительная площадь хрящевой ткани не обнаружена на 7 сутки, однако к 21 суткам занимает 3,7±0,3% и к 42 суткам она 43,2±3,8%.

Относительная площадь соединительной ткани на 7 сутки была 33,3±1,9%, на 21 сутки 69,4±4,2 на 42 сутки равнялась 39,2±0,7%

Средняя толщина соединительнотканной прослойки на 7 сутки 32,7±,2 мкм, на 21 сутки 79,8±4,1 мкм на 42 сутки равнялась 41,5±1,7 мкм.

Средняя площадь кровеносных сосудов на 7 сутки 9848±217 мкм<sup>2</sup>, на 21 сутки 10945±100 мкм<sup>2</sup> на 42 сутки равнялась 13009±386 мкм<sup>2</sup>.

### Заключение

В ходе выполнения экспериментального исследования особенностей регенерации тканей вокруг сплава Ti21Nb6Ta на лабораторных животных (крысы) полученные результаты свидетельствуют о эффективности и перспективности применения имплантатов Ti21Nb6Ta в клинической практике.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный стандарт Республики Казахстан Надлежащая Лабораторная Практика. Основные положения СТ РК 1613-2006. Комитет по техническому регулированию и метрологии Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан (Госстандарт) Астана

2. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 12 ноября 2009 года № 697 Об утверждении Правил проведения медико-биологических экспериментов, доклинических (неклинических) и клинических исследований

3. Коржевский Д.Э. Основы гистологической техники. Д.Э. Коржевский, А.В. Гиляров СПб.: СпецЛит 2010.

4. Статья 8 Закона Республики Казахстан от 10 июля 2002 года "О ветеринарии".

УДК 620.4

Клапунин А.Д. (17-ТЭ-1), Галкин С.В. (ВКГТУ)

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Сегодня в структуре мировой энергетики уже нельзя выделить базовый энергоноситель: выросла доля газа и возобновляемых источников энергии, снизились доли угля и нефти, нет роста атомной энергетики. Мировая энергетика всё больше диверсифицируется, что способствует развитию конкуренции между различными видами энергии. На фоне угрозы скорого исчерпания запасов углеводородов, роста стоимости их добычи и транспортировки, отсутствия новых технологических прорывов в традиционной энергетике конкурентоспособность возобновляемых источников энергии стала увеличиваться. Одним из наиболее перспективных вариантов развития альтернативной энергетики является солнечная энергетика [1].

Солнечная электростанция (СЭС) - это инженерное сооружение, преобразующее солнечную радиацию в электрическую энергию. Существуют различные способы преобразования солнечной радиации в электрическую энергию. В данной статье предлагается рассмотреть особенности функционирования термодинамических СЭС.

В отличие от фотоэлектрических СЭС, термодинамические СЭС в процессе преобразования солнечной радиации в электрическую энергию имеют промежуточные стадии. При этом можно выделить следующие основные этапы:

- 1) концентрация солнечного излучения: концентраторы (отражатели) воспринимают солнечное излучение и фокусируют его на теплоприемнике;
- 2) преобразование энергии солнечного излучения в тепловую: теплоприемник поглощает сконцентрированное на нем солнечное излучение, нагревая при этом теплоноситель (жидкости или газа);
- 3) преобразование тепловой энергии в механическую: теплоноситель поступает в тепловой двигатель (турбину или двигатель Стерлинга), где совершает механическую работу;
- 4) преобразование механической энергии в электрическую: вращательное (возможно и возвратно поступательное) перемещение подвижного элемента электрогенератора приводит к выработке электроэнергии.

Рассмотрим более подробно различные виды термодинамических СЭС [2, 3].

Термодинамические СЭС башенного типа (общая схема представлена на рисунке 1). Принцип действия солнечных электростанций башенного типа заключается в получении водяного пара при помощи нагрева специального резервуара с водой с использованием концентрированного солнечного излучения, и дальнейшего получения электроэнергии за счет подачи пара на турбогенератор.

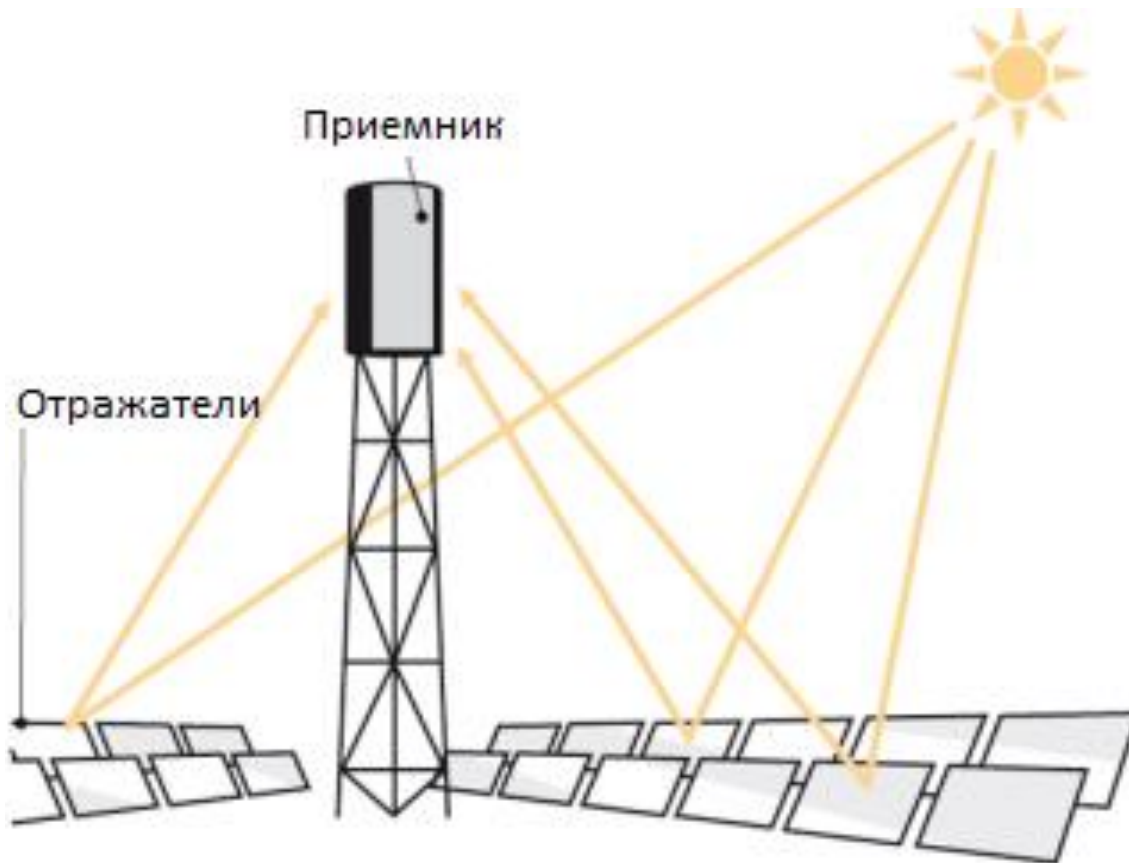


Рисунок 1- Солнечные электростанции башенного типа

В центре станции стоит башня (высотой от несколько метров до сотен метров). На вершине башни находится теплоприемник - резервуар с теплоносителем (вода, растворы солей, синтетические масла). Теплопринимающая поверхность окрашена в черный цвет для эффективного поглощения солнечного излучения. Также в этой башне находится насосная группа, доставляющая теплоноситель в резервуар от турбогенератора. Турбогенератор располагается в соседнем здании. По периферии башни на некотором расстоянии (от десятков и более тысячи метров) располагаются гелиостаты (от десятков до тысяч штук). Гелиостат – это зеркало площадью в несколько квадратных метров, закреплённое на подвижной опоре и подключённое к общей системе позиционирования. Система позиционирования обеспечивает автоматическое изменение гола установки гелиостата течение светового дня в зависимости от положения солнца. Это позволяет достичь высокой концентрации солнечного излучения на теплоприемнике. При этом температура на теплоприемнике может превышать  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Такие температурные параметры используются на большинстве традиционных тепловых электростанций, поэтому для получения энергии используются стандартные турбины. Фактически на станциях такого типа можно получить сравнительно большой КПД (около 20 %) и высокие мощности.

Термодинамические СЭС тарельчатого типа (общая схема представлена на рисунке1). Данный тип СЭС использует принцип получения электроэнергии,



схожий с таковым у башенных СЭС, но есть отличия в конструкции самой станции. Станция состоит из отдельных модулей. Модуль состоит из опоры, на которую крепится ферменная конструкция приемника и отражателя. Приемник расположен примерно в области концентрации отраженного солнечного света. Отражатель состоит из зеркал в форме, напоминающей тарелки (параболоид), радиально расположенных на ферме. Диаметры этих зеркал достигают 2 метров, а количество зеркал — нескольких десятков (в зависимости от мощности модуля). Такие станции могут состоять как из одного модуля (автономные), так и из нескольких десятков (работа параллельно с сетью).

Благодаря модульному проектированию, такие системы представляют собой оптимальный вариант для удовлетворения потребности в электроэнергии как для автономных потребителей (в киловаттном диапазоне), так и для гибридных (в мегаваттном), соединенных с электросетями коммунальных предприятий.

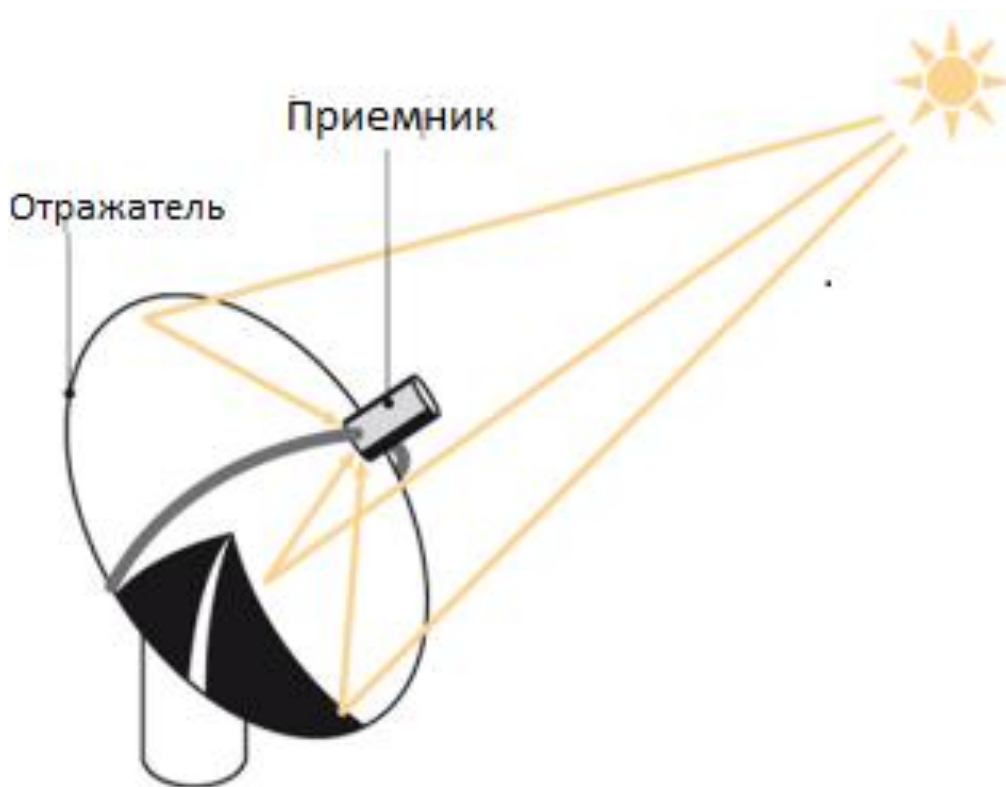


Рисунок 2 - Солнечные электростанции тарельчатого типа

Термодинамические СЭС тарельчатого типа успешно работают с двигателем Стирлинга. Стоит отметить ряд преимуществ двигателя Стирлинга по сравнению с другими способами преобразования солнечной энергии. Главное преимущество заключается в том, что в случае преобразования солнечной энергии двигатель Стирлинга дает больший КПД, чем тепловые машины на пару, и может достигать 31 %. Еще одним важным преимуществом является простота конструкции двигателя, и, как следствие, небывалый для других двигателей ресурс работы. Еще один плюс - бесшумность работы двигателя.

Термодинамические СЭС, использующие параболоцилиндрические концентраторы. В этих установках используются параболические зеркала (лотки), которые концентрируют солнечный свет на приемных трубках, содержащих жидкость-теплоноситель (в соответствии с рисунком 3). Эта жидкость нагревается и прокачивается через ряд теплообменников. При этом вырабатывается перегретый пар, приводящий в движение обычный турбогенератор для производства электричества. Для снижения тепловых потерь приемную трубку может окружать прозрачная стеклянная трубка, помещенная вдоль фокусной линии цилиндра. Как правило, такие установки включают в себя одноосные или двухосные системы слежения за Солнцем.

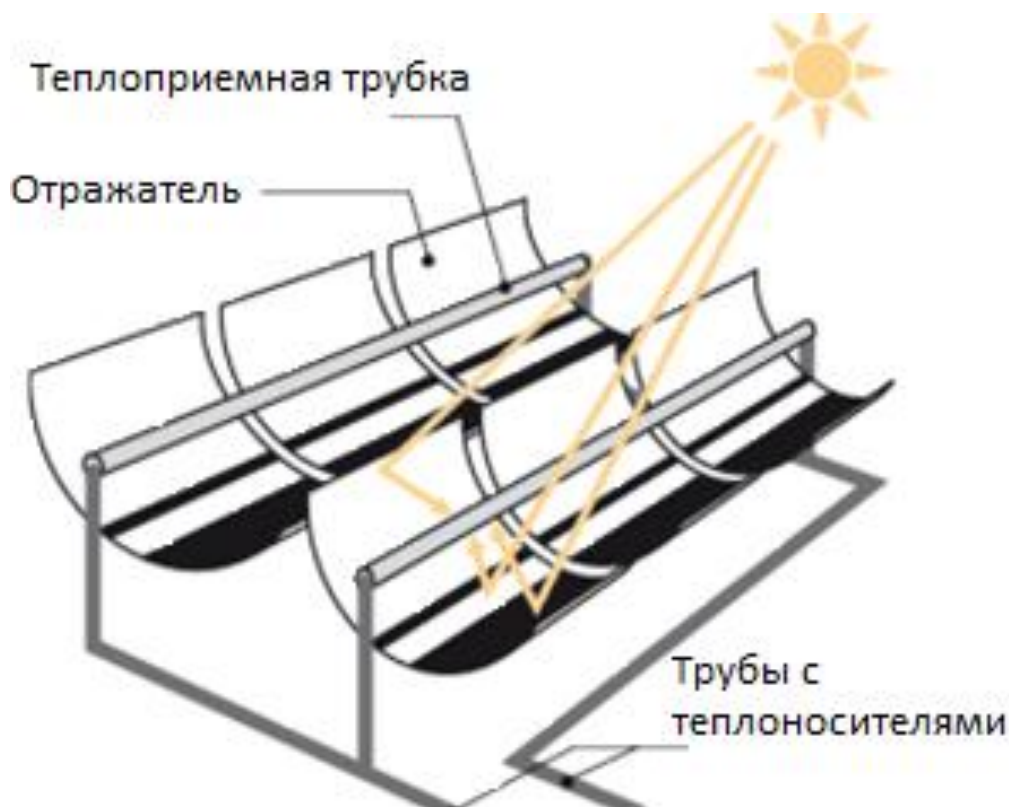


Рисунок 3 - Солнечные электростанции использующие параболоцилиндрические концентраторы

Крупнейшие термодинамические СЭС в мире приведены в таблице 1 [4]. Из данной таблицы видно, что наиболее мощные станции являются башенного типа и СЭС с параболоцилиндрическими концентраторами. Их географическое расположение не более 40-й широты. Оптимальными условиями для работы термодинамических солнечных электростанций располагают регионы с засушливым или полузасушливым климатом: Южная Европа, Северная и Южная Африка, Ближний Восток, западная Индия, Западная Австралия, северо-восточная Бразилия, северная Мексика и юго-запад США.

Таблица 1 - Крупнейшие термодинамические СЭС в мире

Мощность, МВт	Местоположение	Тип	Год завершения строительства
392	США, Калифорния	башенный	2014
354	США, Калифорния	параболоцилиндрический концентратор	2015
280	США, Калифорния	параболоцилиндрический концентратор	2014
280	США, Аризона	параболоцилиндрический концентратор	2013
250	США, Калифорния	параболоцилиндрический концентратор	2014
200	Логросан, Испания	параболоцилиндрический концентратор	2013
160	Марокко	параболоцилиндрический концентратор	2016

Солнечная энергетика станет конкурентоспособной в случае, если КПД солнечных электростанций достигнет 25 %, срок их службы увеличится до 50 лет, а стоимость установленного киловатта пиковой мощности упадет ниже 2000 долларов США. В настоящее время, не смотря на актуальность возобновляемой энергетики, масштабное развитие термодинамических СЭС возможно лишь в рамках целевых государственных программ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М. Берёзкин. Укрощение Солнца // Наука и жизнь: журнал. — 2013. — № 12. — С. 19—25.
2. Р.Б. Ахмедов, И.В. Баум, В.А. Пожарнов, В.М. Чаховский. Солнечные электрические станции. - М.: ВИНТИ, 1986.
3. В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин. Солнечная энергетика: учебное пособие для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

УДК 621.795.3

Коваленко М. В. (5В074600), Рамазанова Ж.М. (АО «НЦКИТ», ЕНУ им. Л.Н. Гумилева)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

Титан и его сплавы широко применяются в аэрокосмической и других областях промышленности, что связано с их высокими удельными характеристиками [1, 2]. Однако существуют области, где применение этих сплавов ограничено их невысокой твердостью и износостойкостью [3, 4]. В связи с этим актуальной является задача поверхностного модифицирования титановых сплавов. Перспективным методом поверхностного упрочнения является плазменно-электролитическое оксидирование (ПЭО) или микродуговое оксидирование (МДО) [5-7].

Цель исследования заключается в получении оксидных покрытий на титане и его сплавах с улучшенными физико-механическими характеристиками методом плазменного электролитического оксидирования.

Для проведения исследований формирования оксидных покрытий на сплавах титана ВТ1-0 и ВТ5 использовалась установка, состоящая из двухэлектродной электрохимической ячейки и источника питания (Рисунок 1). Ячейка состояла из ванны, вспомогательного электрода из нержавеющей стали и рабочего электрода (покрываемый материал) [8]. Для модифицирования поверхности титана использовался импульсный источник питания «Корунд М0» тиристорного типа.



Рисунок 1 – Установка для модифицирования поверхности титана и его сплава

Для обеспечения жесткого контакта образца с токоведущей частью источника питания использовалась система крепления образцов, состоящая из подвески, которая была установлена на медную штангу (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Подвеска с деталями при работе установки

В качестве электролита использовался щелочной раствор, содержащий натрий фосфорнокислый двузамещенный 12 водный, натрий тетраборнокислый 10 водный, борная кислота, аммоний фтористый.

Процесс плазменного электролитического оксидирования осуществляли при следующих условиях: длительность импульса анодного тока  $250 \pm 25$  мкс; длительность импульса катодного тока  $5 \pm 0,5$  мс; частота следования импульсов  $50 \pm 0,5$  Гц; длительность паузы между анодным и катодным токами  $250 \pm 25$  мкс. Напряжение и плотность тока зависит от используемого раствора электролита и основы обрабатываемого материала. Температура электролита поддерживалась в пределах  $20 - 30^{\circ}\text{C}$ , время образования покрытия 600 секунд.

В результате ПЭО образованы плотные равномерные оксидные покрытия толщиной 19 мкм на сплаве ВТ1-0 и 24,5 мкм на сплаве ВТ5. Для измерения толщины покрытий использовали толщиномер NOVOTEST ТП-1 с датчиком НФ-2. Фотографии полученных покрытий на образцах приведены на рисунке 3.

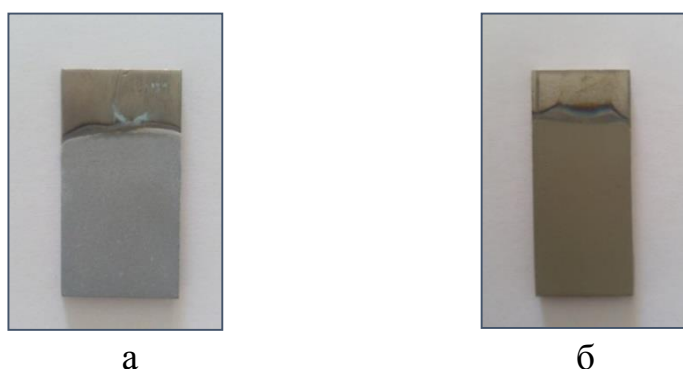


Рисунок 3 – Образцы с оксидным покрытием: а – сплав ВТ1-0; б – сплав ВТ5

Изучение поверхностной микротвердости оксидных покрытий проводили на твердомере Виккерсат KB 30S Pruftechnik GmbH при нагрузке 200 г. Средние значения данных по микротвердости сплавов и покрытий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные по микротвердости

Сплав	Микротвердость покрытия, HV	
	Без покрытия	С покрытием
BT1-0	237,5	622,8
BT - 5	374,5	790,2

Сравнительные данные по микротвердости оксидных покрытий, полученных на сплавах BT1-0 и BT5, приведены ниже на рисунке 4.

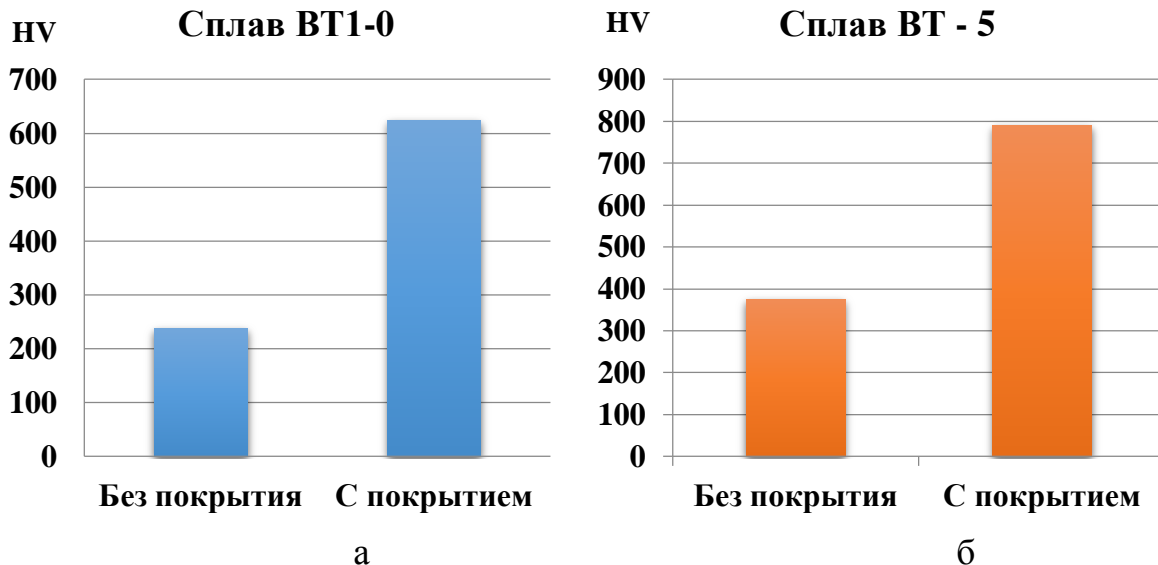


Рисунок 4 – Сравнительные данные по микротвердости: а – сплав BT1-0; б – сплав BT5

Микротвердость оксидного покрытия, полученного на сплаве BT 1-0 увеличивается в 2,6 раз по сравнению с образцом без покрытия. Микротвердость оксидного покрытия, полученного на сплаве BT-5, увеличивается в 2,1 раз по сравнению с образцом без покрытия.

Проведены трибологические исследования оксидных покрытий на титановых образцах. Данные исследования проводили на высокотемпературном трибометре ТНТ-S-AX0000 при условиях: нагрузка 1Н, линейная скорость 4 см/с, измерения осуществлялись при температуре 25С, влажности воздуха 50 %, радиус трека 3 мм, количество оборотов 1000. Износостойкость оценивали по площади глубины трека, которую измеряли с применением бесконтактного 3D-профилометра MICROMEASURE 3Dstation, французской фирмы STIL. На профилометре получали трехмерное изображение поверхности и автоматическое вычисление площади трека.

Данные значения площадей глубины треков для образцов без покрытия и с покрытием приведены в таблице 2

Таблица 2 – Данные площади глубин треков покрытий, полученных в различных электролитах

n	Площадь глубины трека, $\mu\text{m}^2$	
	Без покрытия	С покрытием
BT1-0	1217,5	270,6
BT - 5	925,0	155

Сравнительные данные по износостойкости, полученных оксидных покрытий, в сравнении с образцами без покрытий приведены на рисунке 5.

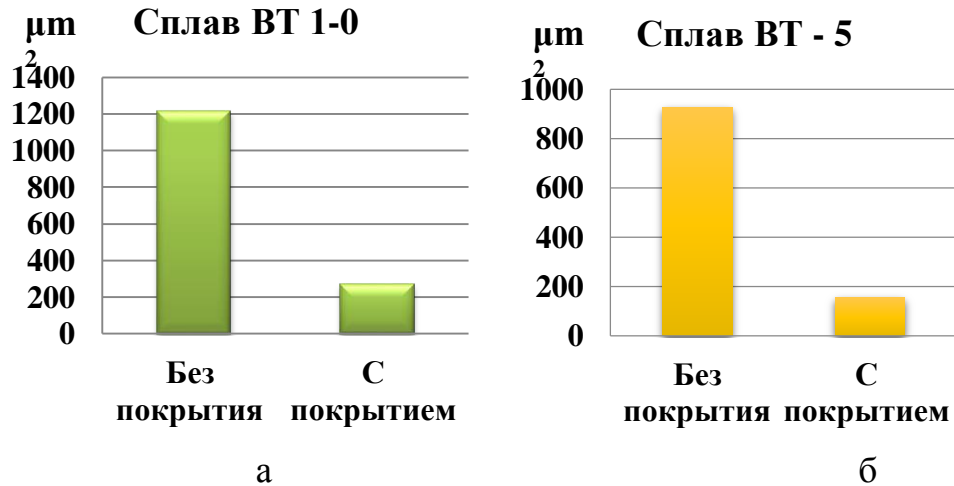


Рисунок 5 – Сравнительные данные по износостойкости: а – сплав BT1-0; б – сплав BT5

Как видно из таблицы 2 и рисунка 5 покрытия, полученные на сплаве BT1-0 и BT - 5 отличаются высокой износостойкостью по сравнению с образцом без покрытия. Износостойкость покрытия на сплаве BT 1-0 увеличивается в 4,5 раз по сравнению с исходным материалом. Износостойкость покрытия на сплаве BT - 5 увеличивается в 6 раз по сравнению с исходным материалом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены оксидные покрытия на сплавах титана в импульсном режиме ПЭО.

Микротвердость оксидного покрытия, полученного на сплаве BT 1-0 увеличивается в 2,6 раз по сравнению с образцом без покрытия.

Микротвердость оксидного покрытия, полученного на сплаве BT-5, увеличивается в 2,1 раз по сравнению с образцом без покрытия.

Полученные данные трибологических испытаний оксидных покрытий на сплавах BT1-0 И BT5 показали, что метод МДО позволяет получить покрытия с высокой износостойкостью. Оксидное покрытие, полученное на сплавах BT1-0 при толщине покрытия 19 мкм увеличивает износостойкость в 4,5 раз по сравнению с образцом без покрытия. Увеличение износостойкости на сплаве BT5 составила в 6 раз по сравнению с образцом без покрытия.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Mamaev A.I., Mamaeva V.A., Kolenchin N.F., Chubenko A.K., Koval'skaya Y.B., Konstantinova T.A., Dolgova Y.N., Beleckaya E.Y. Regularities of filamentary channels formation during formation of nanostructured non-metallic inorganic coatings in microplasma galvanostatic mode in solutions // Russian Physics Journal. - 2016. - Vol. 58. - № 12. - P. 1720-1725.
- 2 Jie Jin, Xiao-Han Li, Ji-Wen Wu, Bai-Yang Lou. Improving tribological and corrosion resistance of Ti6Al4V alloy by hybrid microarc oxidation/enameling treatments // [Rare Metals](#). January. - 2018. - Vol. 37. - [Issue 1](#). - P. 26–34.
- 3 Ramazanova Zh. M., Mustafa L.M. Research of influence of micro-arc oxidation modes on oxide coating properties // European Journal of natural history. - 2015. - № 4. - P. 32-35
- 4 Марков Г.А., Белеванцев В.И., Слонова А.И. Износостойкость покрытий, нанесенных анодно-катодным микродуговым методом // Трение и износ. - 1988. - Т.9. - № 2. - С. 286-290.
- 5 Song, Y. L., Liu Y. H., Yu S. R., Zhu X. Y, Wang Q. Plasma electrolytic oxidation coating on AZ91 magnesium alloy modified by neodymium and its corrosion resistance // Applied Surface Science. - 2008. - Vol. 254. - P. 3014–3020.
- 6 Yerokhin, A. L., Nie X., Leyland A., Matthews A., Doney S. J. Plasma electrolysis for surface engineering // Surface and Coating Technology. - 1999. - Vol. 122. - P. 73–93.
- 7 Суминов И.В., Белкин П.Н., Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Крит Б.Л., Борисов А.М. Плазменно\_электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов // Под общей редакцией И.В. Суминова. - В 2-х томах. - Том II. - Москва: Техносфера. - 2011. - 512 с.
- 8 Ramazanova J. M., Zamalitdinova M. G. Physical and mechanical properties investigation of oxide coatings on titanium // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a*. - №2. - 2019. - P. 34-41. // <https://doi.org/10.31643/2019/6445.14>.



УДК 621.311.22

М.Т. Кабдолдаев (18-МТЭК-2п), В.А. Седелев (ВКГТУ)

## СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ АО «РИДДЕР ТЭЦ»

Как показал опыт эксплуатации, для тепловых схем ТЭЦ, имеющих производственную и теплофикационную нагрузки, характерны ряд типичных недостатков, снижающих экономичность работы:

1. подключение деаэратора к промышленному отбору, создающего снижение экономичности в определенном диапазоне нагрузок;
2. работа турбины с параметрами острого пара ниже расчетных, как вследствие снижения параметров пара по условиям надежности, так и из-за неграмотного управления режимами оборудования;
3. дросселирование пара в регулирующих органах промышленного отбора и теплофикационного отбора;
4. изношенность проточной части;
5. в течении отопительного сезона увеличивается недогрев в сетевых подогревателях, что приводит к повышению давления в отопительном отборе и снижению выработки электроэнергии на базе теплового потребления;
6. в отопительный сезон турбина работает с низким пропуском пара в конденсатор, что увеличивает долю рециркуляции конденсата и выбросу высокопотенциального тепла в холодный источник [1].

Один из путей повышения энергоэффективности работы ТЭЦ это оптимизация тепловых схем. Один из которых это схема повышения эффективности подпитки тепловой сети для АО «Риддер ТЭЦ».

При эксплуатации сетевых подогревателей в условиях плохого качества сетевой воды, что имеет место быть в реальных условиях эксплуатации, любой тепловой сети, возникают отложения солей жёсткости нагреваемой среды.

Отложение солей жёсткости приводит к снижению коэффициента теплопередачи. Уменьшение коэффициента теплопередачи, в свою очередь, приводит к увеличению величины недогрева подпиточной воды. Увеличение недогрева по сравнению с расчетными значениями может достигать от 35°C до 40°C. В таких условиях для поддержания температуры подпиточной воды по температурному графику необходимо повышать давление в теплофикационном отборе. Повышение давления снижает экономичность производства энергии на паровой турбине [2].

На рисунке 1. показана действующая схема подготовки подпиточной воды, применяемая на АО «Риддер ТЭЦ».

Помимо высоких расходов на подготовку подпиточной воды происходят отложения солей жёсткости в сетевом подогревателе по сетевой воде.

Фактические температурные напоры значительно превышают расчетные и на некоторых режимах достигают свыше 40°C.

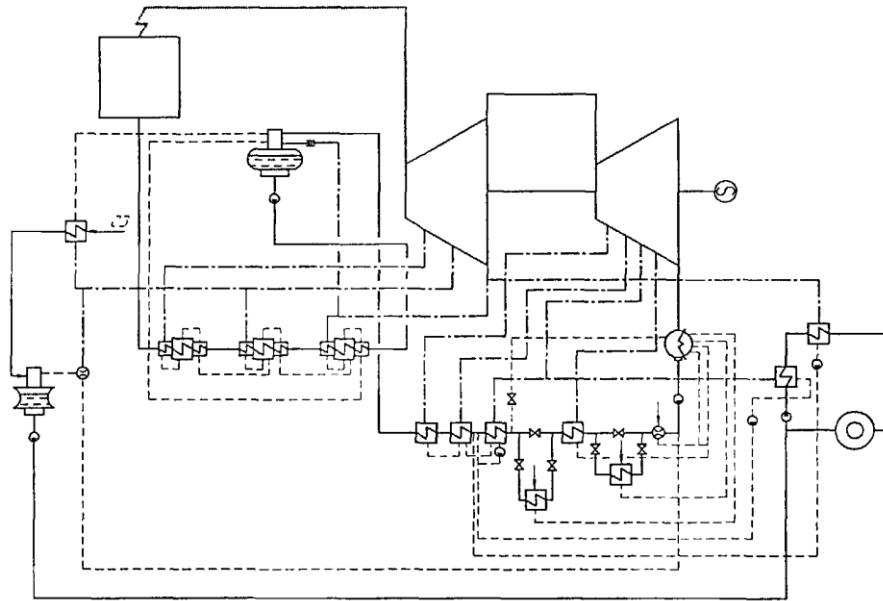


Рисунок 1. Действующая схема подпитки теплосети АО «Риддер ТЭЦ»

Высокий уровень недогрева не позволяет использовать потенциал пара теплофикационного отбора. Решением данной проблемы может быть:

1. улучшение качества сетевой воды, опыт применения присадок дал отрицательный эффект, в связи с плохим состоянием сетей происходило забивание трубок сетевых подогревателей;
2. замена изношенных тепловых сетей;
3. совершенствование тепловой схемы турбины под новые условия [3, 4].

Предлагаемый вариант подпитки тепловой сети представлен на рисунке 2. Особенностью предлагаемой схемы является организация дополнительного подогрева подпиточной воды после вакуумного деаэратора в подогревателе подключенным к теплофикационному отбору. По схеме на рисунке 2. видно, что подогрев подпиточной воды (условно разделив потоки) осуществляется паром теплофикационного отбора. Поскольку подаваемая вода не содержит включений, которые «увеличивают перегрев», можно утверждать, что такое перераспределение пара уменьшит общее потребление пара выбранным паром, особенно сетевым нагревателем. Основным показателем эффективности данного решения может стать повышение температуры после заправки водонагревателя. Площадь паропровода к резервному водонагревателю и теплоносителю должна быть такой, чтобы эквивалентный нагрев был меньше, чем у основного нагревателя, в противном случае его производительность будет ухудшена. Уменьшенный поток пара в сетевой нагреватель уменьшит эквивалентный нагрев нагревателя из-за более низкого потребления пара, поэтому можно ожидать снижения давления в системе отопления, повышения эффективности турбины и повышения эффективности комбинированного производства энергии.

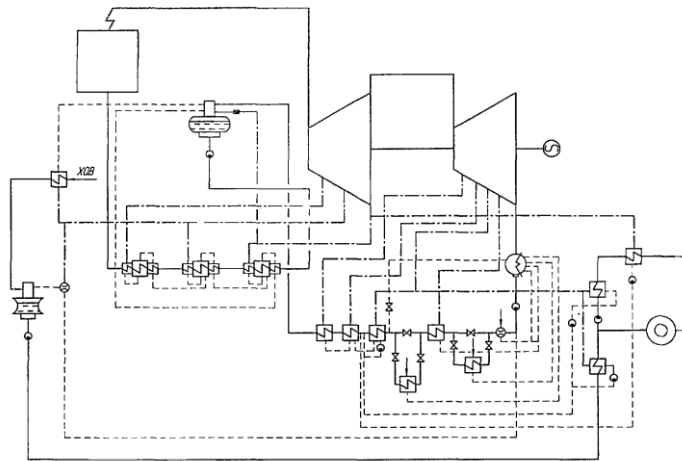


Рисунок 2. Схема подпитки теплосети с дополнительным теплообменником

При такой организации отбора можно рассмотреть два варианта:

- включение последовательно перед сетевым подогревателем;
- включение параллельно сетевому подогревателю.

Во втором варианте можно ожидать снижение давления пара в теплофикационном отборе. Для параллельной схемы необходимо учесть необходимость в более высоком давлении после подогревателя.

В результате проведенного анализа и расчета эффективности тепловой схемы с включением параллельно сетевому подогревателю суммарный годовой эффект составил 2 205 284 тенге.

Проверенная схема водоподготовки с включением параллельно сетевому подогревателю может быть перенесена на другие ТЭЦ без значительных доработок и дополнительных научных исследований.

#### Список использованной литературы

1. Жуков, В.П. Оптимизация многоступенчатых теплофикационных установок/ В.П. Жуков, А.А. Борисов, Г.В. Ледуховский, А.А. Коротков//Вестник ИГЭУ. - 2008. - №2.
2. Андриященко, А. И. Оптимизация режимов работы и параметров тепловых электростанций/А.И. Андриященко, Р.З. Аминов. - М.: Высш. шк., 1983.
3. Бененсон Е.И. Теплофикационные паровые турбины/ Е.И. Бененсон, Л.С. Иоффе.- М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Симою Л.Л., Эфрос Е.И., Гуторов В.Ф., Лагун В.П. Теплофикационные паровые турбины: повышение экономичности и надежности. - СПб: Энерготех, 2001.
5. Эфрос Е.И., Гуторов В.Ф., Симою Л.Л. и др. Повышение эффективности теплофикационных турбоустановок// Электрические станции. 2003. № 12.
6. Экономика предприятия: Учебник/ Под ред. проф. Н.А. Сафронова. - М.: «Юристъ», 1998.

УДК 621.311.22

М.Т. Кабдолдаев (18-МТЭК-2п), В.А. Седелев (ВКГТУ)

## ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ТУРБИН ЗА СЧЁТ СНИЖЕНИЯ НЕДОГРЕВОВ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Значительную часть отопительного периода ТЭЦ работают с небольшими тепловыми нагрузками без привлечения пиковых источников теплоты. Число часов работы на таких режимах зависит от климатических условий места расположения ТЭЦ, например на АО «Риддер ТЭЦ» составляет в среднем около 2000 ч/год или от 20% до 30% продолжительности отопительного периода.

В качестве пиковых источников теплоты на многих ТЭЦ установлены пиковые сетевые подогреватели. Дополнительные сетевые подогреватели, обогреваемые паром от энергетических котлов через РОУ, вводятся в схемы базово-маневренных ТЭЦ, в ряде действующих энергосистем [1, 2].

Тепловая экономичность теплофикационных турбин определяется выработкой электроэнергии на тепловом потреблении которая существенно зависит от давления в теплофикационном отборе [3]. С другой стороны давление в теплофикационном отборе влияет на величину электрической мощности турбоустановки. Давление в теплофикационном отборе, в свою очередь (при заданной тепловой нагрузке и температурном графике теплосети), определяется недогревом сетевой воды до температуры насыщения отборного пара.

Величина недогрева зависит от режимов эксплуатации турбины и водного режима теплосети, изменяясь в широких пределах. Согласно данным научных исследований [4], в условиях сложившегося водного режима недогрев увеличивается от 0,8°C до 3,0°C на каждые 1000 часов работы турбины после чистки сетевых подогревателей. На отдельных действующих ТЭЦ величина недогрева достигает 30°C. Уменьшая недогрев в сетевых подогревателях, можно увеличить располагаемую мощность турбины и повысить её экономичность.

Один из способов работы турбоустановки, позволяющий существенно уменьшить значение недогрева в широком диапазоне нагрузок - увеличение поверхности теплообмена на величину поверхности теплообмена пикового сетевого подогревателя. Данный способ реализуется посредством схемы, показанной на рисунке 1. При этом пиковый сетевой подогреватель подключается за счёт дополнительного трубопровода к теплофикационному отбору. Пар в пиковый сетевой подогреватель через РОУ не подаётся. Таким образом, оба сетевых подогревателя оказываются подключёнными по пару параллельно к одному теплофикационному отбору. Сетевая вода последовательно проходит через подогреватели. Реализация подобной схемы позволяет уменьшить недогрев в сетевой подогревательной установке, что, в свою очередь, приводит к понижению давления в теплофикационном отборе и

увеличению мощности турбины за счёт дополнительной выработки электроэнергии на тепловом потреблении при сохранении требуемого отпуска теплоты. Данная схема требует незначительных капитальных затрат, включающих стоимость дополнительного трубопровода и арматуры, а также их монтажа, и может быть достаточно легко реализована в условиях любой действующей ТЭЦ, оборудованной пиковыми сетевыми подогревателями.

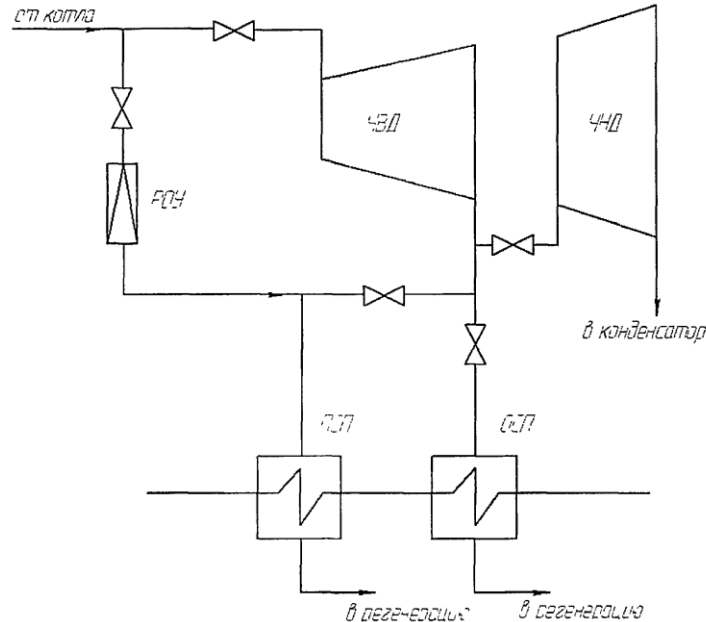


Рисунок 1. Принципиальная схема повышения мощности и экономичности теплофикационной турбоустановки за счет снижения величин недогревов в сетевой подогревательной установке

По предлагаемой схеме теплофикационной установки экономически выгодно работать в течение всего отопительного периода до момента, соответствующего включению пиковой ступени подогрева по годовому графику отпуска теплоты. При этом сокращается продолжительность работы пикового теплоисточника, поскольку за счет увеличения поверхности теплообмена может быть увеличена тепловая нагрузка отборов турбины, что также повышает эффективность работы ТЭЦ.

Для оценки эффективности предлагаемого способа работы были выполнены расчётные исследования. Они выполнены на примере АО «Риддер ТЭЦ» для турбины ПТ-30-90/10. При этом исходными условиями были тепловая и электрическая мощность номинальные и значения недогревов сетевой подогревательной установки варьировались от 30°C до 5°C с шагом 5°C. Расчёты выполнены для двух значений расходов сетевой воды: 2500 т/ч и 2000 т/ч. В качестве пикового сетевого подогревателя принят подогреватель, равный по площади поверхности теплообмена основному. Таким образом, поверхность теплообмена в рассматриваемом случае была увеличена в 2 раза.

Расчёты показали высокую эффективность предлагаемого способа. При этом эффективность растёт с увеличением исходной величины недогрева и уменьшением расхода сетевой воды (кривая 1 - 2000 т/ч; кривая 2 - 2500 т/ч).

Увеличение выработки электроэнергии на тепловом потреблении составляет от 5 до 22 кВтч/ГДж в зависимости от названных выше факторов.

Проведённые научные исследования показали, что по предлагаемой схеме теплофикационной установки экономически выгодно работать в течение всего отопительного периода до момента, соответствующего включению пиковой ступени подогрева по годовому графику отпуска теплоты. При этом сокращается продолжительность работы пикового теплоисточника, поскольку за счет увеличения поверхности теплообмена может быть увеличена тепловая нагрузка отборов турбины, что также повышает эффективность работы ТЭЦ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кнотько П.Н., Трутаев В.И., Яковлев Б.В. Эффективность развития теплофикации на основе базово-маневренных ТЭЦ. -Известия вузов СССР. Энергетика, 1932.

2. Проектные исследования работы ТЭЦ в маневренном режиме / П.Н. Кнотько, И.И. Ровек, А. В. Щербина, Б. В. Яковлев. -Электрические станции, 1982.

3. Бененсон Е.И. Теплофикационные паровые турбины/ Е.И. Бененсон, Л.С. Иоффе.- М.: Энергоатомиздат, 1986.

4. Борисова В.П. Получение реальных характеристик теплофикационных турбоустановок с отопительными отборами. М.: МЭИ, 1985.

5. Апатовский Л.Е. Расчёт тепловых схем паротурбинных установок с секционированием конденсационного устройства на ЭВМ / Л.Е. Апатовский, М.З. Кривошей, Г.Г. Пурыгин, Г.Б. Смирнов. -Энергомашиностроение, 1982.№2.

6. Бодюл СВ. Комплекс программ для расчета термодинамических циклов паротурбинных установок/ СВ. Бодюл, А.А. Вассерман, А.Г. Слынько//Промышленная теплотехника. - 2003. - том 25 №2.

УДК.621.039.4

Қабдыкәрім Ж.Н. (19-МЭЛК-2п), Асылжанова А.Б. (ВКГТУ)

## КЕРНЕУІ 500КВ БАСҚАРЫЛАТЫН ШИНАЛЫҚ РЕАКТОРДЫҢ ҚОЛДАНЫЛУЫ

Басқарылатын шиналық реактордың қолданылуы

Үш фазалық басқарылатын шиналық реактор өзінен магниттік тізбектің ферромагнитті элементтерін магниттеу арқылы баяу реттелетін айнымалы үш фазалық индуктивті кедергіні құрайды. Мұндай реакторлардың негізгі күштік жоғары вольттік элементі болып электрмагниттік бөлік табылады, ол конструктивті орындалуы және орамаларының жалғану сұлбасы бойынша сондай сәйкес кернеу мен қуатты күштік үш фазалық трансформаторлар сияқты орындалған.

Бұл үш фазалы басқарылатын реакторларға сондай типтік майтолтырылған трансформаторлық қондырғы үшін ақиқат жобалау нормалары, релелік қорғаныс және аытоматика бөлігі бойынша ПУЭ мен ПТЭ талаптарына және т.б. таратылуы мүмкін екенді білдіреді.

Реактордың негізгі жұмыс орамасы желелік орама, «бітеужерлестірілген нейтралі бар жұлдызша» жалғану сұлбасы бар әр фазада екі параллель тізбегі және көлденен мен бойлық дифференциалдық токтық қорғаныстарды, реттеуді, мониторингті қосу үшін еңгізілген ток трансформаторлары бар. Тікелей сәйкес кернеуі шинаға немесе желіге бір немесе екі сөндіргіш(жобада бір) арқылы жалғанады.

Реактордың үшбұрыш сұлбасымен жалғанған екінші реттік компенсациялық орамасы келесідей екі функция атқарады:

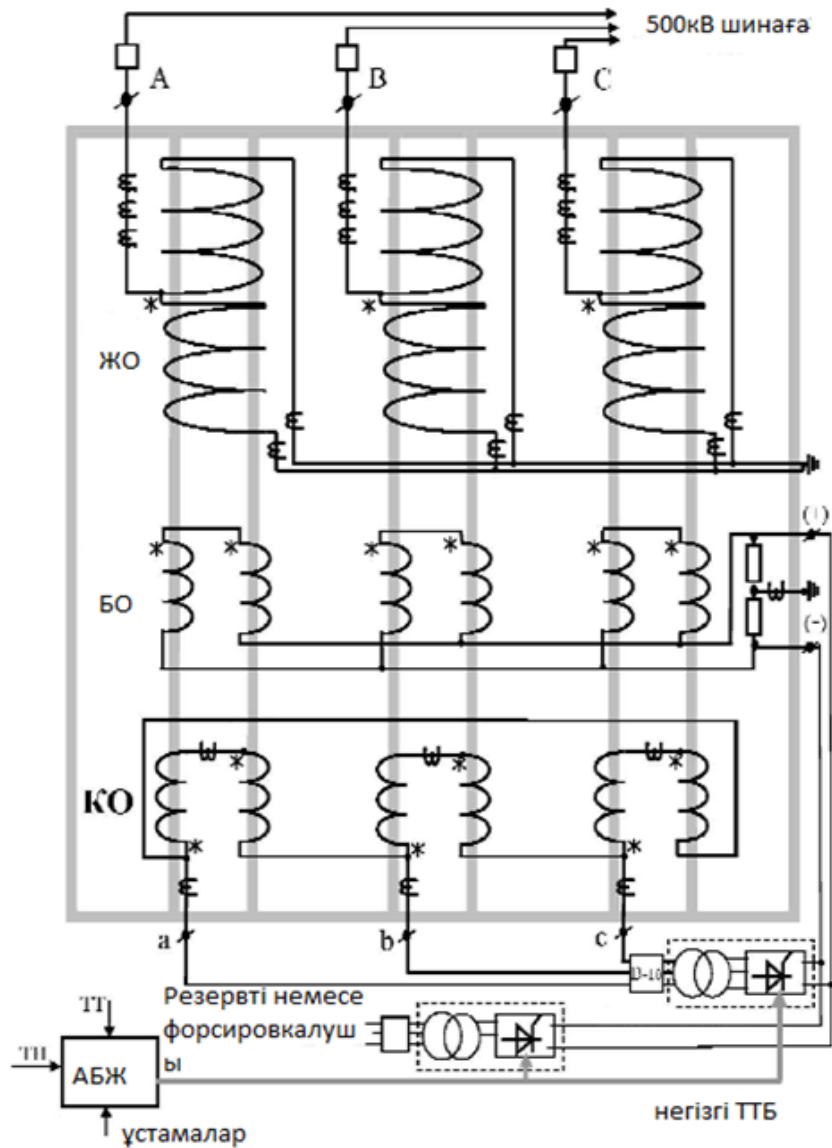
– үшінші және оған еселік жоғары гармоникалық токтардың желіге шығып кетуін алдын алу үшін компенсациялайды(реактордың компенсациялық орамасының үшбұрышында тұйықталу);

– негізгі(статикалық) және форсировкалушы трансформаторлы-түрлендіруші блокты (ары қарай ТТБ) қоректендіру. Форсировкалушы ТТБ қосалқы станцияның өздік қажеттілік таратушы құрылғысына қосылады.

Қосымша жалғанулар болмаған жағдайда, үшінші гармоника мен ТТБ жүктеме қуаты реактор қуатының 20% асырмайды, сондықтан компенсациялық орама кішірейтілген қимамен орындалады, сәйкесінше номинал қуаты да азаяды.

Құрылысы мен құрылымдық бөлшектері

Реактор фазаларында басқару орамасының екі секциясының әрқайсысы желілік ораманың сәйкес секциясына қатысты қарсы қосылған, сондықтан оның шығыстарында айнымалы кернеу жоқ. Бұл барлық үш фазаның басқару орамасын магниттеудің түзетілген кернеуі сұлбасына қосу үшін параллель жалғауға мүмкіндік береді. Басқару және ТТБ тізбектері электрмагниттік бөлікке орнатылған резисторлар(кедергісі шамамен 20-30 Ом) арқылы жерлендіру контурымен байланысты. Сурет 1.1 жалпы сұлбасы көрсетілген.



Сурет 1.1 – Кернеуі 500кВ үш фазалық үш орамалы басқарылатын шиалық реактордың электрмагниттік сұлбасы: АБЖ – автоматты басқару жүйесі; ТТБ – трансформаторлық-түрлендіруші блок; ЖО – желілік орма; БО – басқару орамасы; КО – компенсациялық орама.

Реактор орамаларын жартылай серіппелі магнитөткізгіштерде орындау жоғары кернеу (ары қалай ЖК) мен төменгі кернеу(ары қарай ТК) орамаларында қысқа тұйықталу(ары қарай ҚТ) кернеуінің өсуіне(50-60% құрайды), ал реактордың іске қосылу тогының секіруін төмендеуіне әкеледі, сыртқы ҚТ және коммутация кезіндегі термиялық және динамикалық әрекеттерді айтарлықтай төмендетеді, сонымен қатар дифференциалдық тоқтық қорғаныстардың сезімталдылығын жоғарлатуға мүмкіндік береді[1].

Басқарылатын шиалық реактордың күштік трансформатордан (трансформатордың бірінші және екінші реттік орамаларын қамтитын дифференциалдық қорғангысында номиналды магниттеу тогы ескерілмейтін) принципалды ерекшелігі болып оның белсенді екінші реттік жүктемесіз магниттік күшейткіш принципі бойынша жұмыс істеуі табылады. Реактордың желілік ораманың жұмыс тогы магниттеу тогы болып табылады және



магнитөткізгіштің серіппесінің қанығу дәрежесімен реттеледі, нәтижесінде желілік ораманың тұтынатын тогы(реактив қуаты) мен индуктивтілігі реттеуі шегінде өзгереді.

Екінші реттік орама жүктеме болмағандықтан нормаль режимде реактор бос жүріс режиміне жақын режимде жұмыс істейді, тек үшінші және оған еселік гармоника токатарымен ғана жүктеледі (ТТБ арқылы басқарылатын шиналық реакторды магниттеуге кететін реактордың номинал қуатының шамамен 1% қуатты ескермеуге болады).

Осыдан күштік трансформатордың дифференциал қорғанысы принципі бойынша реакторға бойлық дифференциал қорғанысты эффективті орындау мүмкін емес, сондықтан желілік орама жеке индивидуал дифференциалдық тоқтық қорғанысты талап етеді, ал КО мен БО екінші реттік орамаларын қорғау үшін релелік қорғаныстың жеке функцияларын қарастыру қажет.

Басқарылатын шиналық реакторды қорғауға қойылатын талаптар

«Жұлдызша» сұлбасы бойынша жалғанған реактордың екінші реттік компенсациялық орамасы нормаль режимде көбінесе үшінші гармоника токтарымен жүктелген, бұл токтың максимал әрекет етуші мәні барлық реттеу шегінде реактордың желілік орамасының келтірілген номинал тогының 20% аз болады[1].

Реактордың КО максималдық тоқтық қорғанысының бірінші реттік әрекет етуші токтарының төмен болуы жүктеме тогының болмауымен анықталады, сонымен қатар сыртқы ҚТ токтарының  $(1.67 \div 2)$  Іном сәйкес  $UK=(60 \div 50)\%$  мәніне тәуелді) және іске қосылу токтарының секіруінің салыстырмалы үлкен болмауымен байланысты(амплитудалық мәні  $2.8I_{ном}$  үлкен емес, немесе әсерлік –  $2I_{ном}$  артық емес).

Реактордың КО фазаларында ток трансформаторларын «үшбұрыш» сұлбасымен орындаған дұрыс, себебі осы кезде КО максималдық тоқтық қорғанысын (сонымен қатар жеке дифференциалдық қорғанысты) нөлдік тізбектілік токтарынан және үшінші гармоникалық құрамдастардан (үшіншіге еселік) арнайы реттеудің қажеті болмайды. Бірақ, КО фазаларына енгізілген және «үшбұрыш» бойынша жалғанған максималдық тоқтық қорғаныс(ары қарай МТҚ) ток трансформаторларының «желілік» токтарына әсер ететін болғанымен, КО «орамдық» қысқа тұйықталу кезінде принципалды әрекет ете алмайды, сондықтан басқарылатын шиналық реактордың(ары қарай БШР) релелік қорғанысы бойынша соңғы теориялық талдамаларда КО жеке әр фазасында токтарды өлшейтін МТҚ нұсқасы қарастырылады. Бұл орамдырдың зақымдалуына сезімтал МТҚ іске асыруға мүмкіндік береді (теңгерімсізбік токтардан реттеу шегінде). Қорғаныстың тоқтық тізбектерін осылай жалғау КО зақымдалмаған фазалары арқылы тұйықталу жеріне ағатын фазаның орамдық тұйықталу тогының бөлігін өлшеуге мүмкіндік береді[2].

КО бір фазасындағы орамдық тұйықталу ораманың тұйық контурында (үшбұрышпен жалғанған) оның зақымдалмаған бөлігінің кедергісі арқылы өтетін екіфазалық ҚТ тогының ағуына әкеледі, сондықтан реактордың КО мен ЖО токтар берілген зақымдалу түріне сәйкес келеді. Тұйықталу орнының реактордың КО ішіне ауысуы нәтижесінде, ҚТ тогы «үшбұрыштың» шегінен

шықпайтындықтан және тікелей КО фазаларында орналасқан барлық үш ток трансформаторы арқылы өтеді. Осы ток ток трансформаторының екінші реттік орамаларында трансформацияланып, жалғанған қорғаныс құрылғысының үшфазалық өлшеу жүйесімен КО фазаларының нолдік тізбектілік тогы ретінде қабылданады, бірақ шынында олай болмайды.

Реактордың КО фазаларының желілік шығыстарындағы ток трансформаторлары осы ораманың дифференциалды қорғанысын қосуға қолданылады. ЖК желісінде сыртқы жерге ҚТ кезінде теңсіздік тогынан реттеу нәтижесінде дифференциалдық қорғаныс реактордың КО фазалық токтарына қосылған МТҚ-тан сезімталдылығы төмен болуы мүмкін. Бірақ көп жағдайда берілген қорғанысөзінің абсолюттік тезәрекеттілігімен және селективтілігі нәтижесінде эффективті болады.

КО желілік шығыстарындағы ток трансформаторлары басқа жүктеме жоқ болған кезде, түзетуші түрлендіргіштердің үлкен жұмыс токтарымен ағылады (100А төмен), ТТБ екі сатылы тоқтық қорғанысын резервтейтін және ошиновканы ТТБ-ның сөндіргішіне дейін қорғайтын сезімталдылығы жоғары МТҚ қолдануға мүмкіндік береді. Бұл жалғаныстар үшін КО шығыстарын шексіз қуат шиналары деп қарастыруға болады, есептік орынбасу сұлбасын айтарлықтай ықшамдайды.

Реактордың КО екінші реттік орамасының шығыстарындағы жалғаныстардың МТҚ сезімталдылығын бағалағанда желілік және компенсациялық орамалар арасындағы ҚТ жоғарылатылған кернеуін ескеру қажет.  $U_k = 50\%$  болғанда, 500кВ классты реактордың ЖО-КО орамалары үшін номинал қуатты алған кезде екінші реттік ораманың шығыстарындағы кернеу 2 есе, ал максимал аса жүктелу кезінде – реактордың бос жүріс режимі кезіндегі кернеумен салыстырғанда 2,5 есе төмендейді. Бұл минимал кернеу есептік болып қабылдануы тиіс. Егер осы кезде тиристрлік түрлендірушіні қоректендіретін трансформатордан кейінгі ҚТ МТҚ сезімталдылық коэффициенті жеткіліксіз болса, сезімталдылығы жоғарылау қорғағысты қолдану қажет, мысалға осы жалғаныстың бойлық дифференциалдық қорғанысын.

Басқарылатын шиналық реактордың басқару орамасы өзінің орындалуы, қолданылуы, жұмыс істеу режимі бойынша басқа орамалармен трансформаторлық байланыста емес және әр фазада орныққан ток трансформаторлары жоқ, бұл дифференциалдық және максималдық тоқтық қорғаныстарды қолдану мүмкіндігін жоққа шығарады. Басқарушы ораманың әр тармағында қосымша ток трансформаторларын орнатудың конструктивтік қиыншылықтар бөгет болады (бақ қақпағында қосымша шығыстар орнату қажеттілігі) және ток трансформаторларының жұмыс режимдерінде түзетілген магниттеу тогымен қаңғыуы. Егер де бұл тізбектерде ток трансформаторларын орнатқан жағдайда да, бойлық дифференциалдық қорғаныс орамдық тұйықталу кезінде жұмысқа жарамсыз болады.

Ішкі тұйықталулардан тоқтық қорғаныс екі жолмен іске асырылады:

– басқару орамасының кез келген секциясының корпусқа(магнитөткізгішке) тұйықталуы кезінде оның ортақ жерлестіру

тізбегінде мәні  $(1 \div 2)кА$  жететін шамасы енгізілген кедергілер мен орам сандарымен анықталатын айнымалы синусоидлы ток пайда болады. Нормал режимдерде бұл тізбектегі теңсіздік тогы бірнеше амперді асырмайтындықтан (бірінші реттік), коммутация кезінде қысқауақытты сияпқа ие, МТҚ ұстамы 0,2с әрекет уақытымен  $(20 \div 30)А$  құрауы мүмкін, бұл өз кезегінде, корпусқа тұйықталу кезінде басқарушы орама қорғанысының жоғары сезімталдылығын және эффективтілігін айқындайды.

– басқару орамасының кез келген секциясында орамдық тұйықталу кезінде осы фазаның басқа орамаларына қатысты симметриясы бұзылады – желілік және компенсациялық, олардың арасында тұйықталған орамдардың санына сәйкес апаттық токтардың ағуымен болатын трансформаторлық байланыс пайда болады. Жоғарыда көрсетілген реактордың КО МТҚ ұстамы реактордың номинал тогынан айтарлықтай аз таңдалуы мүмкін болғандықтан, ол орамдық тұйықталудан компенсациялық ораманы ғана емес, сонымен қатар басқару орамасы мен реактордың желілік орамасының да 90% жоғарысын қорғайды.

### ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Долгополов А.Г. Проектирование релейной защиты управляемых подмагничиванием реакторов. Вестник МЭИ. Москва, 2007ж.
2. Долгополов А.Г. Управляемые шинные реакторы. Выбор параметров максимальных токовых защит. Новости электротехники. №1(61) 2010ж.
3. Руководство по эксплуатации. «Терминал управления присоединением высокого и сверхвысокого напряжения 6МД».
4. Указания по расчету электрических нагрузок. Вторая редакция - М.: Энергия, 2003.
5. Проектирование систем электроснабжения. Методическое указания и задания по кусовому проекту. Для специальности 5В071800 «Электроэнергетика».
6. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. Шабад М.А. – СПб.:ИЭИПК. - 4-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург, 2003.
7. Современные средства релейной защиты и автоматики энергосистем./ Гловацкий В.Г., Пономарев И.В.. - 2004.
8. Электрическая часть электростанции и подстанции./ Под ред. Неклепаева Б.Н., Крючков И.П., – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 19897 г.
9. Электрическое освещение. Справочник. Козловская В.Б. – Минск: «Техноперспектива», 2007.
10. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. “Электрооборудование станций и подстанций” - М. Энергоатомиздат

УДК 621.311.04

Қазезбек М.А. (18-МЭЛК-2п), Асылжанова А.Б.(ВКГТУ)

## ОПТИМИЗАЦИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

На гидроэлектростанциях (ГЭС), как правило устанавливаются однотипные турбины и генераторы. В этом случае допускается считать, что при равномерном распределении нагрузки между агрегатами выполняется условие равенства их к.п.д., и электростанция работает в оптимальном режиме. В действительности энергетические характеристики даже одинаковых агрегатов имеют отличия вследствие как конструктивных особенностей, так и неодинаковых режимов эксплуатации (например, различное состояние сороудерживающих решеток, разный кавитационный износ проточных частей турбин).

Одной из важных особенностей функционирования ГЭС - является использование ими ограниченных объемов водохранилищ для хранения гидроэнергетических ресурсов. Использование ограниченного количества воды для производства электроэнергии в любой интервал времени влияет как на распределение объемов выработки электроэнергии в периоды регулирования, так и на суммарную выработку станции. С экономической точки зрения, использование запасов воды приводит к динамической зависимости топливных затрат на производство электроэнергии в отдельных временных интервалах периода регулирования, что особенно проявляется в энергосистемах, в которых доля ГЭС составляет значительную часть.

Повышение эффективности режимов энергосистем, в которых участвуют ГЭС, зачастую добиваются путем оптимизации режимов ее работы. Так, на протяжении многих лет, научные деятели и проектно-инженерные организации все большее внимание уделяют вопросам оптимальных режимов ГЭС. Полученные разработки авторов используются как основа решения режимных задач в типичных условиях энергосистем, но в силу того, что генерирующие объекты меняют не только свой технологический механизм, но и общую долю участия в энергосистеме – появляется необходимость корректировать стандартную методику под специфичные энергосистемы.

Функционирование генерирующих источников всегда связано с перечнем внешних факторов, которые, так или иначе воздействуют на процесс выработки электроэнергии в энергосистеме. Отличительной особенностью работы системы, в которой присутствует ГЭС, является прямая зависимость режима работы гидрообъекта от сезонности стока. Таким образом, можно сказать, что существуют определенные спады в зимний и летний периоды, приводящая к тому, что в некоторых регионах малая гидроэнергетика рассматривается уже не как основной источник выработки электроэнергии, а как резервная (дублирующая) генерирующая мощность. Естественный режим речного стока в большинстве случаев отличается крайней неравномерностью. Так, например, на равнинных реках со снеговым питанием в периоды весеннего половодья (1,5—3

месяца) приходит обычно до 60—70% общего объема годового стока. Такое распределение стокообразующей величины находится в резком противоречии с режимом его потребления:

- в многолетнем разрезе для нужд энергетики предпочтителен равномерный режим стока;
- в годовом разрезе ГЭС предъявляют повышенный спрос на воду в осенне-зимние месяцы (когда расходы воды в водоеме наименьшие);
- в суточном разрезе график нагрузки ГЭС отличается значительной неравномерностью, тогда как приточность равнинных рек в течение суток обычно почти неизменна.

Неравномерно распределен сток и по территории страны, что увеличивает непрерывно возрастающий спрос на воду в крупных регионах страны. Все это приводит к необходимости перераспределения естественного стока во времени, которое в большинстве случаев осуществляется с помощью регулирования стока водохранилищами, в которых задерживается избыточный естественный приток. Таким образом, регулирование стока является некоторым процессом его перераспределения водохранилищами во времени и в пространстве, а промежуток времени от начала какого-либо одного периода сработки водохранилища от НПУ до начала следующего (после очередного его полного заполнения) называется - циклом регулирования. Длительность цикла регулирования определяет его разновидность, в соответствии с которым различают краткосрочное и длительное регулирование. К первому виду относят суточное и недельное регулирование, а ко второму — сезонное, годовое и многолетнее.

Суточное регулирование. Естественные (бытовые) расходы многих рек в течение суток остаются практически неизменными, исключение составляют лишь периоды половодий. Режим работы ГЭС имеет обратную картину: в период половодья он, как правило, неизменен, а в течение любых других суток — резко переменный. Вследствие этого расходы, пропускаемые турбинами ГЭС при переменном режиме, будут также переменными, изменяясь нередко от нуля до полной пропускной способности. В результате в течение некоторой части суток имеется избыточный приток, в течение другой — недостаточный. Отсюда суть суточного регулирования заключается в том, чтобы в часы малой нагрузки ГЭС запасти в водохранилище избыточный приток, а в часы повышенной нагрузки его сработать.

Недельное регулирование. В нерабочие дни недели нагрузка потребителей электроэнергии резко падает (особенно в воскресенье). В это время ГЭС может также снизить свою мощность до значения, меньшего того, которое она могла бы развить, работая на естественном расходе. Получающийся избыток воды может быть использован на заполнение водохранилища, сработанного за время рабочих дней недели. Таким образом, недельное регулирование обеспечивает неравномерное потребление воды ГЭС в течение недели в соответствии с недельными колебаниями нагрузки потребителей.

Годичное регулирование. Гидрологический годовой режим реки обычно отличается крайней неравномерностью и находится в противоречии с запросами электропотребления. Так, для решения данного вопроса нашло применение использование годичного регулирования, которое осуществляется путем задержания (частично или полностью) в водохранилище стока половодья и использование его в течение межени. Данное регулирование позволяет увеличить гарантированную мощность ГЭС и количество вырабатываемой ею энергии по сравнению с ГЭС краткосрочного регулирования за счет сокращения бесполезных сбросов стока половодья. Весь цикл регулирования при этом занимает 1 год. Водоохранилище годичного регулирования может, как это обычно и бывает, одновременно выполнять и краткосрочное регулирование (суточное и недельное).

Многолетнее регулирование. Цикл регулирования может длиться и несколько лет. Так, водохранилище наполняется избыточным стоком одного или нескольких многоводных лет и опорожняется в течение ряда маловодных. При данном регулировании уровень водохранилища в конце маловодного года будет всегда ниже, чем в его начале. Особенностью этого вида регулирования является непостоянство продолжительности цикла регулирования, которое характеризуется тем, что при неизменном расходе водохранилища период наполнения и период опорожнения водохранилища определяются исключительно гидрологической обстановкой каждого года. Так, чем больше относительный объем водохранилища, тем реже оно будет заполняться до отметки НПУ.

Компенсирующее регулирование. В некоторых схемах использования энергии по ряду причин приходится располагать ГЭС ниже по течению на значительном расстоянии от регулирующего стока водохранилища. При этом между ГЭС и водохранилищем может иметься большой приток, неблагоприятно влияющий своей неравномерностью на зарегулированный сток.

Трансформация половодья. Водоохранилище достаточно большого объема может быть использовано для борьбы с наводнениями и другими нежелательными последствиями, возникающими при прохождении весьма больших расходов воды во время половодий. В этом случае перед наступлением половодья водохранилище должно иметь некоторый свободный объем, что позволит иногда значительно «срезать» пик половодья и тем самым уменьшить наводнения в нижнем бьефе и расчетный расход, а также стоимость водосбросных сооружений данного и, как правило, нижерасположенных гидроузлов. Необходимый объем для срезки половодья обычно создается путем дополнительного увеличения высоты плотины. Стоит отметить, что получившийся форсированный объем уже не регулирует сток. Также данный метод изменения стока не используется в целях обеспечения дополнительной гарантированной выработки электроэнергии, т.к. после прохождения половодья заполненный объем должен быть освобожден от воды и подготовлен к приему следующего половодья.

Каскадное регулирование. Целью каскадного регулирования является обеспечение оптимального режима сработки и наполнения водохранилищ каскада по заданному критерию экономической эффективности. Каскадная схема использования водотока осуществляется, как правило, при комплексном использовании водных ресурсов, что позволяет осуществить не только наиболее полную утилизацию ресурсов, но и наиболее экономичную. При этом отдельные ступени каскада, будучи связаны общим водным режимом, могут также иметь гидравлическую, водохозяйственную и электрическую связи. Характер каскадного регулирования будет прежде всего зависеть от размера водохранилищ верхних ступеней. Чем больше их относительный объем, тем большую степень зарегулированности стока они создают, т. е. более зарегулированный сток будет поступать на все нижележащие ГЭС каскада. Стоит отметить, что данное явление не исключает возможности перерегулировки расходов, поступающих от вышележащих ГЭС.

С течением времени, задачи оптимизации электроэнергетического режима стали все больше сводиться к операционным задачам - проведению ряда операций с последующей выработкой системы действий, направленных на достижение соблюдения определенного критерия. В данном случае, степень достижения оптимальности критерия стала описывается некоторой функцией, которую назвали целевой функцией, которая в последующем была способна принимать действительные числовые значения. Так, если функция была сформулирована математически, то целью операции становилось получение экстремума заданной целевой функции.

Более же сложные оптимизационные задачи, несущие в себе учет накладываемых ограничений при ведении режимов, сформировали у большинства авторов подход к использованию специальных математических механизмов, входящими в разделы прикладной математики. Таким образом, данные методы уже имели возможность определять экстремумы сложных функций с помощью анализа и нахождения аналитических зависимостей между составными переменными. Так, используемые методы для нахождения экстремума функции при наличии ограничений в скором времени получили название методов математического программирования, которые состояли из линейного, нелинейного, динамического, а также стохастического программирования.

В общем виде, оптимизационная математическая модель уже состояла из:

- формального описания задачи;
- критерия решения задачи;
- независимых и зависимых переменных;
- уравнений связи между независимыми и зависимыми переменными;
- ограничений на переменные в форме равенств и неравенств, которые обычно определяются верхними и нижними границами изменения параметров системы.

Для оптимизационных задач большое значение стали иметь величины получаемых чисел и вид критериев эффективности. Так, с течением времени, стали выделять однокритериальные и многокритериальные задачи, которые

подразумевали учет в режимных задачах сразу нескольких критериев оптимизации, например, технических, экономических и коммерческих.

Что касается генерирующих энергоузлов, которым и уделено большее внимание в данной работе, то оптимизационные мероприятия для рассматриваемых объектов зачастую представляют собой решение внутростанционных задач, которые в той или иной степени могут повлиять на оптимальность режима энергосистемы в целом. В данном случае чаще всего первоочередными являются технические критерии оптимизации, такие как: минимум энергоресурса, максимум выработки электроэнергии, максимум КПД и т.д. Среди наиболее распространенных методов, которые были разработаны для достижения вышеупомянутых задач, можно выделить и описать несколько методов, сравнение которых позволит выбрать оптимальный и производить решение задач диссертационного исследования с его помощью.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Пантелеев, В. И. Многоцелевая оптимизация и автоматизированное проектирование управления качеством электроснабжения в электроэнергетических системах: монография / В. И. Пантелеев, Л. Ф. Поддубных. – Красноярск: Изд-во Сиб. федер. ун-т, 2009. – 194 с.

2.Секретарев, Ю.А. Ситуационное оперативное управление электрическими станциями в нормальных режимах: дис. д-ра техн. наук: 05.14.02: утв. 14.07.2000 / Секретарев Юрий Анатольевич. – Новосибирск, 1999. – 280 с.

3.Гидроэнергетика / А. Ю. Александровский [и др.] ; под ред. В. И. Обрезкова. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 608 с.

4.Litrico, X. Robust continuous-time and discrete-time flow control of a dam-river system / X. Litrico, D. Georges // Applied Mathematical Modelling. – 1999. – № 23. – P. 809–827.



УДК 621.311

Қазезбек М.А. (18-МЭЛК-2п), Асылжанова А.Б.(ВКГТУ)

## СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

В настоящее время во всем мире и в Республике Казахстан проявляется интерес к получению энергии из возобновляемых источников энергии, которыми являются энергия воды, биомассы и солнца. Применение установок, преобразующих энергию этих источников в любой другой вид энергии, направлено, прежде всего, на улучшение энергоснабжения небольших объектов, расположенных в зонах, удаленных от централизованных электрических сетей. В Казахстане существует множество мест компактного проживания населения, значительно удаленных от районов с развитыми электрическими сетями: это села, расположенные в труднодоступных горных районах. Кроме того, существует много временных сезонных поселений на высокогорных пастбищах, геологоразведочных объектов, станций и постов различных служб, туристические комплексы, охотничьи хозяйства, пасеки и пр. Для энергоснабжения таких мелких рассредоточенных потребителей, в основном, применяются дизельные или бензиновые генераторы. Наряду с их преимуществами по транспортировке, простоте пуска и остановки, эти агрегаты имеют существенные недостатки – использование дорогого дизельного топлива (или бензина) и масла, загрязнение окружающей среды выхлопными газами и топливом, необходимость создания запасов горючего и высокая пожарная опасность, сложность доставки топлива на большие расстояния, высокий уровень шума.

В то же время, как правило, характерной особенностью удаленных мест проживания является наличие в непосредственной близости от них естественных водотоков, которые являются источниками питьевой воды. На природных водотоках в горных условиях в изобилии имеются участки, где на относительно небольших расстояниях наблюдаются значительные перепады уровня русла (уклоны рек, перекаты, пороги, водопады). Такие участки обладают большим гидроэнергетическим потенциалом, использование которого путем установки микро ГЭС является эффективным решением проблемы.

Микрогидроэлектростанция — объект малой гидроэнергетики. Эта часть энергопроизводства занимается использованием энергии водных ресурсов и гидравлических систем с помощью гидроэнергетических установок малой мощности. Малая гидроэнергетика получила развитие в мире в последние десятилетия, в основном из-за стремления избежать экологического ущерба, наносимого водохранилищами крупных ГЭС. Принцип работы микро ГЭС заключается в том, что ее гидротехнические сооружения обеспечивают необходимый напор воды, поступающей на лопасти гидротурбины, которая приводит в действие генератор, вырабатывающий электроэнергию. Этот напор

воды образуется деривацией – естественным стоком воды (если это деривационный тип микро ГЭС) или плотиной (если это плотинный тип) Технические параметры микро ГЭС зависят от гидротехнических условий: от расхода воды – объема воды в литрах (или в метрах кубических), проходящей через турбину за 1 секунду; от напора – расстояния от верхней и до нижней точки падения воды на турбину. В зависимости от характеристик напора разделяют высоконапорные, средненапорные и низконапорные микро ГЭС. Также устройство микро ГЭС зависит от схемы ее расположения.

Напорная микро ГЭС деривационного типа. Принцип ее работы заключается в том, что вода отводится по деривационному каналу с небольшим уклоном и за счет длины канала достигается необходимый напор воды. Дальше, вода по напорному трубопроводу подается на гидроагрегат, расположенный внизу, после чего, использованная вода возвращается обратно в реку.

В некоторых случаях, микро ГЭС сооружают путем строительства плотины на пути речки или ручья. Это позволяет решить две задачи:

а) достижение необходимого напора за счет подъема воды на необходимую высоту;

б) регулирование расхода и режима воды (то, что в вышеуказанных примерах решается за счет напорного бассейна). Вода, накопленная в этом небольшом водохранилище, дальше работает по тому же принципу – вода по напорному трубопроводу подается на гидроагрегат.

В состав всех видов микроГЭС входят гидротехнические сооружения, гидромеханическое и электротехническое оборудование. Гидротехнические сооружения служат для создания условий функционирования электромеханического оборудования микроГЭС и включают в себя (в зависимости от типа и схемы расположения микроГЭС) водозаборное сооружение; деривационный канал; напорные бассейн и трубопровод; устройства для защиты от мусора и льда; плотина; водосброс и другое. Электромеханическое оборудование преобразует энергию воды в электрическую энергию и включает в себя гидроагрегат (гидротурбина и генератор), блоки управления водой и электрической частью.

В настоящее время многие фирмы производят переносные ГЭС различной мощности, рассчитанные на работу в различных диапазонах напора и расхода воды. Эти микро ГЭС просты в управлении и надежны в эксплуатации, не требуют постоянного обслуживающего персонала, могут быть смонтированы и пущены в действие людьми без специальной подготовки, обеспечивают электроэнергией необходимые бытовые приборы, могут быть использованы в условиях с передвижным (кочевым) характером работы. Рассмотрим некоторые примеры продукции известных фирм.

Основные и дополнительные сооружения микроГЭС. Гидротехнические сооружения: Водозабор предназначен для отвода необходимого объема (расхода) воды из основного русла реки в деривационный канал или сразу в

напорный бассейн. Кроме обеспечения бесперебойного снабжения гидроагрегата водой в нужном количестве и в требуемое время, он защищает от попадания льда, мусора и т.п.

Очень важно, чтобы водозабор функционировал при любых уровнях потока воды, от самого низкого до уровня паводков. Он также должен защищать оборудование микро ГЭС от ила, песка, гравия или другого мусора, приносимого течением. Правильный проект водозабора является решающим фактором для функционирования всей микро ГЭС.

Деривационный канал служит для подачи воды от водозаборного сооружения к напорному бассейну. Канал должен иметь уклон по всей своей длине для обеспечения естественного тока воды. Деривационный канал может быть любой длины – от нуля (если напорный трубопровод начинается от водозабора) до нескольких километров.

Большинство экономически оправданных деривационных каналов – это открытые каналы, поскольку они могут строиться с малым уклоном и большим поперечным сечением и, следовательно, приводить к малым потерям напора воды.

Напорный бассейн служит для равномерной подачи воды в напорный трубопровод. Он обеспечивает затопленность напорного трубопровода водой (во избежание захвата воздуха и, соответственно, гидроудара по турбине) и режим подачи воды в трубопровод – регулируя изменяющийся объем потока воды. Вода в напорном бассейне должна быть спокойной, без бурунов и завихрений. Отверстие напорного трубопровода должно быть всегда затоплено водой (минимальное расстояние от отверстия напорного трубопровода до верхней отметки воды должно составлять не менее 30-40 см). В напорном бассейне устанавливаются: сороудерживающая решетка (для защиты турбины от мусора, камней, веток и т.д.); затвор для регулирования подачи воды в напорный трубопровод и затвор для сброса воды и донных наносов. Размер напорного бассейна обычно определяется на основании технических требований к турбине. Напорный трубопровод служит для подачи воды из напорного бассейна к гидроагрегату. Он может быть металлическим, асбоцементным, пластмассовым, деревянным. Диаметр трубопровода должен строго соответствовать расходу воды. Напорный трубопровод можно закапывать в траншею, прокладывать по земле или располагать на опорах. Отводящий канал предназначен для отвода воды из отводящего тракта обратно в реку. Место впадения воды в реку должно быть укреплено бетоном или камнем для предотвращения размыва этого места. В некоторых случаях (в зависимости от конструкции ГЭС), на выходе отработавшей воды из отводящего тракта необходимо сооружение гасителя.

Гидромеханическое оборудование. Кроме гидротехнических сооружений в состав микроГЭС входят гидротурбины, гидрогенераторы и электрическая система управления. Гидротурбина состоит из подводящего тракта непосредственно рабочего колеса, направляющего аппарата и отводящего тракта.

Подводящий тракт – это система организации подвода воды непосредственно к направляющему аппарату и рабочему колесу гидротурбины из напорного трубопровода. Он может содержать различные соединительные и регулировочные устройства (фланцы, задвижки). Отводящий тракт – это система организации отвода воды из турбинной камеры для сброса ее в реку.

Пропеллерные турбины (турбина Каплана) Пропеллерная турбина имеет самую высокую быстроходность среди всех типов турбин. Что позволяет при малых скоростях потока получать более высокую скорость вращения. Высокие обороты турбины в свою очередь позволяют применять более быстроходные, а значит, более легкие и дешевые электрогенераторы или уменьшать расходы на передаточные устройства (редукторы или ременные системы передач). Поэтому пропеллерные турбины применяют при самых низких напорах, когда скорости потока невелики.

Радиально-осевые турбины (Турбина Френсиса) Вода на рабочее колесо радиально-осевой турбины поступает с наружной стороны колеса и движется по радиусу к центру турбины. Пройдя между лопастями сложной пространственной изогнутой формы, вода отдает энергию ротору, заставляя его вращаться. Для правильной и равномерной подачи воды по всей окружности рабочего колеса, оно окружено спиральной камерой.

Ковшовые турбины (Турбины Пелтона) Этот тип турбин применяют при больших напорах. Напорный трубопровод заходит в здание гидроэлектростанции и заканчивается соплом, направляющим струю на рабочее колесо турбины. Струя воды, вылетающая из сопла, прокатывается по вогнутой поверхности ковша и изменяет направление своего движения на противоположное.

Передаточные устройства. Передаточные устройства необходимы для передачи вращательной энергии от турбины к генератору. Некоторые конструкции микро ГЭС предусматривают прямую передачу энергии посредством вала (рабочее колесо и ротор генератора находятся на одном валу). Другие системы передачи (ременные или редукторные), могут, как изменять передаточное число вращения рабочего колеса к ротору генератора, так и передавать его без изменений.

Гидрогенератор – это генератор электрического тока, приводимый во вращение гидротурбиной. Обычно гидрогенератором является синхронный генератор, ротор которого соединён с гидротурбиной (напрямую или через передаточные механизмы). Также допустимо использование обыкновенного асинхронного электродвигателя в генераторном режиме, то есть вращение этого электродвигателя от гидротурбины будет тоже давать электрический ток, но в асинхронном режиме. Однако, такое их применение ограничивается тем, что они являются генераторами активной мощности и потребителями реактивной мощности. Поэтому, асинхронные генераторы способны работать лишь в системе, где имеется источник реактивной мощности. Реактивная мощность поступает за счет конденсаторов, включенных параллельно нагрузке,

либо с целью улучшения эксплуатационных свойств. Принцип действия любого генератора основан на явлении электромагнитной индукции. Если в однородном магнитном поле равномерно вращается рамка, то в ней возникает, переменная электродвижущая сила, частота которой равна частоте вращения рамки. Будем ли мы вращать рамку в магнитном поле, или магнитное поле вокруг рамки, либо магнитное поле внутри рамки, результат будет один – электродвижущая сила, изменяющаяся по гармоническому закону.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушаков В. Я. Современная и перспективная энергетика // Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2008. С. 468.
2. Чугаев Р. Р. Гидротехнические сооружения // М.: Высшая школа, 1978. С. 352.
3. Кривченко Г. И. Гидравлические машины // М.: Энергия, 1978. С. 320.
4. Спирин Е. А. Повышение энергетических характеристик ортогональной турбины // Красноярск: ИПЦ СФУ, 2008. С. 97–103.
5. Малая энергетика: сайт / М. Н. Розин. М., 2005. URL: [http://rosinmn.ru/elektro/alternator\\_windex.htm](http://rosinmn.ru/elektro/alternator_windex.htm) (Дата обращения 02.05.2012).

УДК 621.039.54

Қалиев Н.И. (17-ТФК-1), Нуркенова Б.Д. (ШҚМТУ аға оқытушысы)

## ЯДРОЛЫҚ ОТЫН

Реактордың белсенді аймағын балқытуды моделдеу кезінде әр түрлі жылулық-физикалық қасиеттері бар материалдарды балқыту көлеміне жүктеуге тура келеді. Басқаша айтқанда, уран диоксиді балқытпасын алу үшін белсенді аймақтың басқа компонентін - тот баспайтын болаттан тұратын твэлдердің қабығын қыздыру қажет. Бұл ретте олардың тығыздығының айырмашылықтарынан және қызудың бірдей температурасы кезінде молекулалар белсенділігінің айырмашылықтары салдарынан тот баспайтын болаттың булануы және компоненттердің қатпарлануы сияқты құбылыстар болуы мүмкін.

Жылу нейтронды реакторлардың белсенді аймағының құрамына мыналар кіреді: ядролық жанармай - цирконий қорытпасы (циркалой-4); жылу-ды шығаратын жылу тасымалдаушы; отынды сұйылтқыштар ( $U^{238}$  және отынның химиялық компоненттері, мысалы, уран немесе плутоний диокси-діндегі оттегі) және жоғары температура кезінде жылуды жанармайдан жылу тасымалдағышқа қарқынды және қауіпсіз тасымалдауды қамтамасыз ететін конструкциялық материалдар.

Уран диоксиді корпустық және каналды реакторларда қайнамайтын және қайнайтын су жылу тасымалдағышы бар, сұйық-металл жылу тасымалдағышы бар жылу нейтронды реакторларда, газды жылу тасымалдағышы бар реакторларда қолданылады. Негізінен уран диоксиді өзекті твэлдерде дәнекерленген бұйымдар (өзекшелер, таблеткалар) түрінде қолданылады. Уран диоксидінен (негізінен таблетка түрінде) бұйымдар өндіру ауқымы өте маңызды, оларды дайындау технологиясы жақсы пысықталған және өнеркәсіпте игерілген. Уран диоксидінің кейбір қасиеттері:

- іс жүзінде уран массалық құрамы 88% болатын  $UO_2$  қолданылады;
- теориялық тығыздығы  $UO_2$   $10,97 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;
- жинақы бұйымдарда  $UO_2$  тығыздығы  $10,0 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>-ден астамды құрайды, ұнтақтардан тығыздалған массада (8,8-9,5)  $10^3$  кг/м<sup>3</sup>;
- балқу температурасы  $2880 \pm 20$  °С стехиометриялық құрамнан ауытқулар кезінде азаюы мүмкін;
- $UO_2$  сызықтық термиялық кеңеюдің өте жоғары коэффициентіне ие: шамамен  $11 \cdot 10^{-6}$  1/°С.

Температура өсуімен  $UO_2$  өте төмен жылу өткізгіштігі одан да көп азаяды. Қабықшадағы ұнтақты тығыздау арқылы алынған отын массасында тығыздықтың төмендеуі кезінде жылу өткізгіштік төмендейді.  $UO_2$  - нің негізгі артықшылықтарының бірі отынның жану тереңдігі уран тоннасына тәулігіне он мың мегаватт сәулелендіру жағдайында ұзақ уақыт жұмыс істеу қабілеттілігінде. Уран диоксиді балқытудың жоғары температурасына ие және кон-

струкциялық материалдармен жоғары температураға дейін өзара әрекеттеспейді. Қалыпты параметрлер кезінде уран диоксиді сумен, бумен және басқа да жылу тасымалдаушылармен әрекеттескенде жоғары коррозиялық төзімділікке ие.  $UO_2$  бұйымдарды жаппай дайындау кезінде ол технологиялық материал болып табылады.

$UO_2$  кемшіліктері: төмен жылу өткізгіштігі, сынғыштығы, сондай-ақ металл отынмен салыстырғанда аз тығыздығы және отын композициясындағы уранның пайыздық құрамы. Соңғы жағдай металл отынды пайдалануға қарағанда бөлінетін изотоп бойынша неғұрлым жоғары байытылатын уранды қолдану қажеттігіне алып келеді.

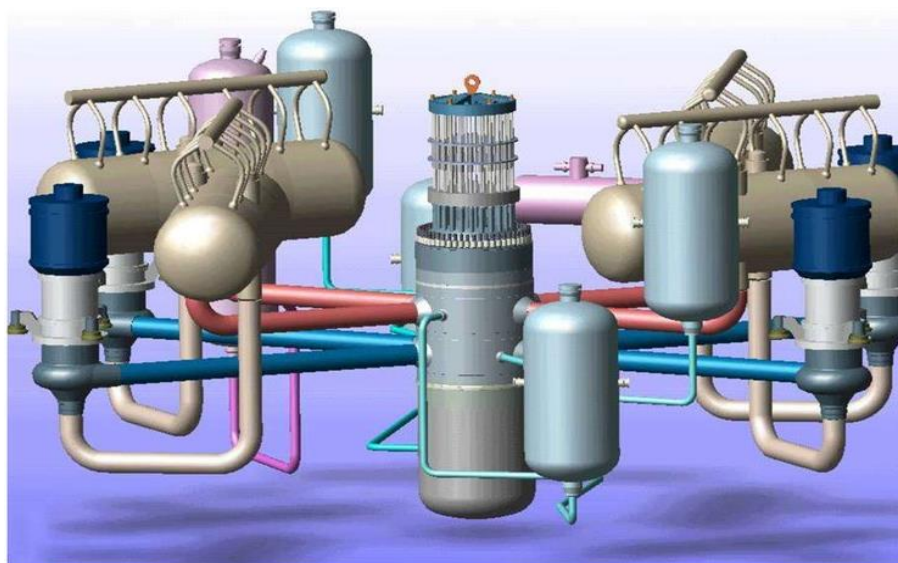
**Жылу бөлетін элемент.** Твэл - бұл пластикалық қасиетті арттыру үшін ниобиймен қоспаланған цирконийден жасалған герметикалық құбыр. Материалдың балқу температурасы шамамен  $1900^{\circ}C$ ,  $350^{\circ}C$  жоғары температурада беріктігі нашарлайды. Қабықтың қалыңдығы 0,65 мм, түтіктің сыртқы диаметрі 9,1 мм. Твэл ұзындығы 3800 мм, салмағы - 2,1 кг. Ішінде уранның таблеткалары мен жоғарғы бөлігінде олардың жылулық орнын толтыратын серіппе болады. Твэл-да  $10,4-10,7 \text{ г/см}^3$  тығыздығы бар уран диоксидінің таблеткалары орналастырылған, әрқайсысы сыртқы диаметрі 7,57 мм және биіктігі 20 мм. Таблетканың ортасында диаметрі 1,2 мм тесік бар, шеттері фаскамен көмкерілген. Таблетка мен қабықшаның арасындағы саңылау, сондай-ақ орталық тесік радиациялық ісіну нәтижесінде таблетканың ұлғаюына арналған. Таблеткалар твэлге кесілген төлкелермен тіркелген. Таблеткалар бағана-сының жалпы ұзындығы - 3530 мм (жоғары қуатта 30 мм-ге ұзарады), олар жылу бөлетін элементтің ішіндегі 70% кеңістікті алады, қалған кеңістік газдар алады. Твэлдерді дайындау кезінде гелийді  $20 - 25 \text{ кгс/см}^2$  қысымға дейін айдайды, пайдалану процесінде оған элементтің ішіндегі қысымды  $50 - 80 \text{ кгс/см}^2$  дейін арттыратын газ тәріздес бөлу өнімдері қосылады. Жоғары қуатта жұмыс істеу кезінде таблеткалардың ортасындағы орташа температура  $1500 - 1600^{\circ}C$ , бетінде -  $470^{\circ}C$  құрайды. Жылу энергиясы тізбекті реакцияның өтуі кезінде  $450 \text{ Вт/см}^3$  қарқындылықпен бөлінеді. Твэлдағы барлық таблеткалар, әдетте, барлық ТВС-да, бүйірдегі 150 мм байытылмаған уранмен жұмыс істейтін соңғы әзірлемелерден басқасының барлығы бірдей байытуға ие. ВВЭР-1000 үшін стандартты байыту: 1,6 - 2,0 - 2,4 - 3,0 - 3,6 - 4,0 - 4,4 - 5,0%.



Сурет 1. Жылу бөлетін элементтің сыртқы көрінісі (твэл)

Бастапқыда 2,35 мм ішкі тесігі және 4,4% - ға дейін ең жоғары байытылуы бар таблеткалар қолданылды. Қабықшаның материалы ретінде 1% нио-бий бар Э110 қорытпасын пайдаланылса, ал 2000-шы жылдардан бастап радиациялық сырғу тұрғысынан жақсартылған жаңа материал - 1% Nb, 1-1,5% Sn және 0,3 - 0,5% Fe бар Э635 қолданыла бастады. Э635 қорытпасының жақсаруы темірмен байытылған альфа-қатты ерітіндінің маңызды рөлімен түсіндіріледі. Ішкі тесік 1,2 мм-ге дейін азайтылды, максималды байыту 5% - ға дейін ұлғайтылды. Жану жұтқышы - тікелей отын матрицасына енгізілетін гадолиний оксидін (мұндай твэлдарды ТВЭГ деп атайды) пайдалану маңызды жақсару болды. Бұл жоғары байытылған жаңа отынның артық реактив-тілігін төмендетуге мүмкіндік береді.

**Жылу бөлетін құрастырма.** ВВЭР-1000-де қолданылатын түтіксіз жылу бөлетін құрастырмалар (ТВС) алты қырлы пішінді болады. Құрастыру ұзындығы шамамен 4,5 м, салмағы-760 кг, көлемі-80 л, "кілтке" өлшемі-234 мм. Олардың белсенді аймақтағы жалпы саны - 163. Әрқайсысы 312 твэлдан тұрады және СУЗ жұмыс органдарының кіруіне арналған 18 құбырлы каналы бар. Ол орналастыру қадамы 12,75 мм, бір-бірінен 3,65 мм қашықтықта орналасқан. В-187 бас жобада отынның конструкциясы айтарлықтай ерекшеленеді: 151 ТВС, әрқайсысында 317 твэл, "кілтке" өлшемі - 238 мм. Сериялық реакторлардан кейінгі жобалардағы твэлдердің саны 311, бұл СУЗ кластерлеріне ТВС санының 121-ге дейін (сериялықтарда 61-ге дейін) артуымен байланысты. ТВС негізгі бөлігі твэлдердің шоғырын құрайды, олардың әрқайсысы "ласточкин хвост" типімен қосылған ТВС құйрығының төменгі бөлігіне бекітіледі. Жоғарғы жағынан элементтер шоғыры серіппелер арқылы бастиекке тіреледі, серіппелердің максималды жүрісі 22 мм. Конструкцияның қаңқасын 18 құбырлы бағыттаушы арнадан және 12-15 дистанционды торлар құрайды. Әрбір ТВС арқылы судың номиналды шығыны шамамен 500 м<sup>3</sup>/сағ, оның орташа жылдамдығы 5,6 м/с құрайды. Әрбір ТВС-қа 450 кгс-қа жуық гидравликалық итеру күші әсер етеді.



Сурет 2. ВВЭР-1000 жылу бөлетін құрастырма



**Реактордағы ауыр авария.** Реакторлардың белсенді аймағының материалдарының үлкен массасын балқытатын эксперименттер өте күрделі және қымбат тұратын болып табылады. Оларды орындау үшін зерттелетін материалдардың, сондай-ақ электр балқыту торабының материалдарының мінез-кұлқын егжей-тегжейлі зерттеу талап етіледі, өйткені құрамында уран диоксиді бар материалдардың балқымасын алу үшін 3000 К дейін қыздыру қажет, бұл өзі күрделі міндет болып табылады.

Ауыр авариялардың ықтимал салдарларының алдын алу және оларды жою жөніндегі қажетті шараларды әзірлеу үшін авариялық жағдайдың барысын болжау қажет.

Жылдам нейтронды энергетикалық ядролық реакторларда отын балқытын ауыр авариялар кезіндегі негізгі қауіптілік қайта сыншылықтың туындау ықтималдығы болып табылады.

Ауыр авариялар кезінде реакторларда уран диоксидінің балқуы және оның конструкциялық материалдармен және жылу тасымалдағышпен араласуы жүреді. Конструкциялық материалдармен араласып, қатып қалған отынның фазалық құрамы күрделі болуы мүмкін, ол мысалы, конструкциялық материалдардың түрі мен саны, өзара әрекеттесу және салқындату уақыты және тағыда басқа факторларға тәуелді.

Бүгінде жылдам реакторлардың белсенді аймағының жаңа құрылымын құру идеясы бар, онда қайта сыншылықтың пайда болу мүмкіндігі жоқ. Идеяның мәні отын балқыса, пайда болған балқыма реактордың белсенді аймағынан аварияның ерте сатысында алыстататындай конструкциясының өзгеруі болып табылады. Қазіргі уақытта осы тұжырымдаманы растау үшін көптеген зерттеулер жүргізілуде.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-4/part-1/section-7/7-2>
2. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо. Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 248 б.
3. Андреев Г.Г., Дьяченко А.Н. Введение в химическую технологию ядерного топлива, -Томск: Томский политехнический университет, 2010. -165 б.
4. Алексеев С.В., Зайцев В.А. Нитридное топливо для ядерной энергетики, Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2013. – 240 б.
5. Самойлов А.Г., Волков В.С., Солонин М.И. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов: Учебник для вузов, - М.: Энергоатомиздат, 1996 – 400 б.
6. Зайцев А.В. Ядерное топливо с покрытием, Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2018.
7. <https://stud.kz/referat/show/68678>
8. <http://www.aem-group.ru/mediacenter/informatoriy/yadernoe-toplivo.html>

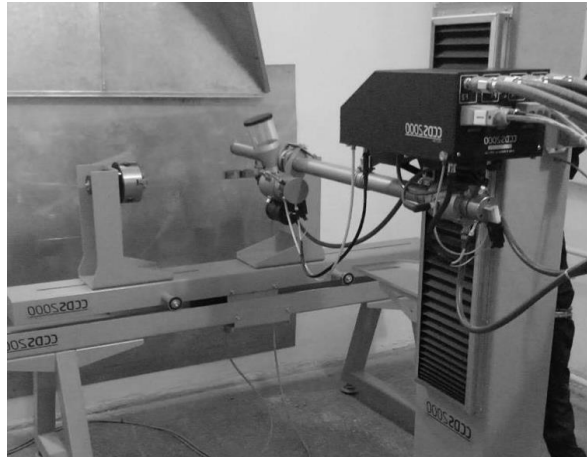
ӘОЖ 538.9

Қантай Н. (18-ДТФ-3), Рахадиллов Б. (ШҚМУ), Нәбиолдина А.Б. (ШҚМУ), Ескермесов Д. (ШҚМТУ), Плотников С. В. (ШҚМТУ), Насырова А. (ШҚМУ)

## ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН АЛЮМИНИЙ ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЫЛУДАН ҚОРҒАҒЫШ ЖАБЫН АЛУ

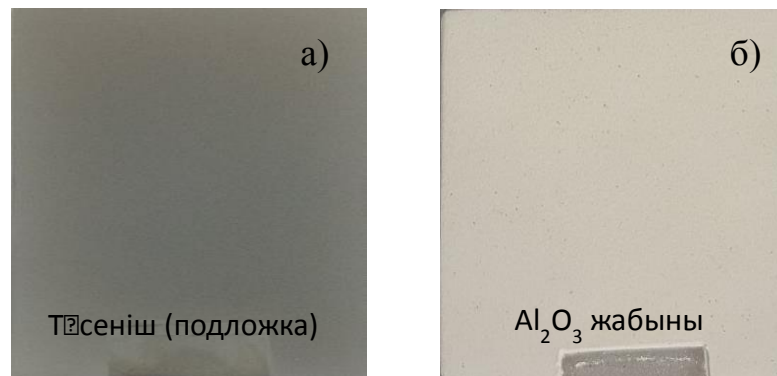
Қазіргі таңда өнімділікті нығайту, металдар мен қорытпалардың физика-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін жоғары физика-механикалық және химиялық өлшемдері бар қорғаныш жабындары қолданылады: қаттылық, тозуға және агрессивті ортаға төзімділік, жылу және электр өткізгіштіктің төмен деңгейі және т.б. бұл құрылымдық бөліктердің ресурсы мен сенімділігін едәуір арттыра алады. Жоғары жылдамдықты клапандармен жабдықталған ССДС детонациялық кешені газбен қамтамасыз етуді (тотықтырғыш, жанармай, тазартқыш газ) және әр соққыдағы ұнтақтардың бөлшектерін дәл және тұрақты мөлшерлеуге және үдеуін есептеуге мүмкіндік береді. Соңғы уақытта газтурбиналық қозғалтқыштардың (ГТК) жұмыс қалақтарының беткі қабаты жоғары температуралы агрессивті сыртқы ортаның, қарқынды жылулық және механикалық жүктеменің әсерінен коррозиялық бүлінуге ұшырайды [1-2]. Сонымен қатар, әртүрлі мақсаттағы ГТК тиімділігін арттыру қажеттілігі никель негізіндегі ыстыққа төзімді қорытпаларды балқыту температурасымен шектелген жұмыс температурасын ұлғайтуды талап етеді. Қалақтарды қорғаудың ең тиімді құралы жылудан қорғау жабындары болып табылады, өйткені оларды қолдану қалақшаның жұмыс температурасын едәуір төмендетуге немесе турбина алдындағы жұмыс газының температурасын көтеруге мүмкіндік береді [3]. Жылудан қорғағыш әсерге қол жеткізу үшін 100°C-та YSZ ~150 мкм керамика қабатын жағу қажет, жылудан қорғағыш жабын көмегімен қалақшалардың массасын азайтуға және турбиналық секция бойымен қозғалтқыштың газ-ауа жолының саңылауын ұлғайтуға болады. Бұған тек ЖКЖ қабатының қалыңдығын азайту және керамикалық қабаттың жылу өткізгіштігін төмендету арқылы ғана мүмкін болады [4]. Соңғы жылдары ZrO<sub>2</sub>-8% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (YSZ) жүйесін ауыстыруға қабілетті керамикалық қабатқа (КҚ) арналған жаңа материалдар қарастырылуда. Айта кету керек, жылудан қорғағыш жабын жүйесінің ең жақсы көрсеткіштеріне қол жеткізу үшін ыстыққа төзімді жалғағыш (соединитель) қабатқа арналған жаңа құрамдарды іздеу жүргізілуде [5]. Сол себепті детонациялық әдіспен алюминий оксиді негізінде жылудан қорғағыш жабын алу мақсаты қойылды.

Зерттеу материалы ретінде детонациялық әдіспен болаттың бетіне жағылған алюминий оксиді жабыны алынды. Жабынға таңдалған ұнтақ М40 супер. Зерттеу жұмысында ССДС 2000 детонациялық тозаңдау құралы, ПМТ-3 микроқаттылықты анықтау құралы, Neophot-21 оптикалық микроскобы, XPertPRO рентген дифрактометрі көмегімен рентгенқұрылымдық талдау жүргізу қолданылды.

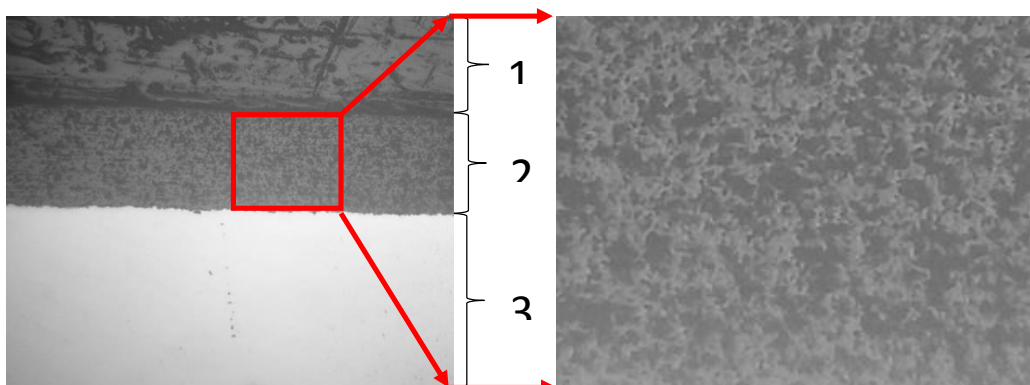


1 - Сурет CCDS 2000 детонациялық тозаңдау құралы

Болаттың ұзыны 70мм\*50мм кесіп алып, кедір-бұдырлығы 100, 400, 800, 1000, 2000 жылтыратқыш қағазбен үлгінің беті тегістелді. Одан кейін құм ағынымен атқыланып, бетін спиртпен тазаланды. Детонациялық жарылысты тудыруға ацетилен, пропан, оттегі, азот газдары пайдаланылды. 2- а суретте бастапқы қаптауға дейінгі құммен атқыланған болаттың беті, 2- б суретте  $Al_2O_3$  ұнтағымен қапталғаннан кейінгі беткі қабаты.



2 - Сурет Болаттың бастапқы және детонациялық тозаңдаудан кейінгі беті

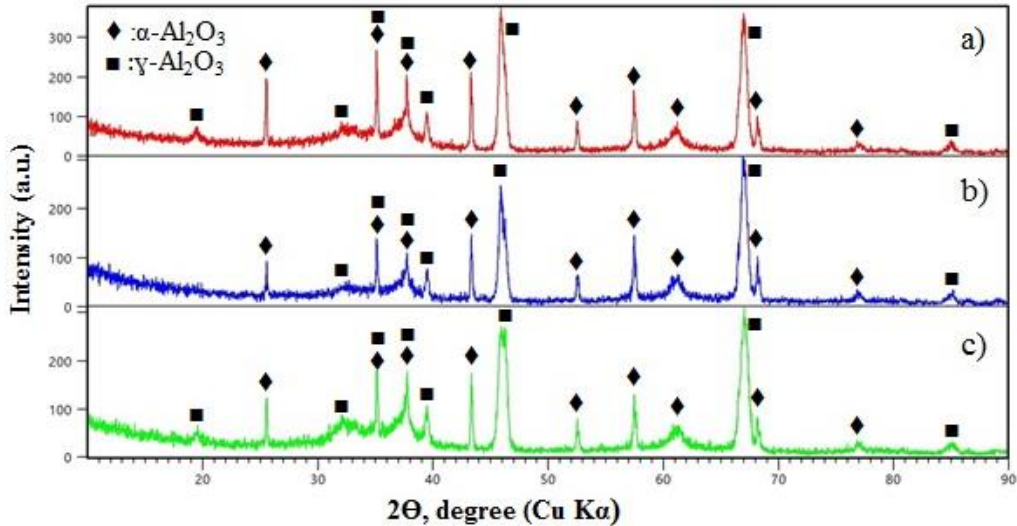


1-қатырған кілей; 2-  $Al_2O_3$  жабыны; 3- төсеніш (подложка)

3 - Сурет Көлденең қимасынан түсірілген құрылым

Таңдалынып алынған  $Al_2O_3$  ұнтақты болаттың бетіне детонациялық әдіспен жағылды (3 - сурет). Қырынан түсірілген құрылымға қарап, металмен жабын арасының бір-бірімен қабыса беттескендігін, жабын құрылымның

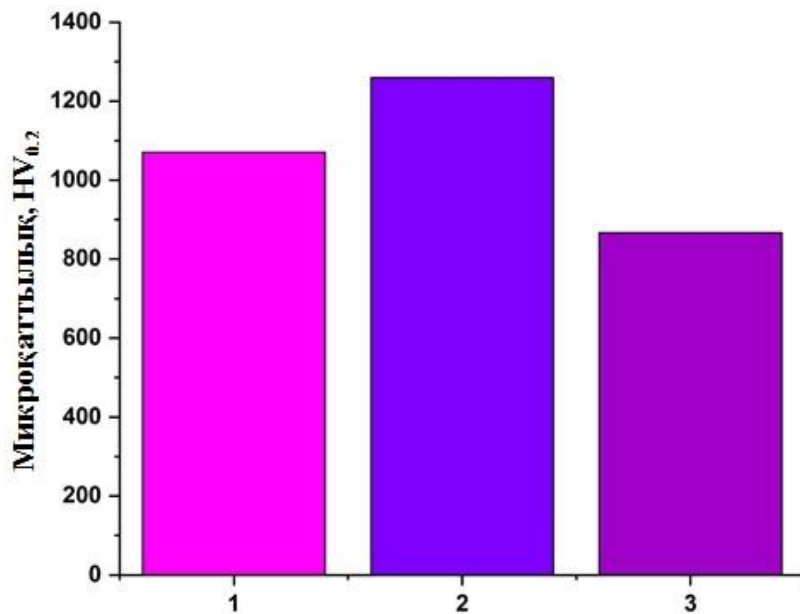
біртектілігін байқауға болады, сонымен бірге қуыстардың аздығы байқалды. Алынғын жабынды  $1.5 \cdot 10^{-4}$  Па вакуумда  $500^\circ\text{C}$  және  $800^\circ\text{C}$  (1 сағат) қыздыру жасалды. Үлгі вакуумда бөлме температурасына түскенге дейін суытылды, негізгі төсеніш пен жабын арасында ешқандай өзгеріс туылмады. Жабысқақтығы (адгезиясы) жақсарды.



*a* – Қаптаудан кейін; *б* –  $500^\circ\text{C}$  (1 сағат); *в* –  $800^\circ\text{C}$  (1 сағат)

4 - Сурет Рентген-фазалық талдау нәтижесі

Жоғарыда 4-суретте рентген-фазалық талдау нәтижесі  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ұнтағымен детонациялық тозаңдаудан кейін  $\alpha$ -гексагональды және  $\gamma$ -кубтық тордан тұратындығы анықталды. Детонациялық тозаңдаудан кейін пайда болған  $2\theta$ ,  $19,431$ -дегі  $\gamma$ -фаза  $500^\circ\text{C}$  – та 1 сағат қыздырудан кейін жойылғанын, температура  $800^\circ\text{C}$ -қа жеткенде қайта пайда бола бастады.



*1* – Қаптаудан кейін; *б* –  $500^\circ\text{C}$  (1 сағат); *в* –  $800^\circ\text{C}$  (1 сағат)

5 - Сурет Жабынның микроқаттылығының өзгерісі

5 - суретте алюминий оксидін болаттың бетіне детонациялық тозаңдаудан кейінгі микроқаттылығы ( $HV_{0.2}$ ) 1070,  $500^{\circ}\text{C}$  – та 1 сағат қыздырудан кейін артып ( $HV_{0.2}$ ) 1260 -қа жетті,  $800^{\circ}\text{C}$  – та азайып ( $HV_{0.2}$ ) 867 – ге түсті. Бұндағы себеп:  $\alpha$  және  $\gamma$  фазаның (5-суретте) кейбір ұсақ бөлшектері термиялық өңдеу температурасының әсерінен дефектілер көбейіп, нәтижесінде микроқаттылықтың артуына әкелді. Температураның жоғарлауымен дефектілер еріп азайды да микроқаттылық аздап азая бастады.

Қорытынды:

Қорыта келе детонациялық әдісті қолданып болаттың бетіне  $\text{Al}_2\text{O}_3$  оксидімен жабын алу механикалық қасиетті арттырды, Детонациялық тозаңдаудан кейін  $\alpha$ -фаза (гексагональды) және жартылай  $\gamma$ -фаза (кубтық) күйде болатыны анықталды.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  жабынымен тозаңдаудан кейін микроқаттылық төсеніш металмен салыстырғанда 2,5-3 есе артты. Детонациялық әдіспен алынған  $\text{Al}_2\text{O}_3$  керамикалық жабынының жабысқақтығының жоғары екендігі, термиялық қыздырудан кейінде өзінің қасиетін сақтайтындығы зерттеу нәтижелерімен дәлелденді.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Косьмин А.А., Будиновский С.А., Мубояджян С.А., Булавинцева Е.Е. Жаростойкое покрытие для нового перспективного интерметаллидного сплава ВИНЗ // Сварочное производство. 2013. №6. С. 35–37.
2. Будиновский С.А., Каблов Е.Н., Мубояджян С.А. Применение аналитической модели определения упругих напряжений в многослойной системе при решении задач по созданию высокотемпературных жаростойких покрытий для рабочих лопаток авиационных турбин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2011. №SP2. С. 26–37.
3. Каблов Е.Н., Оспенникова О.Г., Базылева О.А. Материалы для высокотеплонагруженных деталей газотурбинных двигателей // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». 2011. №2. С. 13–19.
4. Чубаров Д. А., Будиновский С. А. Выбор керамического материала для теплозащитных покрытий лопаток авиационных турбин на рабочие температуры до  $1400^{\circ}\text{C}$  // Электронный научный журнал "ТРУДЫ ВИАМ". 2015.
5. Гаямов А.М., Будиновский С.А., Мубояджян С.А., Косьмин А.А. Выбор жаростойкого покрытия для жаропрочного никелевого рений-рутенийсодержащего сплава марки ВЖМ4 // Труды ВИАМ. 2014. №1. Ст. 01

УДК 69.002.5 + 625.76.08 + 624.144.5

Қантай Е. (18-МГМК-2п) Научный руководитель: PhD, доцент Ким А.И.

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА И РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФИБРЫ В БЕТОННУЮ СМЕСЬ

С ростом развития строительных материалов и различных технологий их производства одним из перспективных на сегодняшний день материалов является бетон, армированный фиброй, или фибробетон.

Фибробетоном называется материал, состоящий из цементной матрицы (которая в свою очередь может быть плотной или пористой, без заполнителей или с ними) с равномерным распределением по всему объему хаотично расположенных или же пространственно-ориентированных дискретных волокон, различного происхождения (например, стальная проволока).

Изделия из данного материала отличаются от прочих высокой ударной вязкостью, повышенным сопротивлением истираемости, высоким показателем трещиностойкости и повышенной прочностью на растяжение. Различные элементы и конструкции из бетона, армированного фиброй, допускается изготавливать без применения стержневых сеток и каркасов, что позволит значительно упростить технологию производства изделий и существенно уменьшить трудоемкость.

Одной из проблем производства конструкций с использованием армированного фиброй бетона является обеспечение равномерного распределения металлической фибры по всему объему бетона.

На практике при изготовлении фибробетонов с высокой вероятностью возможно появление локальных сгустков дисперсных волокон, которое происходит в связи с различными свойствами армирующего материала, например, из-за различных магнитных свойств материала у стальной фибры, взаимного трения поверхностей дисперсных волокон, также появление сгустков обуславливается силами статического электричества и силами поверхностного притяжения в случае использования минеральных и синтетических волокон.

Одними из технологических способов, направленных на решение этой проблемы являются следующие группы:

- технология, которая заключается в совместном перемешивании компонентов бетонной смеси;
- технология, которая заключается в отдельной укладке компонентов смеси при изготовлении бетона.

Различие данных технологий заключается только в том, что в первом варианте используют совместное перемешивание всех компонентов бетонной смеси с дозированным добавлением дисперсной фибры в процессе затворения компонентов смеси водой, а во втором при использовании второго способа, бетонную смесь методами литья или вибролитья с одновременной подачей дисперсной фибры вводят в опалубку, в которой уже предварительно уложена фибровая арматура, которая образует фиброкаркас.

Примерами устройств, направленных на осуществление равномерной подачи дисперсной фибры в бетонную смесь, можно считать различные вибросита, распределители фибр, установки с барабанами и различные установки, которые используют в себе для работы воздушодувные машины разных типов. На выбор метода ввода фибры в бетонную смесь значительно влияет материал, из которого состоит дисперсная фибра. Например, методом вдувания волокна через различные установки с виброситами или нарезка дисперсных фибр в устройства с вращающимися барабанами, вводятся в большей мере фибры из стальных и стеклянных материалов. А фибру из неметаллических материалов в основном вводят через устройство с вращающимися валами, на которых закреплены радиально стержни, с помощью которых идет процесс захвата и распушения волокон фибры из подающего лотка. Общие виды вышеперечисленных устройств изображены на рисунке 1.

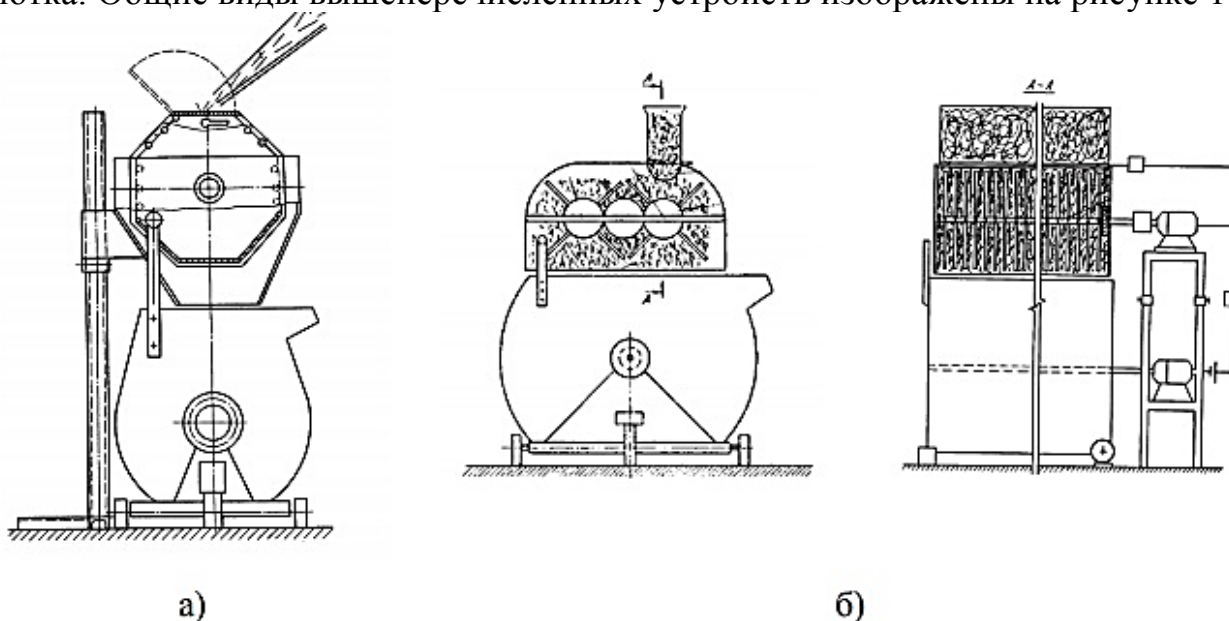


Рисунок 1 - Устройство для подачи фибр в бетоносмеситель: а) установки с барабанами; б) устройство для подачи неметаллической фибры

Также стоит рассмотреть еще одну не менее трудную операцию по изготовлению фибробетона, которой является собственно само перемешивание смеси, в процессе которого в смесь требуется равномерно подать фибру в необходимом количестве.

Трудность данного процесса заключается в том, что для фибры характерно образование локальных сгустков волокон (ежей) обычно из-за сцепления их анкерующих приспособлений и взаимного трения поверхностей волокон. Для решения данных задач применяются специальные устройства, называемые

ворошителями, которые предназначены для разделения слежавшихся сгустков или комков сыпучих или волокнистых материалов.

В данной статье остановимся на выборе ворошителя для металлической фибры из отрезков проволоки (отработавших тросов).

Так как фибра является сыпучим материалом и состоит из множества

проволок, то при подаче ее в бетоносмеситель возможно попадание в смесь комков, или так называемых «ежей», что будет отрицательно влиять на свойства полученного фибробетона, вызывая внутри него локальные напряжения.

На сегодняшний день известен ряд ворошителей, которые возможно использовать для решения данной задачи, а именно для подачи в бетоносмеситель максимально разрозненного постоянного потока фибры.

На рисунке 2 представлены схемы рабочих органов ворошителя, обеспечивающие безкомковую подачу металлической фибры в бетон

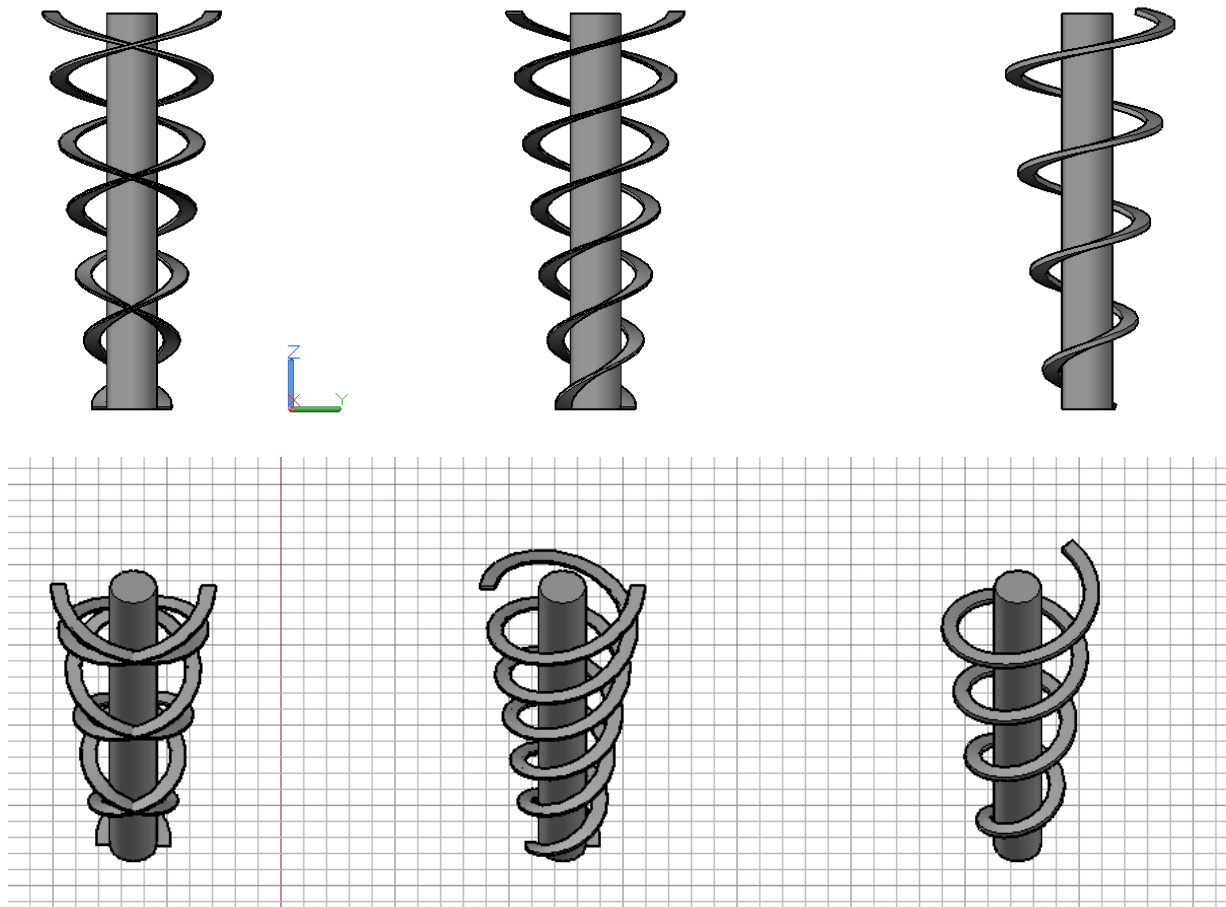


Рисунок 2 – Схемы рабочих органов ворошителя металлической фибры

Из рассмотренных устройств, применяемых для ворошения сыпучих материалов наиболее приемлемым является ворошитель для распушения сыпучих и волокнистых материалов.

Ворошитель для металлической фибры, состоящий из конусного корпуса, обрезанной вершиной направленного вниз, вала, проходящего по оси конуса, и имеющего шлицевую втулку, с закреплённой на ней спиралью, имеющей в плане форму логарифмической, начало которой прикреплено к шлицевой втулке при вершине конуса, а продолжение ее, расширяющееся по мере подъема к основанию, спицами к этой же втулке, нижнего отверстия, отличающийся тем, что на шлицевой втулке, симметрично спирали, в противофазе установлена дополнительная спираль, а внутренняя стенка конусного корпуса выполнена ребристой.



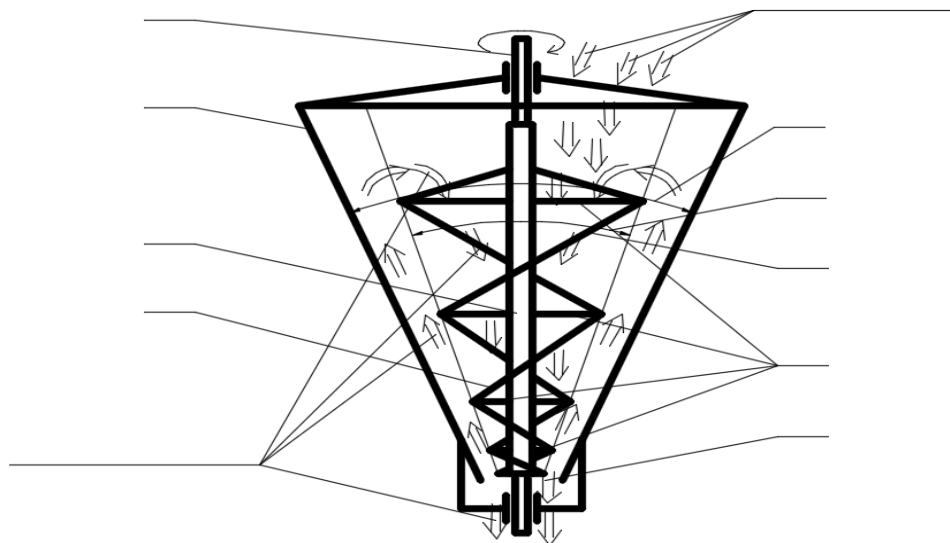


Рисунок 3 - Схема ворошителя фибры с двумя спиралями: 1 – конусный корпус; 2 – вал; 3 – шлицевая втулка; 4 – спираль; 5 – спицы; 6 – нижнее отверстие; 7 – дополнительная спираль.

На рисунке 3 изображен ворошитель для металлической фибры, состоящий из конусного корпуса 1, обрезанной вершиной направленного вниз, вала 2, проходящего по оси конуса, и имеющего шлицевую втулку 3, с закреплённой на ней спиралью 4, имеющей в плане форму логарифмической, начало которой прикреплено к шлицевой втулке 3 при вершине конуса, а продолжение ее, расширяющееся по мере подъема к основанию, спицами 5 к этой же втулке 3, нижнего отверстия 6, отличающийся тем, что на шлицевой втулке 3, симметрично спирали 4, в противофазе установлена дополнительная спираль 7, а внутренняя стенка конусного корпуса 1 выполнена ребристой.

Работа устройства заключается в следующем: металлическая фибра, подлежащая прохождению в разделенном на отдельные проволочки виде через нижнее отверстие 6 внизу конусного корпуса 1, любым способом засыпается в верхнюю часть конусного корпуса 1. Опускаясь под собственным весом вниз, внутрь спирального ворошителя, фибра естественным образом разделяется на 2 части: часть фибры, которая уже разделилась на отдельные проволочки по мере движения после загрузки вниз, проваливается через внутреннее пространство спиралей 4 и 7 до самого нижнего отверстия 6, и проходит сквозь него, а другая часть, в виде сцепленных между собой пучков фибры и неразделенных образований («ежей»), постоянно формирующая из-за падения в нижнюю часть конусного корпуса 1 уплотнения с образованием сводов, опирающихся на его внутреннюю поверхность, поочередно подхватывается поверхностями спиралей 4 и 7, продвигается ими вверх с разрушением этих возникающих сводов и «ежей», а так как спирали 4 и 7 установлены симметрично друг другу вдоль вала 2, но в противофазе, то ворох металлической фибры ими перемещается и разделяется теперь по обе стороны от вала 2, исключая появление «мертвых зон», и тем быстрее, чем больше скорость вращения

приводного вала 2 со спиралью 4 и 7, закрепленными на шлицевой втулке 3 спицами 5. Дополнительная спираль 7 позволяет исключить непрорабатываемые «мертвые зоны» внутренней полости конусного корпуса 1, так как захватывает материал с противоположной от витков спирали 4 стороны внутренней полости конусного корпуса 1.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1) Обзор и анализ известных технических решений ворошителей фибры позволил выбрать конструкцию ворошителя с двойной спиралью, позволяющую равномерно и без комков подавать металлическую фибру в зону смешивания с бетоном;
- 2) Вкупе с ворошителем металлической фибры следует продумать пути транспортировки или подачи разделенной на отдельные проволоки фибры к месту укладки бетонной смеси.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дудкин М.В., Вайнбергер С.А.; Кадыров ЖН.; Кочетков А.В. Ворошитель для металлической фибры. Патент РК на изобретение №34081. МПК В65D 88/64. Оpubл. 27.12.2019. бюл. № 52.
2. Дудкин М.В., Вайнбергер С.А. Ворошитель для металлической фибры. Патент РК на полезную модель № 3107. МПК E21B 88/64. Оpubл. 17.09.2018, бюл. № 35.
3. Беседин Б.П. Исследование параметров роторного рабочего органа разбрасывателя органо-минеральных удобрений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова. – Курск, 2017. – 131 с.

УДК 669.534.537.539

Құрмет Д.Қ. (18-МФЗ-2п), Тилеке Е. (16-ТФК-1), Ескермесов Д.К. (ВКГТУ, Старший преподаватель)

## ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ (FeCoNiCuAlCrV)N, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВАКУМНО-ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ

Проектирование конструкций является основным методом создания новых материалов. Благодаря конструктивному проектированию удается достичь высоких функциональных свойств материалов [1]. Это связано со значительным расширением возможностей управления структурным состоянием за счет использования неравновесных условий в современных технологиях. В результате в последние годы было создано несколько новых классов композиционных материалов. В большинстве случаев такие материалы создавались с целью достижения высоких механических свойств [2]. Это системы «нанокристаллит-аморфный слой», новые структурные формы углерода (фуллерен, нанотрубки, графен),  $\beta$ -стабилизированные состояния или комбинация состояний  $\beta$  и  $\alpha$ .

Особенно высокие механические свойства были получены при создании многоэлементных высокоэнтропийных сплавов [3]. Высокоэнтропийные сплавы имеют простую кристаллическую решетку. Однако в большинстве случаев высокоэнтропийные сплавы находятся в двухфазном состоянии. Это затрудняет определение вклад этих фаз в функциональные характеристики. Кроме того, в материалах на основе кубического ГЦК решетки, увеличение числа элементов не может приводить к повышению стабильности твердого раствора и увеличению функциональных свойств. Таким образом, тройной сплав CrCoNi имеет более высокий предел текучести и твердость по сравнению со сплавом CrMnFeCoNi (состоящим из пяти элементов). Однако, как было показано, сплав на основе CoNi обладает высокими свойствами при комбинации элементов. Таким образом, добавление Cu в сплав позволяет (при сохранении однофазного состояния) значительно повысить пластичность сплава на прочность при растяжении (около 18%). Как следует, добавление Al должно приводить к увеличению термостойкости сплава. Кроме того, добавление Cr и V способствует образованию стабильных нитридов и приводит к повышению износостойкости. При таком сочетании элементов можно ожидать значительного повышения механических свойств при формировании нитридных покрытий [4-10].

В этом случае, использование ион плазменных методов для получения материалов способствует сверхбыстрой термолизу атомов. Это существенно ограничивает диффузионную подвижность атомов и приводит к образованию неупорядоченного твердого раствора. Поэтому использование ионно-

плазменных методов позволяет получать материалы в широком диапазоне структурных состояний.

В данной работе исследовано влияние отрицательного постоянного потенциала смещения (подаваемого на подложку при осаждении) на состав, структуру и механические свойства ионно-плазменных нитридных покрытий на основе FeCoNiCuAlCrV.

Покрытия наносились вакуумно-дуговым методом на модернизированную установку «Булат-6».

В качестве подложек для нанесения покрытий были выбраны образцы размером (15×15×2,5 мм) из стали 12Х18Н9Т ( $R_a=0,09$  мкм). Толщина покрытия составляла около 9 мкм. Осаждение проводили при давлении газа азота  $P_N = 4 \cdot 10^{-3}$  Торр. В процессе осаждения на подложку наносили постоянный отрицательный потенциал смещения  $U_{см} = -40, -110$  и  $-200$ В. Параметры осаждения, а также твердость (Н) и модуль упругости (Е) представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Параметры осаждения покрытий на основе (FeCoNiCuAlCrV)N

№ образца	Распыляемый материал	Ток дуги $I, A$	Давление азота $P_N, \text{Торр}$	Напряжение $U_{см}, \text{В}$
1	Fe-Co-Ni-Cu-Al-Cr-V	140	$4 \cdot 10^{-3}$	40
2			$4 \cdot 10^{-3}$	110
3			$4 \cdot 10^{-3}$	200

Фазово-структурное состояние исследовали на дифрактометре Xpert PRO ( $U=40\text{кВ}$ ,  $I=30\text{мА}$   $\text{CuK}_\alpha$ ) в поточечном режиме с шагом сканирования  $2\theta=0,02$  град (PANalytical). Для монохроматизации регистрируемого излучения использовался графитовый монохроматор, который устанавливался во вторичном пучке (перед детектором).

Исследование морфологии поперечного сечения покрытия проводилось на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6390LV. Исследование элементного состава покрытий проводилось путем анализа спектров характерного рентгеновского излучения, генерируемого электронным пучком в сканирующем электронном микроскопе.

Микроиндентирование проводили на установке «Durascan-20» при нагрузке  $F = 0,05$  Н.

Изображение поверхности покрытий, а также поперечного сечения приведены на рисунке 1.

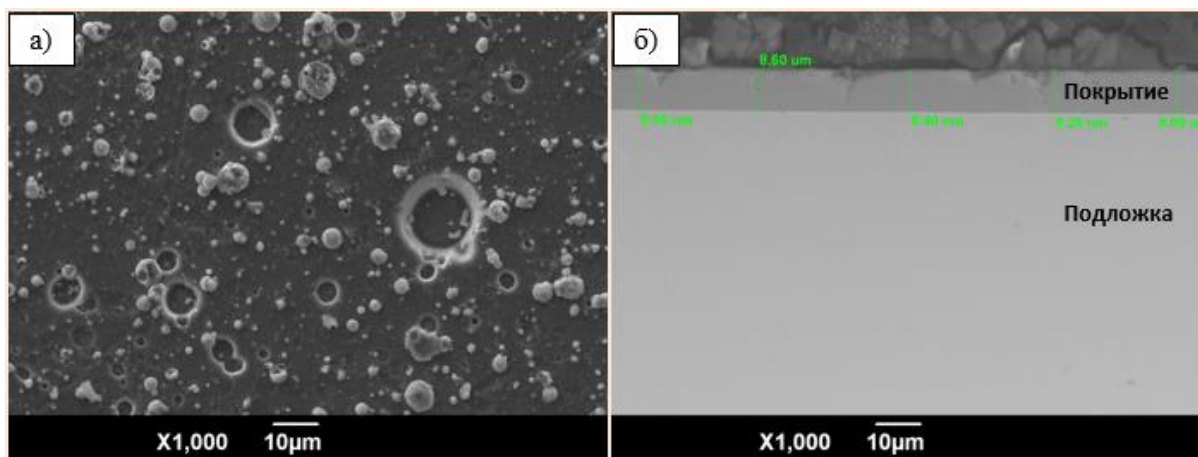


Рисунок 3 – РЭМ-изображение поверхности (а) и поперечного сечения покрытий  $(\text{FeCoNiCuAlCrV})\text{N}$  при  $P_N = 4 \cdot 10^{-3}$  Торр и  $U_{\text{см}} = -40$  В

Исследование морфологии поверхности показывает, что повышение отрицательной потенциала ( $U_{\text{см}}$ ) смещения уменьшает количество и размер микрочастиц. Это особенно важно при наличии в вакуумной камере химически активных газов, образующих с испаряемым материалом тугоплавкое соединение. Также наблюдается уменьшение шероховатости покрытия.

Таблица 1 – Химический состав элементов в покрытиях  $(\text{FeCoNiCuAlCrV})\text{N}$

№ Образца	Fe	Co	Ni	Cu	Al	Cr	V	N
1	14.35	14.47	12.33	19.44	3.71	16.67	8.76	10.27
2	16.21	17.04	14.73	11.47	3.51	17.11	10.36	9.58
3	19.49	20.65	16.35	8.1	3.72	14.14	10.92	6.62

Таким образом, наиболее существенным фактором в формировании элементного состава является прочность связи между атомами металла и атомами азота (при образовании нитрида). Этот факт указывает на то, что элементы с разной массой, но высокой энергией связи с азотом удерживаются в покрытии, а элементы с большой массой, но низкой энергией связи удаляются из покрытия. Это может быть только при распылении, когда связанные азотные комплексы металлов имеют низкий коэффициент распыления. Такие азотсодержащие комплексы в основном образуются (вакуумно-дуговым осаждением) в приповерхностной области при осаждении на подложку. Поэтому изменение элементного состава можно считать в значительной степени обусловленным распылением ионов при бомбардировке растущего покрытия (вторичное распыление).

Анализ дифракционных спектров показывает, что в покрытиях образуется поликристаллическая структура с преимущественной ориентацией части

кристаллитов с осью [111], перпендикулярной поверхности роста (текстура аксиального типа с низким совершенством). Важными структурными характеристиками покрытий являются период решетки и средний размер кристаллитов. В таблице 2 приведены соответствующие данные для 3-х образцов покрытий.

Видно, что с увеличением  $U_c$  (переход от 1-го ряда к 3-му) период решетки уменьшается. Размер кристаллитов не изменяется монотонно. Однако также заметна тенденция к уменьшению размеров кристаллитов с увеличением  $U_{cm}$ .

Таблица 1 – Период решетки ГЦК и размер кристаллитов

№	Период решетки, нм	Размер кристаллитов, нм
1	0,427664	11,8
2	0,422745	13,7
3	0,42589	10,5

Завершающим этапом структурной инженерии является установление закономерностей влияния структурных состояний на функциональные свойства. Наиболее выразительным и универсальным является изучение механические характеристики. Это дает возможность качественно (а при необходимом наборе данных-количественно) определять важнейшие физические свойства материалов (например, энергию связи или энергию пластической деформации).

Универсальным методом определения механических характеристик является измерение твердости. Твердость покрытий (FeCoNiCuAlCrV)N, полученных при – 40 В, составляет  $H_{0,05} = 38$  ГПа, при – 110 В твердость  $H_{0,05} = 18$  ГПа и при – 200 В составил  $H_{0,05} = 17$  ГПа.

Несмотря на то, что покрытий были получены на основе состоящего из семи элементов система FeCoNiCuAlCrV, в покрытиях формируется однофазное состояние. При этом твердость такого покрытия не превышает 38 ГПа. Таким образом, анализ механических свойств покрытий из многокомпонентного сплава FeCoNiCuAlCrV (в котором число нитридообразующих элементов с сильной связью меньше, чем элементов со слабой связью) показал, что такие композиции могут обладать высокими функциональными свойствами только при низком радиационно-стимулированном воздействии (вторичное распыление).

Анализ полученных результатов структурного состояния в сравнении с элементным составом и механическими характеристиками показывает, что с увеличением  $U_c$  содержание азота в покрытии уменьшается. Это свидетельствует о том, что из-за относительно слабой связи большинства элементов сплава с азотом, когда энергия бомбардирующих частиц возрастает, выбивается и интенсивно удаляется из покрытия. Это приводит к уменьшению периода решетки с 0,42764 нм до 0,42589 нм (табл. 5) и сопровождается уменьшением твердости и модуля упругости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. V.I. Ivashchenko, S.N. Dub, P.L. Scrynskii, A.D. Pogrebnyak, O.V. Sobol', G.N. Tolmacheva, V.M. Rogoz, A.K. Sinel'chenko, J. Superhard Mater. 38 No 2, 103 (2016).
2. O.V. Sobol, A.A. Andreev, V.F. Gorban, A.A. Meylekhov, H.O. Postelnyk, V.A. Stolbovoy, J. Nano- Electron. Phys. 8 No 1, 01042 (2016).
3. Береснев В.М., Погребняк А.Д., Азаренков Н.А. и др. Нанокристаллические и нанокompозитные покрытия, структура и свойства // ФИП. – 2007. – №1-2. – С. 4-27.
4. Плотников С.В., Погребняк А.Д., Ескермесов Д.К., Ердыбаева Н.К. Структура, морфология и физико-механические свойства многокомпонентного покрытия (Ti-Zr-Nb)N, полученного вакуумно-дуговым распылением // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – 2016. – №3(73). – С. 96-104.
5. Ескермесов Д.К., Пазылбек С.А., Плотников С.В. Влияние параметров осаждения и процесса легирования Cr и Si на микроструктуру и свойства покрытий (Zr-Ti-Nb)N // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – 2017. – №4(119). С. 112-121.
6. Ескермесов Д.К., Плотников С.В. Структура и физико-механические свойства многоэлементных покрытий (Ti-Zr-Cr-Nb)N, полученных вакуумно-дуговым осаждением // Журнал «Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия физическая. – 2017. – №2(61). – С. 24-32.
7. Береснев В.М., Соболев О.В., Гранкин С.С., Немченко У.С., Новиков В.Ю., Бондар О.В., Беловол Е.О., Максаква О.В., Ескермесов Д.К. Физико-механические свойства покрытий (Ti-Zr-Nb)N, полученных методом вакуумно-дугового испарения // Журнал «Физика и химия обработки материалов». – 2015. – №4. – С. 50-58.
8. Pogrebnyak A.D., Maksakova O., Kozak S., Koltunowicz T.N., Grankin S., Bondar O., Eskermesov D.K, Drozdenko A., Petrov S., Erdybaeva N. Physical and mechanical properties of nanostructured (Ti-Zr-Nb)N coatings obtained by vacuum-arc deposition method // Prz. Elektrotechniczn. – 2016. – Vol. 2016, №8. – P. 180-183.
9. Beresnev V.M., Sobol O.V., Grankin S.S., Nemchenko U.S., Novikov V.Y., Bondar O.V., Belovol K.O., Maksakova O.V., Eskermesov D.K. Physical and mechanical properties of (Ti-Zr-Nb)N coatings fabricated by vacuum-arc deposition // Inorganic Materials: Applied Research. 2016. Vol. 7. P. 388-394.
10. Maksakova O.V., Beresnev V.M., Eskermesov D.K. Effects of Cr and Si additions under the various deposition conditions on the mechanical properties of the (Zr-Ti-Nb)N coatings // Proceedings of the 2017 IEEE 7<sup>th</sup> International Conference on Nanomaterials: Applications & Properties (NAP-2017), 2017. Part 1. P. (01PCSI10)1-6

УДК 620.9

Мадияров А.М. (18-МАУ-2п), Малгаждаров Е.А. (доцент ШИ)

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОТЛА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ НАСЫЩЕННОГО ИЛИ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА

Автоматизация технологического процесса – совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений.

Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства, увеличению количества, улучшению качества, снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда, сокращению брака и отходов, уменьшению затрат и энергии, уменьшению численности основных рабочих, безаварийной работе оборудования, предупреждению загрязнения атмосферного воздуха и предупреждению загрязнению воды промышленными отходами, исключает случаи травматизма.

По уровню автоматизации теплоэнергетика занимает одно из ведущих мест среди других отраслей промышленности. Теплоэнергетические установки характеризуются непрерывностью протекающих в них процессов. При этом выработка тепловой и электрической энергии в любой момент времени должна соответствовать потреблению. Почти все операции на теплоэнергетических установках механизированы, а переходные процессы в них развиваются сравнительно быстро. Этим объясняется высокое развитие автоматизации в тепловой энергетике.

Автоматическое регулирование обеспечивает ход непрерывно протекающих процессов в котле.

Автоматизация параметров дает значительные преимущества: обеспечивает уменьшение численности рабочего персонала, т.е. повышение производительности его труда, приводит к изменению характера труда обслуживающего персонала, увеличивает точность поддержания параметров вырабатываемого пара, повышает безопасность труда и надежность работы оборудования, увеличивает экономичность работы котлов и агрегатов.

Автоматизация парового котла включает в себя автоматическое регулирование, дистанционное управление, технологическую защиту, технологические блокировки и сигнализацию.

Автоматическое регулирование обеспечивает ход непрерывно протекающих процессов в паровом котле (питание водой, горение, перегрев пара и др.)

Дистанционное управление позволяет дежурному персоналу пускать останавливать котёл, а так же переключать и регулировать его механизмы на расстоянии, с пульта, где сосредоточены устройства управления.



Эксплуатация котлов должна обеспечивать надёжную и эффективную выработку пара требуемых параметров и безопасные условия труда персонала.

Паровые котлы типа ДЕ паропроизводительностью 10 т/ч, с абсолютным давлением 1,4 МПа (14 кгс/см<sup>2</sup>) предназначены для выработки насыщенного или перегретого пара, используемого для технологических нужд промышленных предприятий, на теплоснабжение систем отопления и горячего водоснабжения.

Котлы двухбарабанные вертикально-водотрубные выполнены по конструктивной схеме “Д”, характерной особенностью которой является боковое расположение конвективной части котла относительно топочной камеры.

Основными составными частями котлов являются верхний и нижний барабаны, конвективный пучок и образующие топочную камеру 2 левый топочный экран (газоплотная перегородка), правый топочный экран, трубы экранирования фронтальной стенки топки и задний экран.

Снизу в топку подается нужный для сгорания топлива воздух посредством дутьевых вентиляторов. Процесс горения топлива протекает при высоких температурах, поэтому экранные трубы котла воспринимают значительное количество тепла путем излучения.

Продукты сгорания топлива, называемые иначе газами, поступают в котельные газоходы, при этом обогревается поверхность пароперегревателя, омывают трубы экономайзера, в котором происходит подогрев питательной воды до температуры, близкой к 200 С, поступающей в барабаны котла. Далее дымовые газы проходят в дымоход и из него газы через дымовую трубу выходят в атмосферу.

Одним из важнейших показателей конструкции котлоагрегата является его циркуляционная способность. Равномерная и интенсивная циркуляция воды и паровой смеси способствует смыванию со стены пузырьков пара и газа, выделяющихся из воды, а так же препятствует отложению на стенках накипи, что в свою очередь обеспечивает невысокую температуру стенок (200-400 С), ненамного превышающую температуру насыщения и еще не опасную для прочности котельной стали. Паровой котел ДЕ -10-14 Г принадлежит к котлам естественной циркуляцией.

Водяной пар соответствующего давления и температуры (или горячую воду заданной температуры) получают в котельной установке, представляющей собой совокупность устройств и механизмов для сжигания топлива и получения пара. Котельная установка состоит из одного или нескольких рабочих и резервных котельных агрегатов и вспомогательного оборудования, размещаемого в пределах котельного цеха или вне его. Общее представление о рабочем процессе котельного агрегата на жидком или газообразном топливе дает схема котельного агрегата с основными и вспомогательными устройствами. Жидкое или газообразное топливо по топливопроводам котельной и котельного агрегата подается в мазутные форсунки или газовые горелки и по мере выхода из них сгорает в виде факела в топочной камере.

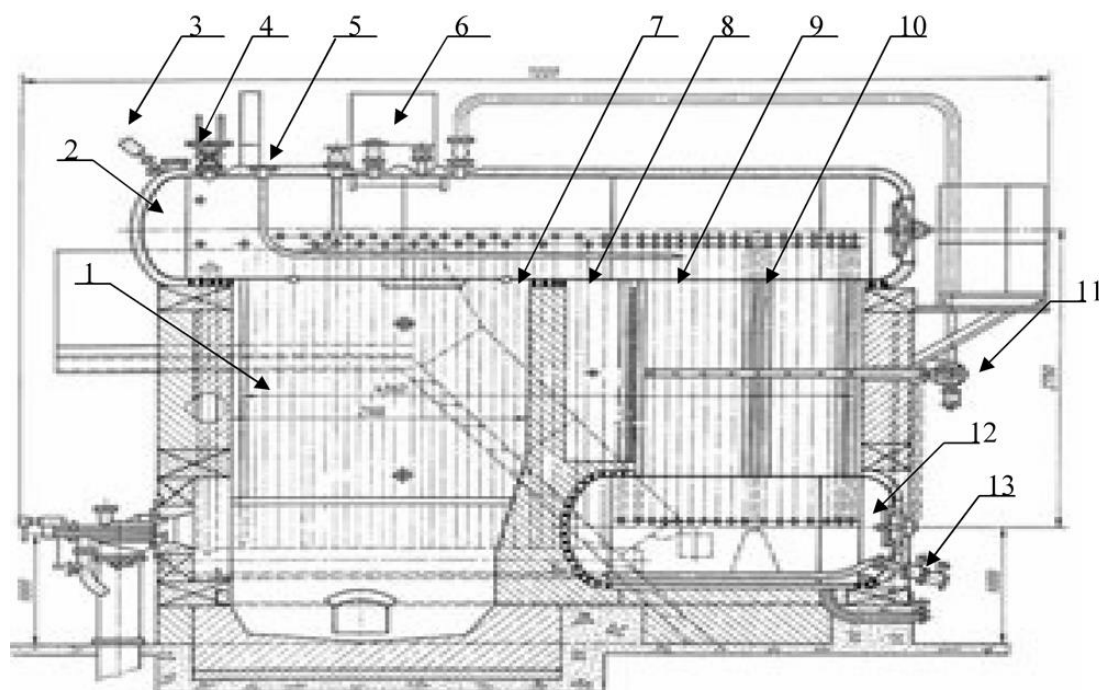


Рисунок – 1. Схема устройства котла ДКВр-10-13-250ГМ,  
 1- экранные трубы; 2- верхний барабан; 3- манометр; 4- предохранительные клапаны; 5- трубы питательной воды; 6- сепаратор пара; 8- камера догорания; 9- перегородки; 11- обдувочное устройство; 12- нижний барабан; 13- продувочный трубопровод.

Котел ДКВр-10-13-250ГМ предназначен для выработки пара с заданными параметрами.

В качестве объекта управления принимаем котельную установку, состоящую из котлоагрегата, дымососа и вентилятора, т. е. паровой котёл ДКВр-10-13-250ГМ.

Показателем эффективности является качество пара, выработанного котлом.

Цель управления – получение пара заданными параметрами.

В объект поступают внутренние и внешние возмущающие воздействия. Внешние возмущающие воздействия поступают из вне, вследствие изменения входных параметров: расход топлива, расход питательной воды, а также параметров окружающей среды.

Внутренние возмущающие воздействия: образование накипи и внутренняя коррозия металла котельных агрегатов.

Накипь образуется в котле из-за накапливания солей при испарении воды. Эти соли, вступая в химические реакции, образуют труднорастворимые соединения, дающие плотный осадок. Накипь и шлам плохо проводят тепло. Накипь, отлагающаяся на стенках барабана котла и труб, препятствует их охлаждению. Температура труб повышается и в них под давлением пара могут образоваться разрывы.

Коррозия металла всегда начинается с поверхности и постепенно проникает вглубь. Разъедание стенок котла может происходить от воздействия

на них растворенных в питательной воде кислорода, двуокиси углерода, водорода, едкого натра и пр.

Для достижения цели управления и ликвидации возмущающих воздействий, нормального ведения технологического процесса следует регулировать:

1. Давление пара в барабане котла с воздействием на подачу топлива (регулятор нагрузки).

2. Разрежение в топке с воздействием на направляющий аппарат дымососа.

3. Соотношение расходов топливо – воздух с воздействием на направляющий аппарат вентилятора.

4. Уровень в барабане котла с воздействием на подачу питательной воды (регулятор питания).

Контролю подлежат все те параметры, знание текущих значений которых облегчает пуск, наладку и ведение технологического процесса. К таким параметрам относятся все регулируемые величины нерегулируемые внутренние параметры, входные и выходные параметры, при изменении которых в объект могут поступать возмущающие воздействия.

В процессе получения пара контролируют:

Параметр	ед.изм.	min	норма	max.
Производительность	т/ч	9,5	10,0	10,5
Температура перегретого пара	С	535	540	545
Давление в барабане котла	МПа	1,33	1,40	1,47
Температура питательной воды после экономайзера	С	190	200	210
Расход топлива	м/ч	237,5	250,0	262,5
Содержание О в отходящих газах	%	1,33	1,40	1,47
Температура отходящих газов	С	180,5	190,0	199,5
Давление воздуха перед горелками	МПа	0,0475	0,0500	0,0525
Разрежение в топке	мм.вод.ст.	4,75	5,00	5,25
Уровень в барабане	мм	-100	0	+100
Расход питательной воды	м/ч		17	
Давление питательной воды	МПа	1,805	1,900	1,995

Сигнализации подлежат все параметры, изменения которых могут привести к авариям, несчастным случаям или серьезному нарушения технологического режима. К таким параметрам относятся:

1. Давление газа.

2. Давление воздуха.

3. Разрежение в топке.
4. Уровень в барабане котла.

В большей мере на весь процесс парообразования будет влиять температура пламени, подаваемого на экран, состоящий из блока труб. Регулируя расход топлива, изменяем давление пара в барабане котла за счет изменения соотношения расхода топливо-воздух из за чего происходит изменение температуры пламени, следствием чего является изменение температуры воды в котле и температура пара, а так же давление пара. Давление пара может изменяться ещё из-за потребительских нужд. Температура окружающей среды не может быть принята в качестве возмущения, так как сам котлоагрегат находится в помещении.

Задачей оптимального управления является получение на выходе из котла перегретого пара необходимого качества при минимальном расходе топлива. Наиболее важным показателем процесса получения пара является энтальпия пара на выходе из котлоагрегата:

$$R = i = f[X(F, P, T), Y(F, P, T), Z(F, P, T)]$$

В данной работе была разработана функциональная схема котлоагрегата и составлен параметрическая идентификация параметров системы регулирования. Преимуществом автоматизации системы является более точная реализация процесса регулирования, основанная на более глубокой обработке информации. Результат применения предлагаемой автоматизации состоит в стабилизации параметров технологического процесса, за счёт контроля технологических параметров, позволяющей технологическому персоналу принимать своевременные и оптимальные решения при нестандартных ситуациях.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория автоматического регулирования.- Часть первая. Под ред. А. А. Воронова. М. : Высшая школа, 1986.
2. Стефани Е. П. Основы расчета настройки регуляторов теплоэнергетических процессов.- М. : Энергия, 1972.
3. Мирошник Б.Р. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. – СПб.: Питер, 2006. – 272 с.
4. Теория автоматического регулирования.- Часть вторая. Под ред. А. А. Воронова. М.: Высшая школа, 1986. – 504с.
5. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.

УДК 620.9

Мамишов Е.М. (19-МАУК-2п), Алонцева Д.Л. (ВКГТУ)

## ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЭЦ

Немалая часть тепловых электростанций (ТЭЦ) нашей страны работает на твердом топливе. Его запасы очень велики особенно в Казахстане, и по сравнению с газом и особенно с жидким топливом, твердое топливо (в частности уголь) является дешевым и доступным. На ТЭЦ, работающих на угле перед подачей топлива в котлоагрегат, топливо измельчают. Делают это для того чтобы увеличить площадь реагирования, благодаря чему существенно улучшаются условия сжигания топлива. При сжигании в камерных топках твердое топливо проходит дополнительную обработку. Оно размалывается, подсушивается и подается в виде пыли в горелочную камеру топки.

Общая задача всех работающих котлоагрегатов на ТЭЦ – обеспечение потребителей (турбоагрегатов, внутренних и внешних установок) паром с требуемыми параметрами (температурой и давлением), вне зависимости от нагрузки, отклонений и возмущений, путем воздействия на количество топлива, подаваемого в систему.

В последние годы большое количество исследований направлено на развитие автоматических систем управления процессами в ТЭЦ. Основная задача контроля для ТЭЦ заключается в том, что система автоматического управления должна регулировать выходную мощность для удовлетворения спроса на электроэнергию в совокупности с безопасным поддержанием требуемых значений основных динамических переменных, таких как температура паронагревателя, давление дроссельной заслонки, давление в печи, уровень воды в барабане. Как правило, такая цель достигается посредством использования многоуровневых автоматических регуляторов на основе пропорционально-интегрально – дифференциальных (ПИД) контроллеров [1-3]. Данный подход оказывается высоконадежными и обеспечивает удовлетворительную производительность при нормальной работе, поддерживаемой в системе, где характеристики ТЭЦ остаются почти постоянными. Однако спрос на электроэнергию неуклонно растет, при этом на величину циклического изменения сетки нагрузки возобновляемых источников, таких как ветер, солнечная и гидроэнергия, оказывают сильное влияние сезон и погодные условия. Таким образом, ТЭЦ должны участвовать в общей сети производства энергии и реагировать на эти изменения, регулируя нагрузку в широко и быстро изменяющихся широких пределах. Таким образом, вышеупомянутые тепловые параметры ТЭЦ должны контролироваться таким образом, чтобы они могли работать в оптимальном режиме в любое время.

В настоящее время проблемы управления в условиях нелинейности параметров в широком диапазоне операций, большой инерционности и изменяющегося во времени поведения, а также сильного взаимодействия среди множества переменных, становятся серьезными вызовами для систем

управления процессами ТЭЦ. Следовательно, обычные ПИ/ПИД регуляторы, основанные на контроллерах, уже недостаточны для требуемой производительности, даже если они хорошо настроены при заданном уровне нагрузки. С другой стороны, с помощью современных компьютерных и инструментальных технологий, использования распределенной системы управления, теперь стало возможным внедрение передовых интеллектуальных контроллеров. В работах [4-6] интеллектуальные системы общего контроля разрабатываются на основе нейро-нечетких сетей, и в этих работах приведены и оценены как линейные модели, так и контроллеры. Благодаря симуляционным исследованиям согласованной системы управления котлотурбинной системой и пароперегревателем, управляемой интеллектуальным контроллером, показаны более высокие показатели контроля по сравнению с линейными интеллектуальными системами общего контроля.

Авторы данной работы разрабатывают адаптивные алгоритмы управления процессами формирования топливно-воздушной смеси в паровых котельных. В работе [7] на основе анализа процессов в реальной ТЭЦ, для решения этой задачи было предложено использовать в контуре управления интеллектуальный контроллер, например, контроллер типа LandTM, представляющий собой систему управления сжиганием, которая способна автоматически приводить соотношение топливо/воздух пламени к точке стехиометрии. Контроллер LandTM - это электронное устройство, которое контролирует воздушный поток системы сгорания через стандартный пневматический управляющий клапан с регулируемым давлением, который приводится в действие от выходного тока от контроллера через электропневматический преобразователь [7]. Контур управления осуществляет подбор оптимальной концентрации топливной смеси при фиксированном расходе воздуха с помощью активного поиска. Контроллер контура принудительно создает временные колебания подачи пылеобразного топлива с небольшой амплитудой и фиксированной частотой, соответствующим образом изменяя частоту вращения питателя. Выходным сигналом в системе контура управления служат данные пирометра, измеряющего температуру пламени горелки. При колебаниях концентрации топливной смеси возникают колебания температуры факела.

Основной идеей рассматриваемого метода управления является измерение разности фаз колебаний концентрации и колебаний температуры. Полагаем, что в ненасыщенной смеси колебания синфазные, а в том случае, если смесь перенасыщена – колебания температуры сдвинуты по фазе на  $180^\circ$  относительно колебаний концентрации. Контроллер контура регулирования можно рассматривать как следящую систему с дискретным входом. С точки зрения математического описания, можно говорить о том, что контроллер осуществляет поиск максимума функции одной переменной  $x$ , причем предполагается, что функция имеет единственный экстремум (максимум) в некоторой точке  $x_{max}$ . О положении данной точки с координатой  $x_c$  в которой условно «находится» контроллер, мы знаем только, лежит ли  $x_c$  правее или

левее точки экстремума  $x_{max}$ . Мы будем считать, что дискретный вход контроллера может принимать значения 0 (Ложно) и 1 (Истинно).

$$y(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < x_{max} \\ 1, & \text{если } x > x_{max} \end{cases}$$

При этом необходимо четко разделять две проблемы:

- 1) проблему определения разности фаз, решаемой путем создания достаточно сложной технической (программной) подсистемы, синхронизированной с приводом питателя, обрабатывающей данные, поступающие с пирометра;
- 2) проблему построения контроллера, осуществляющего поиск максимума.

В настоящей работе мы предлагаем метод, позволяющий радикально улучшить характеристики контроллера концентрации топливной смеси, при сохранении основной идеи активного поиска оптимальной концентрации. А именно, мы предлагаем измерять не только сдвиг фазы колебаний температуры, относительно колебаний концентрации смеси, но и амплитуду колебаний температуры. Понятно, что когда концентрация смеси близка к оптимальной, амплитуда колебаний температуры будет меньше, чем когда среднее значение концентрации находится вдали от точки максимума. Допуская некоторые упрощения, можно сказать, что это связано с тем, что в окрестности экстремума производная гладкой функции стремится к нулю. Мы предлагаем ввести параметр  $A(t)$  как сигнал ошибки, причем использовать дискретный выход фазового дискриминатора для определения знака величины сигнала отклонения. При этом становится возможным применять для построения контроллера классические методы ТАУ, такие как ПИ или ПИД – регулирование.

Для измерения амплитуды и фазы колебаний и обработки данных пирометрии мы предлагаем применять математические преобразования, чтобы улучшить характеристики контроллера с дискретным входом. Как отмечалось выше, проблема определения разности фаз сама по себе является достаточно сложной (как показывает опыт создания и эксплуатации контроллеров концентрации топливной смеси) технической проблемой. Концентрация смеси является далеко не единственным фактором, влияющим на температуру факела. Состав и влажность топлива непостоянны во времени. Также меняется во времени фракционный состав – одним словом, при постоянных оборотах питателя температура факела может значительно меняться, и зависимость температуры от времени будет включать в себя как медленно изменяющиеся тренды так и шумоподобную составляющую. Кроме того, оптический пирометр непосредственно измеряет интенсивность теплового излучения попавшего в его оптическую систему с разных участков факела. Температурное поле факела пространственно неоднородно и распределение температур быстро меняется во времени. Таким образом, пирометр измеряет некоторую величину,

коррелирующую со средней температурой в малой области факела, а не собственно температурное распределение, поэтому данные, получаемые пирометром, сильно зашумлены даже в «идеальных» условиях. С учетом данных обстоятельств, выход пирометра будет содержать ярко выраженную гармонику, с частотой, равной частоте колебаний концентрации смеси. Задача состоит в выделении этой гармоник и нахождении разности фаз между ней и управляющим сигналом питателя (в традиционных схемах контроллера), а также в определении амплитуды этой гармоник (в предлагаемом нами методе).

Выводы. В ходе выполнения научного исследования осуществлена постановка задачи разработки контура адаптивного управления процессами формирования топливно-воздушной смеси в паровых котельных. Для решения поставленной задачи предложен адаптивный алгоритм управления, основанный на измерении разности фаз колебаний концентрации топливной смеси в паровом котле и колебаний температуры, измеряемой пирометром в контуре интеллектуального контроллера.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Xiao Wu, Jiong Shen, Yiguo Li and Kwang Y. Lee Steam power plant configuration, design, and control. – В.:WIREs Energy Environ John Wiley & Sons. Ltd., 2015. - 27 p.
2. Mallik A. State feedback based control of air-fuel-ratio using two wide-band oxygen sensors// Proceedings of 10th Asian Control Conference (ASCC 2015), Kota Kinabalu, Malaysia, 2015. - P. 1-6.
3. Najimi E, Ramezani MH. Robust control of speed and temperature in a power plant gas turbine// ISA Trans 2012 No 51.P.304–308.
4. Liu X, Guan P, Chan CW. Nonlinear multivariable power plant coordinate control by constrained predictive scheme// IEEE Trans Contr Sys Technol 2010, No 18. P.1116–1125.
5. Liu XJ, Chan CW. Neuro-fuzzy generalized predictive control of boiler steam temperature// IEEE Trans Energy Conver 2006 No 21. P.900–908.
6. Liu X, Liu J. Constrained power plant coordinated predictive control using neurofuzzy model.//Acta Automatica Sinica 2006 No 32. P.785–790.
7. Оспанов О.Б., Алонцева Д.Л. Красавин А.Л. Разработка интеллектуальной системы для оптимального энергоэффективного управления подачей воздушно-топливной смеси в паровых котлах //Совместный выпуск научных журналов «Вестник» ВКГТУ им. Д. Серикбаева и «Вычислительные технологии», Т.1, Ч.2, 2018, С.56 - 70.



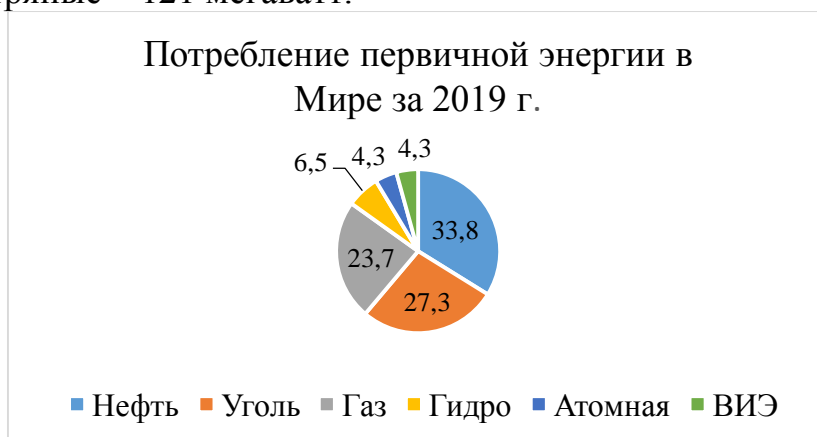
УДК 621.3

Масей С.К. (18-ЭЛК-2), Амангельдинова Д.Е. (18-ЭЛК-1), Бауыржанұлы М. (18-МЭЛК-2п), Акаев А.М. (ВКГТУ)

## РОЛЬ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ВОССТАНОВЛЕНИИ И ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Энергетическая отрасль является важной частью промышленного мира, поставляя необходимую энергию промышленным, производственным и жилым потребителям по всему миру. В развитых странах мира с улучшенными энергетическими рынками инвестиции обусловлены переходом к использованию экологически чистых энергетических ресурсов, усилением природоохранного законодательства. Напротив, развивающиеся страны продолжают расширять свою базу энергетической отрасли для удовлетворения большего спроса на электроэнергию в регионах, испытывающих дефицит электроэнергии. Именно, по этим причинам Электроэнергетика продолжает иметь самые крупные инвестиции и количество проектов в промышленной сфере. Казахстан является нетто-экспортером электроэнергии. В этом случае, Казахстан не нуждается в расширении энергетической базы в таких объемах, как страны, испытывающие дефицит электроэнергии. В связи с выше изложенным Казахстан ставит перед собой цели по увеличению доли возобновляемых источников энергии и улучшению экологического положения в стране.

Возобновляемая энергия – это энергия, которую получают из неисчерпаемых источников. Основным принцип такой энергетики, которую часто называют «зелёной», заключается в использовании таких ресурсов: света солнца, потоков воды, геотермального тепла ветра и приливов. Такие источники возобновляются естественным путём, поэтому и называются возобновляемыми. Согласно концепции, доля альтернативной и возобновляемой электроэнергии в общей её выработке в Казахстане должна достичь 30% к 2030 году и 50% – к 2050-у. Если в 2014 году было всего 35 объектов установленной мощностью 177 мегаватт, то по итогам на 2018 год – уже 67 общей мощностью 531 мегаватт. Из них крупную долю составляют солнечные электростанции 209 мегаватт, гидроэлектростанции – более 200 мегаватт и ветряные – 121 мегаватт.



При этом создание новых проектов возобновляемых источников энергии в Казахстане продолжается. За первую половину 2019 года были введены в эксплуатацию семь объектов. Благодаря этому мощность объектов возобновляемых источников энергии достигла 678,6 мегаватта.

Возобновляемые источники энергии оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, чем ископаемые виды топлива, которые производят электроэнергию путем загрязнения окружающей среды, способствуя изменению климата. Получение доступа к ископаемому топливу обычно требует либо добычи полезных ископаемых, либо бурения вглубь земли, часто в экологически уязвимых местах. Однако зеленая энергетика использует источники энергии, которые легко доступны во всем мире, и в том числе в сельских местностях, которые не имеют доступа к электричеству. Развитие технологий, использование возобновляемых источников энергии привело к доступности солнечных батарей, ветряных турбин и других источников «зеленой» энергии, в результате чего возможность производства электроэнергии оказалась в руках людей.

«Зеленая» энергия может заменить ископаемое топливо во всех основных областях использования, включая электричество и отопление помещений, а также топливо для автомобилей.

#### Виды «зеленой» энергии

Развития возобновляемых, экологически чистых источников энергии продвигаются такими быстрыми темпами, что трудно не заметить их влияние на экологическое положение в мире.

Солнечная энергия - наиболее распространенный вид возобновляемой энергии, солнечная энергия, как правило, производится с использованием фотоэлектрических элементов, которые захватывают солнечный свет и превращают его в электричество. Солнечная энергия также используется для обеспечения зданий отоплением и горячей водой, и для приготовления пищи. Использование данного источника энергии в Казахстане на очень низком уровне. Южные области страны: Туркестанская, Кызылординская, Жамбылская, Алматинская и т.д. – подходят для строительства солнечных электростанций. В связи с этим в данных областях запланированы проекты по строительству солнечных электростанций в будущем. Доля электрической энергии вырабатываемой СЭС в Республике Казахстан среди возобновляемых источников энергии составляет 10,3%.

Ветровая энергия-воздушный поток на поверхности Земли может быть использован для запуска турбин, причем более сильные ветры производят больше энергии. Высокогорные участки и участки непосредственно у берега, как правило, обеспечивают наилучшие условия для захвата сильнейших ветров. В Казахстане на данный момент ветровая энергетика слабо развита, несмотря на то, что в стране есть подходящие условия для данного вида источника энергии. Доля электрической энергии вырабатываемой ВЭС в Республике Казахстан среди возобновляемых источников энергии составляет 30,0%.

Гидроэнергетика- генерируется циклом воды Земли, включая испарение, осадки, приливы и силу воды, проходящей через плотину. Казахстан, в связи с

наличием горного рельефа в восточной и южной части страны, обладает существенным потенциалом в гидроэнергетике. В настоящее время данный вид возобновляемой энергии сильно развит в сравнении с другими видами. Доля электрической энергии выработанной за 2019 год Малыми ГЭС в Республике Казахстан среди возобновляемых источников энергии составляет 59,1%.

Геотермальная энергия-непосредственно под земной корой находятся огромные количества тепловой энергии, которая возникает как от первоначального образования планеты, так и от радиоактивного распада минералов. Геотермальная энергия в виде горячих источников тысячелетиями использовалась людьми для купания, а теперь используется для выработки электроэнергии. Только в Северной Америке под землей хранится достаточно энергии, чтобы производить в 10 раз больше электроэнергии, чем уголь в настоящее время.

Биомасса-недавно живущие природные материалы, такие как древесные отходы, опилки и горючие сельскохозяйственные отходы, могут быть преобразованы в энергию с гораздо меньшим количеством выбросов парниковых газов, чем нефтяные источники топлива. Это потому, что эти материалы, известные как биомасса, содержат запасенную энергию солнца.

Биотопливо-вместо сжигания биомассы для производства энергии, иногда эти возобновляемые органические материалы преобразуются в топливо. Известные примеры включают этанол и биодизельное топливо. В 2010 году биотопливо обеспечивало 2,7 процента мирового объема топлива для автомобильного транспорта, и к 2050 году оно может удовлетворить более 25 процентов мирового спроса на транспортные виды топлива.

Используя зеленую энергетику, мы влияем на развитие производства электростанций, которые способны поддерживать окружающую среду и более экономно использовать природные ресурсы. Чем больше число потребителей «зеленой» энергии, тем больше доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии и тем меньше углекислого газа выделяется в воздух в процессе производства.



Производство электроэнергии из возобновляемых источников очень важно, так как это гарантирует прочность и независимость нашего государства. Чем разнообразнее производство электроэнергии, тем надежнее электроснабжение потребителей. «Зеленая» энергия производится на 100% из возобновляемых источников, главным образом солнечной, ветровой и гидроэнергии. Казахстан имеет все возможности для улучшения положения «зеленой» энергетики в стране. Наша страна богата землей и природными ресурсами, что является составной частью для создания крупного энергетическо-независимого государства. Зарубежные компании-инвесторы и производители оборудования обеспечивают доступной практикой для будущих специалистов и тренинги непосредственно на станциях, где устанавливаются «зеленые» источники энергии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Национальный энергетический доклад Kazenergy за 2019 год.](#)
2. «Solar Power Has Benefits as a Source of Alternative Energy» National Geographic
3. «Энергосовет». Портал по энергосбережению и энергоэффективности. Каталог энергосберегающих технологий. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] - <http://www.energsovet.ru/entech.php?id=20>.
4. Абук Магомедов. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение "Юпитер", 1996.

УДК 621.18-1/9

Мәдениетова Ә.Н. (18-МТЭ-2П), Жантұрсынов Е.М. (18-МТЭ-2П), Седелев В.А., Асылжанова А.Б. (ВКГТУ)

## ЖОБАЛАНБАҒАН КӨМІРДІ ЖАҒУҒА КӨШУ КЕЗІНДЕ ЖЭО ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Өнеркәсіптік кәсіпорындардағы энергетикалық ресурстардың мәні олардың өнімді өндірудің технологиялық процесінде тікелей пайдаланылатындығымен анықталады. Осыған байланысты оларды жұмсау шамасы өзіндік құнның және тиісінше өнім бағасының, сондай-ақ оның бәсекеге қабілеттілігінің қалыптасуына тікелей әсер етеді. Демек, кәсіпорындар қызметінің басым бағыттарының бірі энергетикалық ресурстарды пайдалану тиімділігін арттыру болып табылады.

Энергетикалық ресурстарды пайдалану тиімділігін арттыру тәсілдерінің көп саны бар, олардың ішінде ресурстарды тұтынудың нормативтік базасын қалыптастыру, ресурстарды пайдалануды бақылауды, есепке алуды және талдауды әзірлеу, кәсіпорынның энергия қызметі қызметкерлерінің және технологиялық персоналдың біліктілігін арттыру және т. б.

Электр энергиясы технологиялық процесте пайдаланылғандықтан және еңбек құралы ретінде еңбек затына әсер ететіндігіне байланысты оқшауланған элемент болып табылады.

Энергетикалық ресурс деп табиғи немесе жасанды өндірілген көз, қазіргі уақытта да, одан әрі де пайдаланылатын энергия тасымалдаушы түсініледі.

Кәсіпорын үшін кәсіпорындағы энергия үнемдеу проблемасының өзектілігі және өндірістің энергетикалық тиімділігін арттыру үш кезеңде көрсетілген:

бірінші - энергия ресурстарын тұтынудың түрлері бойынша жоспарлы техникалық-экономикалық көрсеткіштерін (ТЭК) қалыптастыру;

екіншісі-жоспарлы және нақты ТЭК салыстыру;

үшіншісі - энергия ресурстарын түрлері бойынша тұтынуының нақты ТЭК.

Көмір ЖЭО-ның тиімді жұмысы мен жабдықтарын таңдау отын сипаттамаларына байланысты. Қазіргі уақытта отынның сипаттамаларын білу және оларды пайдалана білу кейбір ЖЭО-ның отын балансының өзгерісі мен белгісіздігі жағдайында ерекше өзекті болып табылады. Бір қатар жағдайларда баға көрсеткіштері мен отынның жану жылуы ғана ЖЭО-ға жарамсыз көмірді жеткізуге немесе жабдық жұмысында елеулі шектеулерге әкеп соғады.

Барлық қазандар, қосалқы жабдықтар сияқты, нақты кен орнының көмірдің нақты маркаларын жағуға арналған шаңкөмірлі ЖЭО үшін белгіленген сертификациялық сапалы қасиеттері бар отынды жағуға жобаланған. Атап айтқанда Кузнецкий кен орнының көмірі. Алайда, бүгінгі күннің электр станцияларын отынмен қамтамасыз етудегі нақты жағдайы энергия өндіру тиімділігін айтарлықтай төмендетпей және электр станцияларына зиян келтірмей, өзінің сапалық сипаттамалары бар көмірдің

басқа маркаларын немесе олардың қоспаларын пайдалануға мәжбүр етеді. Бұл ретте көбінесе энергия өндіру тиімділігінің жобалық деңгейін қолдау үшін ЖЭО-ның негізгі және қосалқы жабдықтарын қайта жаңарту талап етілмейді.

Жобалау кезінде қазандық жабдығы жобалық отынды да, сапасы жақсартылған/нашарлаған отынды да жағуға есептеледі. Сипаттамалары оны жағу технологиясында және осы технологияны іске асыратын жабдықтың конструкциясында ескерілмеген отын жобадан тыс отынға жатады. Сондай-ақ осындай қатты отын деп жобалық көрсеткіштерге сәйкес келмейтін, сапалы сипаттамалары бар сол кен орнының дәл сондай маркалы және төмен сортты бұрыштары, маркалары мен кен орындары жобалаудан ерекшеленетін көмірлер ұғынылады. БКЗ-320-140 қазандығына арналған Кузнецкий, Майкубень, Семей көмірлерін дайындау, кептіру, ұсақтау, , күлді сақтау және газдарды тазалау шығындарын есептеу 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1. БКЗ-320-140 қазандығына арналған Кузнецкий, Майкубень, Семей көмірлерін дайындау, кептіру, ұсақтау, , күлді сақтау және газдарды тазалау шығындарын есептеу

Шамалардың атауы	Өлшем бірлігі	Шамасы		
		Кузнецкий	Майкубень	Семей
Қазан жүктемесі	<i>т/сағ</i>	320	280	320
Жылдық отын шығыны	<i>т/жыл</i>	161663	229103	185458
Отын бағасы	<i>теңге</i>	3060	1115	1172
Көмірге арналған жиынтық шығындар	<i>теңге</i>	494 689 000	255 381 000	217 320 000
Шығындар айырмасы	<i>теңге</i>	-	239 308 000	277 369 000
ҚО ластануынан жиынтық залал	<i>теңге</i>	11 386 000	22 265 000	16 456 000
ҚО жоғары зиян	<i>теңге</i>	-	10 879 000	5 070 000

Көмірдің негізгі сертификаттық көрсеткіштері: жану жылуы, күлдік, ылғалдылық, ұшатын заттардың шығуы, күкірт пен азот құрамы; күлдің химиялық құрамы, оның балку температурасы; гранулометриялық құрамы; ұнтақтауға қабілеттілік коэффициенті болып табылады.

Жөндеу және ғылыми-зерттеу ұйымдары электр станцияларында орындалған нақты жұмыстардың нәтижелерін талдауға негізделген жобадан тыс отынды тәжірибелік жағуды дайындау, ұйымдастыру және жүргізу бойынша негізгі ұсынымдар. Жобалық және алмастырушы отын сипаттамаларының салыстырмалы талдауы негізінде, қолданыстағы электр станцияларында соңғысын жағудың қолда бар тәжірибесін ескере отырып, мамандандырылған реттеу ұйымы ЖЭО жабдықтарын жаңа отынға ауыстыру мүмкіндігі туралы қорытынды беруі тиіс.

Жобалық және алмастырушы отынның салыстырмалы сипаттамаларына байланысты сараптамалық қорытынды мынадай негізгі қорытындыларға жинақталуы мүмкін:

Жобаланбаған отынға ауыстыру мысалы, ол қалпына келтіру жұмыстарын орындауды талап етпейді, себебі жобалық және алмастырушы отынның сипаттамасы өте жақын. Қосымша шығыны аз іс-шаралар тәжірибелі жағу кезінде анықталуы мүмкін.

Отын алмастырудың мұндай нұсқасының мысалы ретінде Донецк АШ және тоқты көмірді (Т) жағуға есептелген қазандықтарды Т және 2СС маркалы ұсталық көмірге ауыстыру бола алады. 1 кестеде көрсетілгендей, отынның бұл түрлерінің негізгі сипаттамалары жақын, олардың барлығы күлдің жақын температуралық сипаттамалары бар төмен молекулалық құрғақ көмірге жатады, сондықтан тәжірибелі жағу алдында қандай да бір қайта құру іс-шараларын орындаудың қажеті жоқ. Кузнецкий 2СС жағуға көшкенде ғана шаң дайындау жүйелеріндегі қатаң температуралық режимді сақтау қажет.

Жаңа отынға ауыстыру мүмкін, бірақ қайта жаңарту және жетілдіру жұмыстарының едәуір көлемін талап етеді. Электр станциясының өтінімі бойынша тәжірибелік жағу жүргізілгенге дейін іске асыру қажет қазандық және қосалқы жабдықты қайта жаңарту жобасы орындалуы тиіс. Жетілдіру жұмыстарының көлемін нақтылау тәжірибелік жағу нәтижелері бойынша орындалуы мүмкін. Отынды мұндай алмастырудың мысалы ретінде Т немесе 2СС тас көмірін жағуға есептелген қазандықтарды Г немесе Д тас көміріне ауыстыру бола алады.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Технический регламент «Требования к безопасности водогрейных и паровых котлов». Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 января 2017 года № 29.
2. Соколов Б.А. «Котельные установки и их эксплуатация».
3. Лебедев В.В «Топливные элементы» Москва, «Знание» 1966г.

УДК 620.92

Найзабаева А.А (18-ДАУ-3), Төлеуғазин Ә.Т, Женисов Е.С (16-РТК-1)

## ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Альтернативная энергия доступно и не потребляет ископаемое топливо. Она возобновляемая и экологически чист.

Мы собираемся сосредоточиться на преимуществах и возможностях, которые приходят с использованием альтернативной энергии. Для начало рассмотрим одну из самых распространенных видов альтернативной энергии - энергия ветра [1]. Энергия ветра не является новым источником энергии, она использовалась очень давно и веками. Принцип действия заключается в том, что солнце нагревает поверхность Земли и атмосферу. Масса теплого воздуха меньше, из за этого она начинает подниматься, в то время как холодный воздух становится тяжелее и начинает снижаться и заменять теплый воздух. Это воздушное движение вызывает ветер на планете. Ветровые турбины ограничивают обзор и могут быть опасны для природы.

На ряду с энергией ветра, также широкое распространение получила гидроэнергия. Гидроэнергетика, известная как сила воды, представляет собой энергию, генерируемую быстро движущейся водой или падающей водой. Они не выделяют парниковые газы и являются экологически чистыми. С другой стороны, они могут оказывать неблагоприятное воздействие на водную флору и фауну, уменьшать поток воды, что может повлиять на сельское хозяйство, требовать огромных затрат на строительство и может привести к хаосу в случае поломки[2].

В качестве третьего источника мы рассмотрим солнечную энергию. За последние годы солнечная энергия претерпела значительные изменения, а также вырвалась вперед в развитии. Солнечная энергия просто использует солнечный свет в качестве энергии. Это можно сделать, используя солнечный элемент для преобразования солнечного света в электричество, а так же используя солнечные тепловые панели, которые используют солнечный свет для нагрева воздуха и воды, или пассивно используя солнечную энергию, пропуская солнечный свет через окна для обогрева здания. [3]

В данной статье мы выбрали направление в сторону солнечной энергии, потому что, как и вышеупомянутые альтернативные источники энергии, солнечная энергия является возобновляемой и экологически чистой.

Общая энергия, которую мы получаем от солнца каждый год больше, чем мы потребляем её, что означает, что этот источник энергии, вероятно, является одним из лучших источников для будущего. Задача заключается в использовании и хранении этой энергии экономически эффективным способом[3].

Для того чтобы рассчитать необходимую мощность для нашей солнечной панели необходимо знать месячное потребление электроэнергии. Определить необходимое количество потребляемой электроэнергии в киловатт в часах можно взглянув на электрический счетчик (Таблица 1).



Таблица 1. Потребление электроэнергии приборами (ориентировочная).

№	Электрические приборы	Потребление мощности, кВт	кВт/ч	кВт/м
1	Холодильник	0,04	24	30
2	Телевизор	0,166	3	15
3	Электроплита	1,3	1,5	58,5
4	Духовка	1,8	1(в нед. 3 дня)	21,6
5	Стиральная машина	1	2(в нед. 3 дня)	24
6	Компьютер	0,22	2	13,2
7	Чайник	1	0,5	15
8	Посудомоечная машина	0,47	1	14,1
9	Пылесос	0,5	1(в нед. 3 дня)	6
10	Утюг	0,5	0,33(в нед. 3 дня)	2
11	Микроволновка	1	0,05	4,5
12	Мультиварка	0,166	1	5
13	Лампочка(10шт) 100вт	0.1	3	9
14	Обогреватель	2	1	60
15	Энергосберегающая лампа(10шт) 20 вт	0,02	5	3

Если затраты составляют, например, 281 кВт×ч, то солнечная батарея должна вырабатывать в день примерно 10 кВт×ч электроэнергии. Исходя из этого можно подсчитать, что для получения 10 кВт×ч энергии при идеальных условиях понадобится массив панелей мощностью не менее 1 кВт, количеством 15 панелей. В расчётах следует учитывать, что солнечные панели генерируют электричество только в светлое время суток, причём их производительность зависит как от угла солнца над горизонтом, так и погодных условий. В среднем до 70% всего количества энергии вырабатывается с 9 часов утра до 16 часов вечера и при наличии даже небольшой облачности или дымки мощность панелей падает в 2–3 раза. Если же небо затянуто сплошными облаками, то в лучшем случае мы сможем получить 5–7% от максимальных возможностей гелиосистемы. (Рисунок 1)[4]

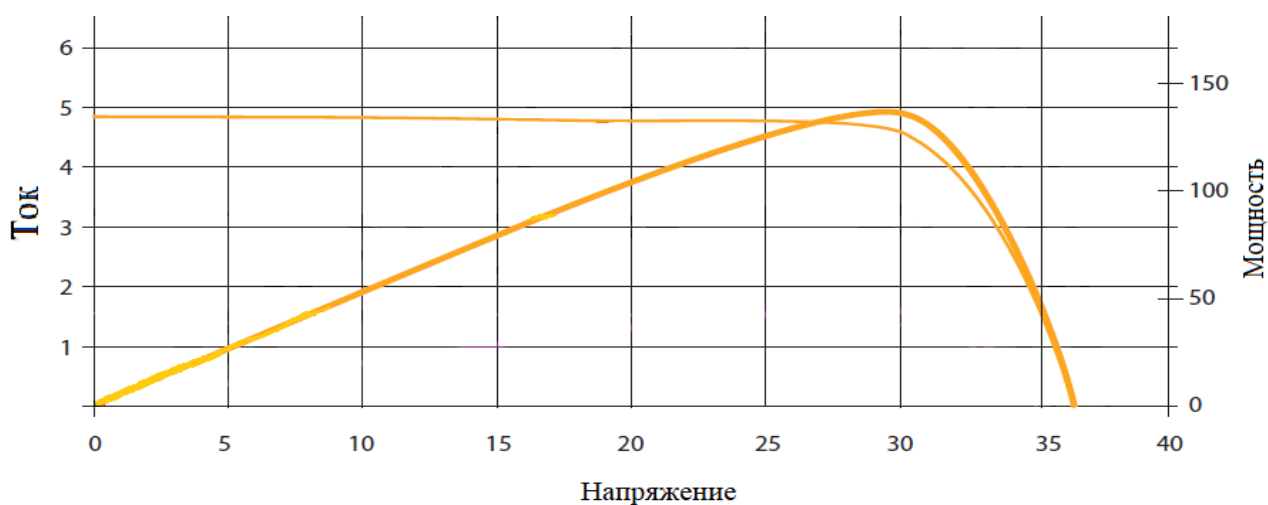


Рисунок 1. График мощности и тока солнечной батареи в зависимости от напряжения.

Что бы выяснить сколько кВт электроэнергии будет потребляться за один день, нужно выявить сколько энергии будет выдавать солнечная панель. Для этого нам нужно солнцестояние и мощность солнечной панели. Например: время солнце от рассвета до заката ( $T_{рз}$ ) мы умножаем на мощность панели (P) :  $T_{рз} * P = 542 * 2 = 1084 \text{Вт}$  (Таблица 2)(Рисунок 2).

Таблица 2. Выработанная годовая мощность одной солнечной панели.

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1084	1190	1348	1532	1698	1822	1840	1742	1580	1406	1232	1104
1086	1194	1354	1536	1704	1824	1838	1736	1574	1400	1226	1102
1088	1200	1360	1542	1708	1826	1836	1732	1568	1394	1220	1100
1090	1204	1366	1548	1712	1828	1834	1728	1562	1388	1216	1098
1092	1210	1370	1554	1718	1830	1832	1722	1556	1382	1210	1094
1094	1214	1376	1560	1722	1832	1830	1718	1550	1376	1206	1092
1096	1220	1382	1566	1728	1834	1828	1716	1546	1370	1200	1090
1098	1224	1388	1572	1732	1836	1826	1708	1540	1364	1196	1088
1100	1230	1394	1578	1736	1838	1824	1704	1534	1358	1190	1086
1104	1234	1400	1584	1742	1840	1822	1698	1528	1352	1186	1085
1106	1240	1406	1588	1746	1841	1820	1694	1522	1346	1182	1084
1110	1246	1412	1594	1750	1843	1818	1688	1516	1342	1176	1082
1112	1252	1418	1600	1754	1844	1814	1682	1510	1336	1172	1081
1116	1256	1424	1606	1760	1846	1812	1680	1504	1330	1168	1080
1118	1262	1430	1612	1764	1847	1808	1674	1498	1324	1164	1079
1122	1268	1436	1618	1768	1849	1806	1670	1492	1318	1158	1078
1126	1274	1442	1622	1772	1850	1802	1664	1488	1312	1154	1078
1130	1278	1448	1628	1776	1851	1798	1658	1482	1306	1150	1077
1134	1284	1454	1634	1780	1851	1796	1654	1476	1304	1146	1077
1136	1290	1460	1640	1784	1851	1792	1648	1470	1298	1142	1076
1140	1296	1466	1644	1786	1851	1788	1642	1464	1292	1138	1076
1144	1302	1472	1650	1790	1851	1784	1638	1458	1286	1134	1076
1148	1306	1478	1656	1794	1851	1780	1632	1452	1284	1130	1077
1152	1312	1484	1660	1798	1850	1776	1626	1446	1278	1128	1077
1158	1318	1490	1666	1800	1848	1772	1620	1440	1272	1124	1078
1162	1324	1496	1672	1804	1847	1768	1616	1434	1266	1120	1078
1166	1330	1502	1676	1808	1846	1764	1610	1428	1262	1116	1079
1170	1336	1508	1682	1810	1844	1760	1604	1422	1256	1114	1080
1176	1342	1514	1686	1814	1843	1756	1598	1416	1250	1110	1082
1180		1520	1692	1816	1841	1752	1592	1410	1246	1108	1082
1184		1526		1818		1748	1588		1240		1084

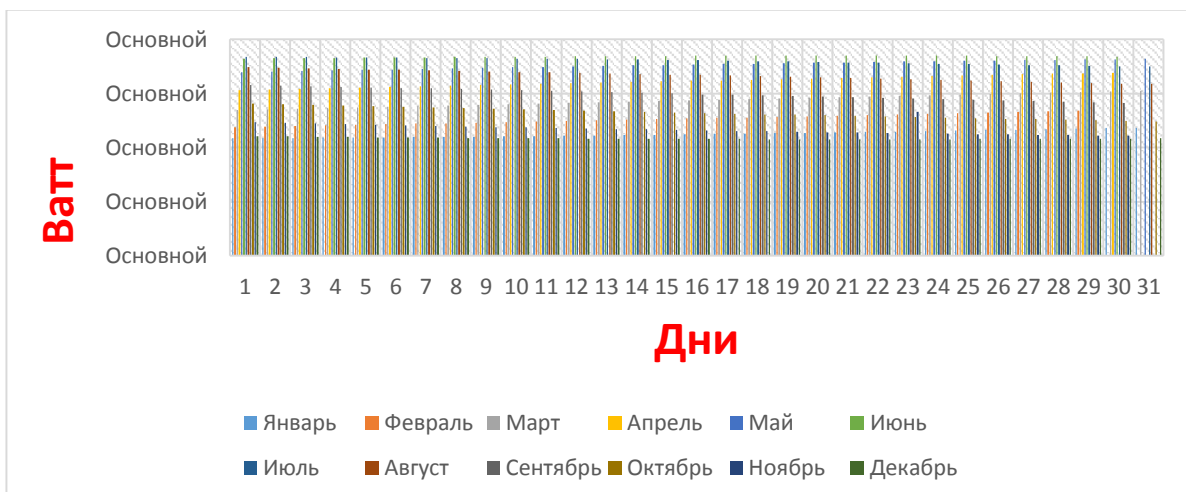


Рисунок 2. График выработанной годовой мощности одной солнечной панели.

Затем мы рассчитываем электроэнергию вырабатываемую солнечной панелью за один месяц. Для этого нам нужно среднее значение вырабатываемой энергии за один день ( $P_d$ ) и количество пасмурных дней за один месяц ( $K_{пас}$ ). Полученные данные мы умножаем:  $P_d * K_{пас} = 1126,5 * 15 = 16897,5$ , и получаем потерянную мощность. Для получения точной вырабатываемой мощности за один месяц, нам нужно отнять потерянную мощность ( $P_{п}$ ) от полученной мощности за один месяц ( $P_{м}$ ):  $P_{м} - P_{п} = 34922 - 16897,5 = 18024,5$ . (Рисунок 3)

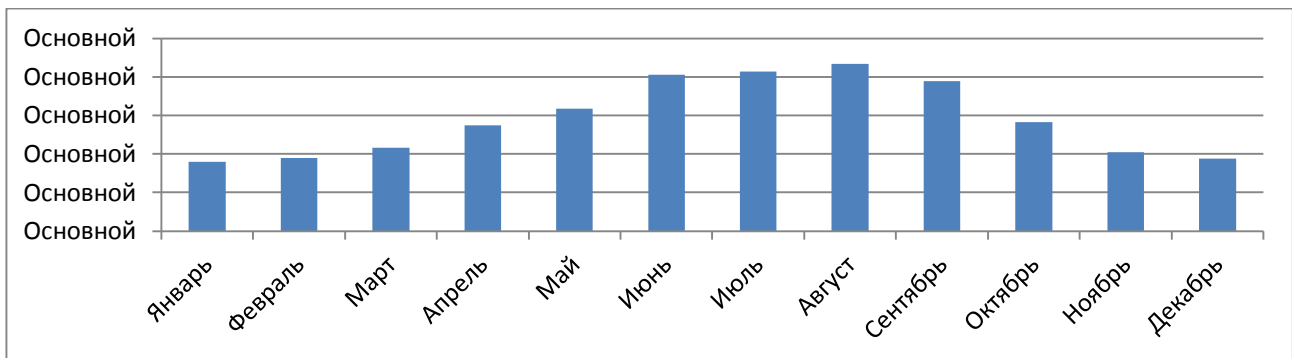


Рисунок 3. Точная выработанная энергия за один месяц (без пасмурных дней).

Исходя из выявленных расчетов мы пришли к выводу, что установка солнечной энергетической системы это - снижение затрат, а также дом с установленной системой, может оказать ощутимое влияние на окружающую среду. Мы также можем улучшить свое здоровье и защитить окружающую среду, уменьшив зависимость от ископаемого топлива и установив систему солнечной энергии в своем доме или на работе.

Детально рассчитав потребность в электроэнергии и для полного обеспечения дома должны приобрести 15 солнечных батарей с мощностью 120Вт. Дополнительно потребуется оборудование – инвертор, контроллер и аккумулятор. Все это обходится в 825000 тг (таблица 3). Если учесть, что тариф за электричество составляет примерно 19,17 тг за 1кВт, то при годовом потреблении энергии в 3500 кВт нужно будет заплатить 67100 тг. С учетом повышения тарифов на электричество и коэффициентом инфляции в среднем солнечная система окупит себя в срок 11-12 лет. (Таблица 3)

Таблица 3. Устройства солнечной энергетической системы.

Прибор	Количество	Цена	Марка
Солнечная панель	15	30000	TPL Solar
Аккумулятор	5	40000	Bluse mat
Ивертор	1	60000	SVC DL
Контроллер	1	65000	Tracer
Провода, крепеж		50000	

С учетом того, что солнечным батареям свойственно работать на протяжении 30-40 лет, рано или поздно они полностью окупят вложения в них. Еще одним преимуществом такой электросистемы является отсутствие подвижных механизмов, что исключает их периодическую замену и риск выхода из строя панели, а также совсем небольшой процент деградации со временем, около 5%. Такое условие напрямую связано с окупаемостью модулей.

Кроме экономической выгоды, с установкой солнечной энергии, также происходит и экологическая выгода. Альтернативы к ископаемому топливу уменьшают углеродный след в нашей стране и сокращает выбросы парниковых газов по всему миру. Известно, что солнечная энергия оказывает благоприятное воздействие на окружающую среду.

Вкладывая средства в солнечную энергию, мы можем помочь уменьшить нашу зависимость от ископаемого топлива в пользу одного из самых распространенных и постоянных источников энергии, которые у нас имеются: нашего солнца.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Different Sources of Alternative Energy // <https://www.renewableresourcescoalition.org/alternative-energy-sources/>
2. What are Alternative Energy Sources? // <https://www.conserve-energy-future.com/alternativeenergysources.php>
3. Different Types of Alternative Energy Sources // <https://learning-center.homesciencetools.com/article/alternative-energy-sources/>
4. “Проектирование автоматизированной системы управления светодиодным освещением с контролем исправности светодиодов” Найзабаева А.А, Бакланов А.Е.

УДК 669.534.537.539

Нукубаева Г.С. (18-МФЗ-2п), Джакишев А.А. (19-МТФК-1),  
Ескермесов Д.К. (ВКГТУ)

## ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ (Ti-Zr-Nb)N, ПОЛУЧЕННЫХ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

В последнее время наноструктурные покрытия сложного элементного и фазового составов вызвали значительный интерес, так как комбинации различных элементов позволяют использовать лучшие свойства двух или нескольких металлов и их нитридов. [1]. В последние годы особое внимание было уделено разработке сверхтвердых наноструктурных покрытий, которые получают с использованием четырех элементов (Zr-Ti-Nb-N), пяти- (Zr-Nb-Ti-Cr-N) и даже шести- (Zr-Ti-Cr-Nb-Si-N) компонентные системы [2]. В настоящее время наиболее широко используются методы ионно-плазменного осаждения покрытий, в частности, вакуумно-дугового и магнетронного распыления [3].

В данной работе исследованы особенности формирования ионно-плазменных покрытий путем напыления многоэлементных систем на основе Ti+Zr+Nb и проведен анализ физико-механических свойств покрытий.

Покрытия были сформированы вакуумно-дуговым напылением. В качестве испаряющихся материалов использовали твердую мишень (катоды) на основе системы: 30 ат. % Ti, 35 ат. % Zr и 35 ат. % Nb. В качестве рабочего газа использовали молекулярный азот N<sub>2</sub>. Толщина всех покрытий в опытах составляла 5 мкм.

Исследование элементного состава покрытий проводилось путем анализа спектров характеристического рентгеновского излучения, генерируемого электронным пучком, в растровом электронном микроскопе. Спектры регистрировали с использованием рентгеновской энергодисперсионной спектрометрической системы PEGASUS фирмы EDAX, установленной в микроскоп. Рентгеноструктурные исследования образцов с покрытием проводили на дифрактометре ДРОН-4 Cu-K<sub>α</sub> излучения. Измерения микротвердости проводились с использованием автоматической системы для анализа микротвердости DM-8 с нагрузкой на индентор 0,05 Н методом Виккерса. Адгезионно-когезионную прочность, устойчивость к царапинам и разрушение механизма покрытий выполняли на воздухе с помощью скретч-тестера Revetest (CSM Instruments).

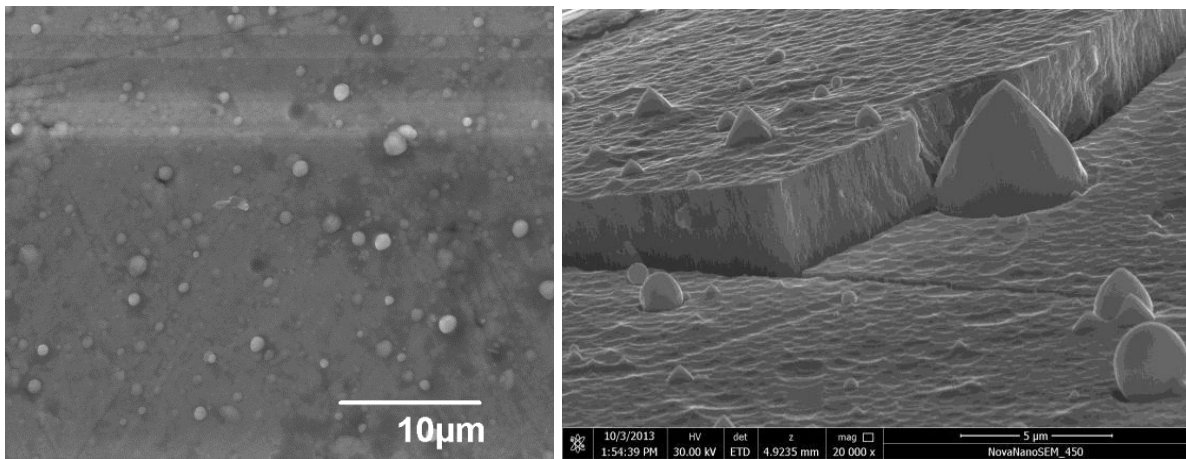


Рисунок 1 – РЭМ-изображение поверхности (а) и фрактограммы излома (б) покрытий (Zr-Ti-Nb)N, полученные при парциальном давлении азота:  $P = 4 \times 10^{-3}$  Торр

Исследование морфологии поверхности показывает, что повышение давления реакционной азотной среды уменьшает количество и размер макрочастиц. Это особенно важно при наличии в вакуумной камере химически активных газов, образующих с испаряемым материалом тугоплавкое соединение. Также наблюдается уменьшение шероховатости покрытия.

Элементный состав покрытий, полученных вакуумно-дуговым напылением, анализировали методом энергодисперсионного анализа (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав элементов в покрытиях (Ti-Zr-Nb)N

№ образца	Элементный состав, ат. %			
	N	Ti	Zr	Nb
1	38,72	20,91	20,38	19,99
2	40,00	22,57	18,04	19,39
3	40,86	20,52	19,36	19,26

Анализ спектров рентгеновского дифрактометра на рисунке 2 показывает, что в качестве определяющего фазовый состав входит фаза с гранцентрированной кубической решеткой. Низкоинтенсивный пик при  $2\theta = 38^\circ$  указывает на наличие небольших включений с решеткой ОЦК, характерных для вакуумно-дугового метода капельной фазы. Следует отметить, что с ростом давления интенсивность этого пика уменьшается (смотреть спектры 1 и 3 на рисунке 2), что определяется значительным уменьшением содержания капельной фазы в покрытии и коррелирует с результатами поверхностного исследования.

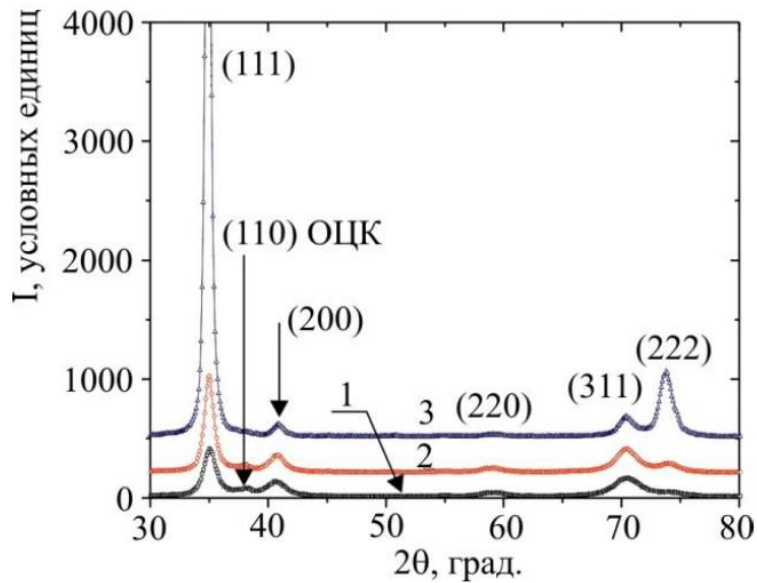


Рисунок 2 – Области дифракционных спектров покрытий, полученные при различном парциальном давлении азота: кривая 1 -  $P = 3 \times 10^{-4}$  Торр; 2 -  $P = 7 \times 10^{-4}$  Торр; 3 -  $P = 4 \times 10^{-3}$  Торр; идентифицированные плоскости решетки ГЦК

Результаты исследования адгезионно-когезионной прочности, стойкости к царапанию покрытий приведены на рисунке 3. На основании графиков изменения коэффициента трения и акустической эмиссии от нагрузки скрайбирования определены следующие основные критические нагрузки:  $L_{C1}$  - появление первых шевронных трещин на дне и диагонали по краям;  $L_{C2}$  - образование множества шевронных трещин на дне и локальное отслоение покрытия;  $L_{C3}$  - когезионно-адгезионное разрушение покрытия;  $L_{C4}$  - пластическое истирание покрытия.

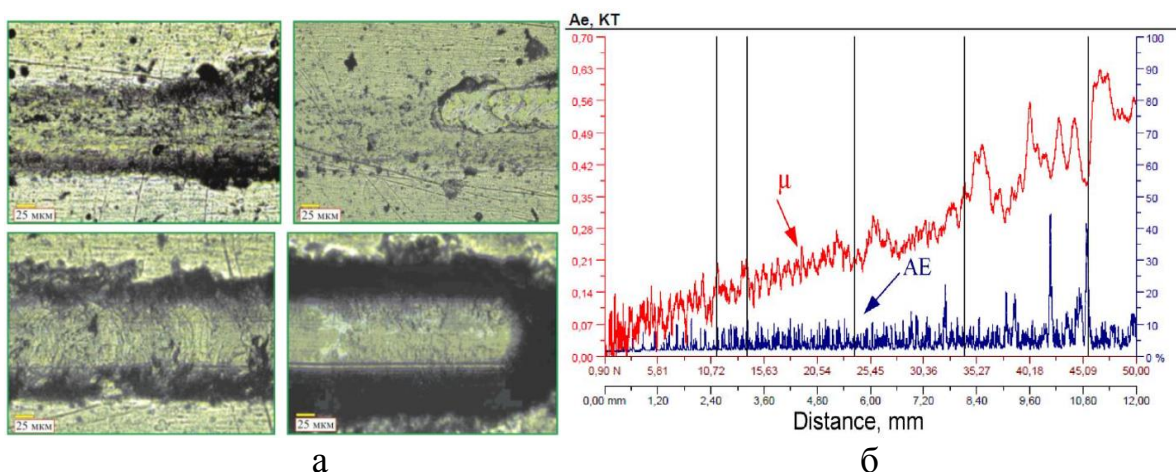


Рисунок 3 – Зоны контакта алмазного индентора с покрытием (Ti-Zr-Nb)N (а) и зависимость коэффициента трения от приложенной нагрузки при царапаниях покрытия (Ti-Zr-Nb)N, полученного при  $P = 4 \times 10^{-3}$  Торр (б)

В качестве критерия адгезионной прочности была принята критическая нагрузка  $L_{C4}$ , приводящая к истиранию покрытий. На рисунке 3б показана зависимость коэффициента трения и сигнала акустической эмиссии от приложенной нагрузки после испытания на скретч-тесте образца 2.

Условно процесс разрушения покрытия при царапании с помощью индентора можно разделить на четыре этапа. При диапазоне нагрузок от 0,9 Н до 9,89 Н возникает монотонное проникновение индентора в покрытие: коэффициент трения слегка увеличивается, сигнал акустической эмиссии остается неизменным. При нагрузке 15,81 Н индентор полностью погружается в покрытие. Скольжение алмазного индентора для покрытий работает с коэффициентом трения 0,35. По мере увеличения нагрузки от 20,6 по 36,4 Н происходит выдавливание материала перед индентором в виде бугорков и увеличивается глубина проникновения индентора.

Методом вакуумно-дугового распыления твердого катода в среде реакционного газа азота получено покрытие на основе (Ti-Zr-Nb)N. Многокомпонентные покрытия имеют ярко выраженную столбчатую структуру. Элементный состав полученных покрытий (Ti-Zr-Nb)N, зависит от физико-технологических параметров осаждения, в частности от давления реакционного газа  $N_2$ . Из рентгеноструктурного анализа следует, что основной фазой является ГЦК-решетка. Было изучено влияние физико-технологических параметров осаждения на твердость покрытий. Твердость покрытий (Ti-Zr-Nb)N, полученных при парциальном давлении  $P = 4 \times 10^{-3}$  Торр, составляет  $H_{0,05} = 44,57$  ГПа, а при давлении  $P = 3 \times 10^{-3}$  Торр твердость  $H_{0,05} = 37,21$  ГПа. Прочность адгезии покрытий на основе (Ti-Zr-Nb)N заметно выше по сравнению с покрытием TiN, а разрушение адгезии наблюдается при нагрузке  $F = 66,77$  ГПа для покрытия (Ti-Zr-Nb)N для покрытия на основе TiN  $F = 55,2$  ГПа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Береснев В.М., Погребняк А.Д., Азаренков Н.А. и др. Нанокристаллические и нанокompозитные покрытия, структура и свойства // ФИП. – 2007. – №1-2. – С. 4-27.
2. Плотников С.В., Погребняк А.Д., Ескермесов Д.К., Ердыбаева Н.К. Структура, морфология и физико-механические свойства многокомпонентного покрытия (Ti-Zr-Nb)N, полученного вакуумно-дуговым распылением // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. – 2016. – №3(73). – С. 96-104.
3. Plotnikov S.V., Pogrebnyak A.D., Yerokhina L.N., Yeskermessov D.K., Erdybaeva N.K. Study of nanostructured (Ti-Zr-Nb)N coatings' physical- mechanical properties obtained by vacuum arc evaporation // IOP Conf. Ser.: Mater. Scien. and Engin. 2016. Vol. 110 (1). P. 1-6 (012031).



УДК 621.577

Oymankanova. A. (19 MTEK-2n), Akaev A.M., Asylzhanova A.B. (EKSTU. D.Serikbaev)

## HEAT PUMPS - EFFECTIVE SOLUTION HEAT AND ENERGY.

Heating problem is one of the most important in energy. At the present stage of human development it is impossible to live without the extensive use of thermal energy. Our time is characterized by high consumption of energetic resources and its further growth and this leads to increased environmental pollution, especially air pollution. On the other hand, maintenance of ecological safety of technological processes of production of heat and electricity is a priority of the state and society. Consequently, environmental protection and rational use of energy resources are two interrelated issues of the day [1].

Modern analysis of energy production and consumption in the world has shown that despite the outlined decrease in the proportion of consumed fossil fuels in the total balance due to the use of renewable energy sources (wind, geothermal, solar, bioenergy, etc.), at least in the first half of the XXI century, gas, oil and coal will remain as the main energy source. This means that if to use traditional heating methods intensity of emission of harmful combustion products of fossil fuel will increase [2].

According to [3], the use of a heat pump heating systems is more advantageous than the use of CHP and individual boilers. The last two decades in the technical and scientific periodicals, the debate about the effectiveness of the earlier in the Soviet Union for large and medium-sized cities of district heating based on cogeneration of heat and electricity in the process of CHP is continuing. It is becoming increasingly clear that the benefits of the combined method of producing electricity and heat (fuel economy, low cost, etc.) are provided by significant heat losses in extended thermal networks, huge expenses for their construction, operation and repair. Heat pumps that convert the low-potential thermal energy of the environment (water, soil, air) can serve as an alternative to this conventional system.

The key issue which depends largely on the efficiency of heat pumps is the low-grade heat source. The followings can be used as low-grade heat sources:

- a) secondary energy resources
  - heat of exhaust air;
  - heat gray sewage;
  - waste heat processes.
- b) non-conventional renewable energy sources:
  - heat of the ambient air;
  - heat of groundwater;
  - heat reservoirs and natural water streams;
  - heat of solar energy;
  - the heat of the surface layers of soil.

Ideal condition for heat pumps is the presence of the source of waste heat near the consumer or industrial utility. In our economic conditions, such cases are common. Nevertheless, these cases should be regarded as private. [4]

For the selection and the most effective transformation of any low-grade heat it is efficient to use heat pump stations capable of covering the thermal load for heating, hot water and air conditioning, simultaneously. The ground heat can be used as a quite universal low-grade heat source. Creation of heat pump stations is possible on the basis of two fundamentally different selection methods of geothermal heat - with open and closed circuits. Method "open loop" is based on direct use of groundwater heat. It provides the delivery of water from the depths to the surface, the use of heat and returns to the reservoir. The method of the "closed loop" is a selection of heat from the solid ground by means of an intermediate heat transfer medium that circulates between a soil heat exchanger located at some depth and the evaporator of the heat pump station, continuously. In turn, the system of closed circuits is subdivided as horizontal and vertical by type of ground heat exchangers[5].

One promising non-traditional heating methods in Republic of Kazakhstan, with its long and quite severe winters is the use of the scattered low temperature (5-45 ° C) or natural heat of waste industrial heat for heating objects with energy saving heat pump technology. Heat pump unit (TNU) converts the alternative and renewable energy sources of renewable energy (heat of soil, ground water, industrial waste heat enterprises) into high heat to 800C that is applied for domestic heating and hot water and generation of cold conditioning.

Development and improvement of the heat pump, the ever-increasing demand for them led to the fact that many highly developed countries (USA, Japan, China, Sweden, Germany, Finland, etc.) use them as the main source of heating and hot water supply systems of residential, public and industrial facilities to dispose of low-grade heat in industry, housing and communal services and agriculture.

In the CIS countries, the introduction of heat pumps are not sufficiently known because of variety of reasons (the relatively low cost of fossil fuels until the mid 90-ies of XX century, focus on district heating and the lack of necessary equipment), at an early stage, for example, in the Republic of Kazakhstan only about 450 - 500 cars work.

In the Republic of Kazakhstan by a team (led by Alimgazina A. Sh) during 1999 - 2014 was developed by the scientific and practical basis for the use of heat pump technology, examined the economic and environmental aspects of the use of heat pumps with different sources of low-potential heat with temperatures ranging from 50 ° C to + + 450C (heat of soil, groundwater, sewage heat urban sewage treatment plants, the water heat water recycling cycles, the heat reverse thermal networks) for heating sites s public sector and utilities, industry, agriculture, etc. in a number of climatic regions of the Republic of Kazakhstan.

The practical implementation of innovative projects with the use of heat pumps in the Republic of Kazakhstan provides:

- significant, 2-4 times, saving the country's budget spent on autonomous heat supply of various objects (office buildings, kindergartens, schools, hospitals, schools, prisons and etc.);

- the possibility of a substantial reduction of emissions of greenhouse gases into the environment and at the same time give higher heat settings for heating both office and industrial buildings enterprises and various urban infrastructure.

Prospects for large-scale use of this technology in the Republic of Kazakhstan is the introduction of new renewable energy technologies based on heat pumps will allow, in the future, in many cases, to abandon the existing systems of traditional heat supply facilities (autonomous boilers for solid, liquid and gaseous fuels, electric boiler), which will give an opportunity to get a significant (2-4 fold) cost savings allocated for the purchase of various types of fuel each year, renovation of the existing boilers and those pilaf networks [6].

#### Conclusion

Prospects for the use of heat pumps in the Republic of Kazakhstan are determined by demand and technological trend of rising fuel, heat and electric energy prices. If before the domestic demand for heat pumps for a long time restrained relative cheapness of energy, but in recent years the fuel in Kazakhstan in retail costs an average of more expensive than example in the United States. In some European countries, heat pumps provide more than half of the total heat requirement, significantly reducing heating costs.

Accumulated experience in the design, build and practical use of heat pump heating systems, feasibility and design study their implementation in real small and large construction sites located in dense urban areas and in rural areas, according to the extensive possibilities of effective the use of heat pump systems and providing them with the help of significant economic, energy saving and environmental effects. Additional potential for improving efficiency in the use of heat pumps also lies in the possibility of their implementation, not only for heating and hot water, but also air-conditioning, including the monitoring and control of humidity in the room and in a number of technological processes.

#### LIST OF LITERATURE

1. Lisova E.P., Ivan Lisutin L.A. Analysis methods for producing electrical and heat in the fuel and energy facilities complex with regard to the criteria of environmental friendliness and efficiency use of energy resources. - Internet magazine "Naukovedenie» №5, 2013.
2. Percentage V.P. An alternative conception of urban heating // Energy saving and water treatment. Number 2. 1997. pp 86-91.
3. Kalnin I.M. Lazarev L.Y., Savitsky AI Energy-saving, environmentally friendly heating technology industrial and residential buildings.
4. Heat pumps. The use of residential buildings for heating, hot water, air conditioning and ventilation. - Tver 2011.
5. SemenovB.A., SolovovV.A. Problems and features the use of ground source heat pumps for autonomous heating.
6. Alingazin A.Ş. Development of schemes and technologies use renewable energy sources for heating of isolated objects [text]: Author. Dis. on soisk. scientists. step. Dr. techn. S

УДК 621.793.7:669.295:620.197

Оразаметова С.М. (18-МФЗ-2п), Ерболатова Г.У. (ВКГТУ), Русакова А.В. (ВКГТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ИЗ ТИТАНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

### Введение

В настоящее время покрытия, нанесенные методами плазменного термического напыления, имеют обширную область применения: от восстановления поверхности изношенных деталей до использования в медицине [1-4]. Пористая структура и шероховатая поверхность покрытия способствуют эффективному прорастанию костной ткани в поры имплантата и его надежной фиксации в кости, что особенно важно для эндопротезов, врастающих в кость. Несмотря на тот факт, что покрытия из гидроксиапатита или из титана давно и успешно используются в практике создания эндопротезов [2,3,6], до сих пор остается нерешенным ряд вопросов, связанных с развитием и внедрением данных технологий. Есть необходимость прогнозировать структурно-фазовые превращения в материалах покрытий, происходящие как в процессе напыления [7-10], так и в процессе эксплуатации эндопротеза в организме [11,12]. Безусловно, поведение имплантата с покрытием в живом организме зависит также от материалов, из которых они изготовлены.

В настоящее время в качестве эндопротезов чаще всего используют имплантаты из титана [6,10,11]. К сожалению, существует вероятность отторжения имплантатов организмом человека и соответственно, вероятность дальнейших осложнений в лечении.

Микроплазменное напыление должно обеспечить желаемые показатели не только пористости, но и коррозионной стойкости.

Таким образом, целью нашего исследования было проведение экспериментов по определению коррозионной стойкости образцов -подложек из титана, подвергнутых различными режимами напыления покрытий на них.

### Экспериментальная часть

В качестве материала исследования служили образцы, полученные методом нанесения градиентных покрытий из титановой проволоки при различных режимах напыления. Для нанесения покрытий использовали проволоки из коммерчески чистого титана диаметром 300 мкм. Перед микроплазменным напылением поверхности образцов были обезжирены ацетоном и подвергнуты ультразвуковой очистке.

Нанесение градиентных покрытий из титановой проволоки проводилось в три прохода плазменной струи с осаждением последовательно плотного слоя, прилегающего к подложке, толщиной 300 мкм (режим 2), затем переходного слоя толщиной 100 мкм (режим 3) и, наконец, пористого слоя толщиной 400 мкм (режим 4) на подготовленные абразивно-струйной обработкой подложки из титанового сплава (режим 1).

Для микроплазменного напыления двухслойных покрытий использовали микроплазматрон МПН-004, изготовленный специалистами Института электросварки им. Е.О. Патона (Киев, Украина) и установленный на руке промышленного робота-манипулятора (Kawasaki RS-010LA, Kawasaki Robotics, Япония). Подложками служили образцы из титанового сплава марки Grade 5 ELI, стандартного состава в мас. %:(max) Ti – основа, Fe. -0.25-0.40, N - 0.05% , O – 0.13-0.20, Al – 5.50- 6.75, C - 0.08, V- 3.50-4.50, H - 0.015. Для нанесения первого слоя покрытия была использована проволока диаметром 0.3 мм из титана марки BT-1-00 (ГОСТ 19807-91), содержание в мас. % (max): Ti – основа, Al. - 0.3, Fe. -0.15, Si – 0.08, C - 0.05, N. -0.03, H - 0.003, O - 0.12. Для нанесения второго слоя покрытия использовали ГА-порошок с молярным соотношением Ca/P-1.67, со средним размером частиц, варьирующимся в пределах 50...80 мкм, с насыпной плотностью 1.07 г/см<sup>3</sup> и плотностью частиц 2.995 г/см<sup>3</sup>.

Коррозионные испытания титановых образцов проводились методом потенциометрии, который основан на зависимости концентрации/активности ионов в растворе с электродом от равновесного электродного потенциала, т.е. измерялась ЭДС обратимого гальванического элемента, состоящего из электродов, погруженных в исследуемый раствор, где потенциал зависел от концентрации определяемых ионов. Коррозионные испытания проводили на потенциостате-гальваностате Elins-P150, Россия, в 5% растворе HCl при температуре 55 °С. Электрохимическая импедансная спектроскопия (ЭИС) использовалась также для оценки барьерных свойств покрытий ГА и коррозии системы ГА/Ti.

Процесс измерения проходил в автоматическом режиме при регулировании поляризующего напряжения/тока в цепи рабочего электрода по задаваемой программе в трехэлектродной электрохимической ячейке. Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод, в качестве вспомогательного – стеклографитовый стакан. Скорость подачи потенциала составила: 5 мВ/с.  $\eta = E_{\text{стан}} \pm 300 \text{ мВ}$ , средняя скорость развертки 608,35 мВ/с. Для того, чтобы сила тока была меньше, площадь поверхности самого рабочего электрода была меньше  $s = 4 \text{ см}^2$ .

График, показывающий логарифмическую зависимость тока от потенциала на электродах показан на рисунке 1. Из графика видно, что в начале эксперимента наблюдаются колебания в виде скачка пика, которые свидетельствуют о скачке потенциала в электрохимической цепи, что в свою очередь соответствует равновесному значению ЭДС ( $E_0$ ) и говорит об установлении в системе равновесия.

Далее на графике после начального стартового пика видны несколько неявных малых пиков. При пропускании тока между рабочим и вспомогательным электродами, при этом, величина скачка потенциала на границе электрод/раствор изменяется в направлении противодействия протеканию электрического тока, вызываемое тем, что электрохимические реакции протекают на электроде с конечными скоростями, а по мере роста тока, протекающего в цепи, поляризация электрода также возрастает.

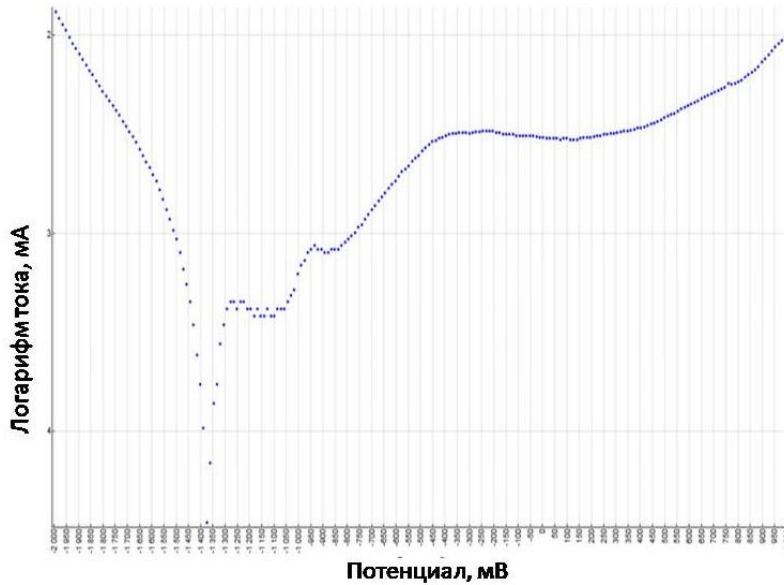


Рисунок 1 – График зависимости  $\lg(i)$ , мА от  $E_{corr}$ , мВ для образца №1

Используя данные, взятые из рисунка 1 и формулы 1-7, рассчитываем потенциал коррозии. В данной работе показан поробный алгоритм расчета для первого образца. Остальные четыре образца рассчитывались аналогичным образом.

Площадь образца показана в формуле (1)

$$S = 0,286 \text{ см}^2 \quad (1)$$

Потенциал коррозии рассчитывали по формуле (2)

$$E_{corr} = -1372 \text{ мВ}, \lg(i) = -3,7 \quad (2)$$

Приборный ток коррозии находили по формуле (3)

$$i_{corr} = \text{antlg}(-3,7) = 10^{-3,7} = 0,0002 \text{ А} \quad (3)$$

Далее рассчитывали плотность тока коррозии по формуле (4)

$$j_{corr} = \frac{i}{S} = \frac{0,0002}{0,286} = 6,97 \cdot 10^{-4} \text{ А/см}^2 \quad (4)$$

Массу и длину образца рассчитывали по формулам (5 и 6) соответственно

$$m = q \cdot i \cdot t = \frac{M}{n \cdot F} \cdot i \cdot t = \frac{47,9}{3 \cdot 96500} \cdot 0,00002 \cdot 3,15 \cdot 10^7 = 1,039 \text{ г} \quad (5)$$

$$l = \frac{m}{S \cdot p} = \frac{1,039}{0,286 \cdot 4,54} = 0,801 \text{ см} \quad (6)$$

Используя полученные данные рассчитывали коррозионную стойкость по формуле (7)

$$R_{corr} = \frac{M(Me) \cdot i \cdot t}{n \cdot F \cdot p \cdot S} = \frac{47,87 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot 31536000}{3 \cdot 96500 \cdot 4,54 \cdot 0,286} = 0,801 \text{ см/год} \quad (7)$$

Данные, полученные в результате испытания и расчетов всех пяти титановых образцов показаны в таблице 1. Из полученных данных видно, что в зависимости от режима нанесения покрытий коррозионная стойкость образцов меняется, однако полученные результаты соответствуют требованиям, предъявляемым к необходимому уровню электрохимической стойкости в биосредах <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-korrozionnyh-i-elektrohimicheskikh-svoystv-splavov-na-osnove-nikelida-titana-v-krupnozernistom-i-ultramelkozernistom>. Замечено также, что минимальный уровень коррозии наблюдается у образца №5 (0,205 см/год).

Таблица 1– Результаты испытаний скорости коррозии титановых образцов

Образец	R <sub>согг</sub> , см/год
Режим №1	0,801
Режим №2	0,803
Режим №3	0,658
Режим №4	0,433
Режим №5	0,205

В большинстве случаев, температура оказывает значительное влияние на скорость электрохимической коррозии металлов, так как изменяет скорость диффузии, перенапряжение анодных процессов, степень анодной пассивности, растворимость деполяризатора и вторичных продуктов коррозии [9,10]. Например, в кипящей 10%-ной HCl скорость коррозии титана составляет 11,43 см/год. В ряде случаев влияние температуры на скорость коррозии металла обусловлено изменением свойств защитной пленки.

### Заключение

Результаты коррозионных испытаний образцов из титана показывают высокую антикоррозионную активность, которая обусловлена образованием в кислородсодержащей среде плотной оксидной пленки, при обычной температуре устойчивой к действию большинства агрессивных сред.

Данные результаты отвечают требованиям к необходимому уровню электрохимической стойкости в биосредах.

## Список литературы

1. Vardelle A., Moreau Ch., Nickolas J., Themelis A. Perspective on Plasma Spray Technology Plasma Process. - 2015. P. 491–509.
2. Heimann Robert B.: Materials Science of Bioceramic Coatings. The Open Biomedical Engineering Journal 9. - 2015. P. 25–28.
3. Lyasnikova A.V., Markelova O.A., Lyasnikov V.N., Dudareva O.A. Biocomposite Plasma - Sprayed coatings Based on Zink-Substituted Hydroxyapatite: Structure, Properties and Prospects of Application // Mechanics of Composite Materials. - 2016. - Vol. 51. - No 6. - P. 801-804.
4. Алонцева Д.Л., Прохоренкова Н.В., Русакова А.В., Красавин А.Л., Кадыролдина А.Т., Борисов Ю. С., Войнарович С.Г., Кислица А. Н. Разработка технологии микроплазменного нанесения биосовместимых покрытий для изготовления медицинской продукции // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. Серия техническая. - №3 (77). - 2017. С.65-71.
5. Tucker R.C. Introduction to Coating Design and Processing ASM, Thermal Spray Technology: Handbook. 2013. – v.5A. - P. 76–88.
6. Hench L.L., Polak J.M. 3D Printed Scaffolds as a New Perspective for Bone Tissue-Regeneration: Literature Review // Science. – 2002. – v.295. - P. 1014–1017.
7. Xina R., Lenga Ya., Wangb Ni. // Journal of Crystal Growth. – 2006. – v. 289. – P. 339-344.
8. Алонцева Д.Л., Войнарович С.Г., Кислица О.Н., Джес А.В., Русакова А.В., Прохоренкова Н.В., Красавин А.Л., Леонова М.О. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2018. – т.15, No 1. – С. 135-142.
9. Влияние параметров микроплазменного напыления на структуру, фазовый состав и текстуру покрытий из гидроксиапатита. / Борисов Ю.С., Борисова А.Л., Войнарович С.Г., Туник А.Ю., Карпец М.В., Кислица А.Н., Кузьмич-Янчук Е.К. // Автоматическая сварка. – 2008г.– № 4. – С.15 – 20
10. Двухслойное биокерметное покрытие титан-гидроксиапатит. / Ющенко К.А., Борисов Ю. С., Войнарович С.Г., Кислица А.Н., Кузьмич-Янчук Е.К. // Автоматическая сварка. – 2011г.– № 12. – С. 46 – 49.
11. Geesink R. G. T., Manicy M. T. // Hydroxylapatite Coatings in Orthopedic Surgery, R. G. T. Geesink and M. T. Manicy Eds. New York: Raven Press, Ltd. – 1993. - pp. 1-319.
12. Fazan F., Marquis P.M. Dissolution behavior of plasma-sprayed hydroxyapatite coating // J. Mater. Sci. Mater. Med. – 2000. – v.11. – P. 787–793.



УДК 621.36

Орынбаева Д.Е. (18-МЭЛ-2п), Ерболатова Г.У.(ВКГТУ)

## ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ НУЖД УЧЕБНО-ЭКСПЕДИЦИОННОГО КАМПУСА «ПРОСТОР»

Одной из актуальных направлений развития солнечной энергетики является разработка новых эффективных фотоэлектрических панелей. В последние годы фотоэлектрические установки используются в системе электроснабжения отдаленных и автономных районов, в частности для обеспечения электричеством ферм, станций геологоразведки, где установка линии электропередач недоступны или экономически нецелесообразны. В связи с этими факторами оценка эффективности их работы выходит на передний план. Необходимо иметь возможность определения параметров выходных зависимостей солнечных панелей (SP) под действием различных факторов окружающей среды, провести сравнение эффективности использования SP из различных материалов, сделать оценку поведения фотоэлектрических элементов в различных режимах их работы. Для оптимального использования фотоэлектрических элементов необходимо определить точку максимальной мощности и обеспечить такой режим, чтобы вырабатываемая мощность при изменении внешних факторов была наибольшей. При испытании SP используют имитаторы солнечных батарей, которые позволяют воспроизводить характеристики SP под влиянием внешних условий.

Для детального анализа особенностей энергетических характеристик солнечного элемента представим его в виде некоторой электрической схемы замещения (рис.1), где солнечный элемент условно представлен в виде некоторого источника тока  $I_{и}$ , параллельно включенного ему диода 2 и внутреннего сопротивления солнечного элемента  $r_{в}$  и включенного последовательно с нагрузкой –  $r_{н}$ .

Источник электрического тока под воздействием солнечного излучения образует ток  $I_{н}$ , равный сумме двух токов:  $I_{д}$  – ток диода (обратный ток) и  $I_{н}$  – ток нагрузки.

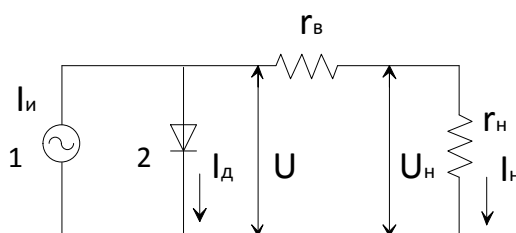


Рисунок 1. Электрическая схема замещения солнечного элемента

Ток  $I$  можно найти в зависимости от  $U$  и некоторых констант по формуле:

$$I = I_H - I_d = I_H - I_0 \left( \exp \left( \frac{\alpha U}{A} \right) - 1 \right) \quad (1)$$

где ток  $I_H$  – ток нагрузки, определяемый током к.з. солнечного элемента при  $R=\text{const}$ , т.е.  $I_H = I_\phi$  – фототок солнечного элемента, А;  $I_0$  – ток насыщения, равный наибольшему значению обратного тока солнечного элемента (например, для кремния  $I_0 \approx 10^{-7} \text{ А/м}^2$ ), А;  $A \geq 1$  (обычно от 1÷3) – безразмерный электрический коэффициент, определяемый технологическими особенностями солнечного элемента (чем ниже ВАХ, тем выше значения  $A$ ); параметр  $\alpha$  определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{e^0}{kT} \quad (2)$$

где  $e^0$  – заряд электрона;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – температура, К ( $T=273^0+t$  °С).

С учетом схемы замещения можно определить  $U_H$ ,  $V$ , по формуле

$$U_H = U - I r_s = \frac{A}{\alpha} \ln \left( \frac{I_\phi - I}{I_0} + 1 \right) - I r_s \quad (3)$$

а также  $N_{SE}$ , Вт:

$$N_{SE} = U_H(I)I \quad (4)$$

Из выражений (1) и (3) следует, что в основном энергетические характеристики солнечного элемента (SE) в неявном виде можно представить некоторой многомерной зависимостью  $F_{SE} = F_{SE}(U_H)$ ,  $I$ ,  $R$ ,  $T$ , вид использованного материала и конструкции SE, например монокристаллические, поликристаллические, аморфные, одно- и многослойные; с горизонтальными и вертикальными слоями SE и т.д.).

Основные энергетические характеристики фотоэлемента представлены на рис. 2 в зависимости от сопротивления  $R$ : холостого хода, т.е.  $U_0 = U_0(R)$  при  $I=0$  и  $T(K)=\text{const}$ ; нагрузочная, т.е.  $U_H = U_H(R)$  при  $I=\text{const}$ ; короткого замыкания, т.е.  $I_{\phi.уд} = I_{\phi.уд}(R)$ , при  $r_H=0$ , где  $R=R(S_{SE})$ , где  $S_{SE}$ ,  $\text{см}^2$  – площадь SE; «input-output», т.е.  $I_{уд} = I_{уд}(R)$ ,  $I_{уд} = I/S_{SE}$  при  $r_H = \text{const}$  для некоторого реального заданного по своим показателям SE.

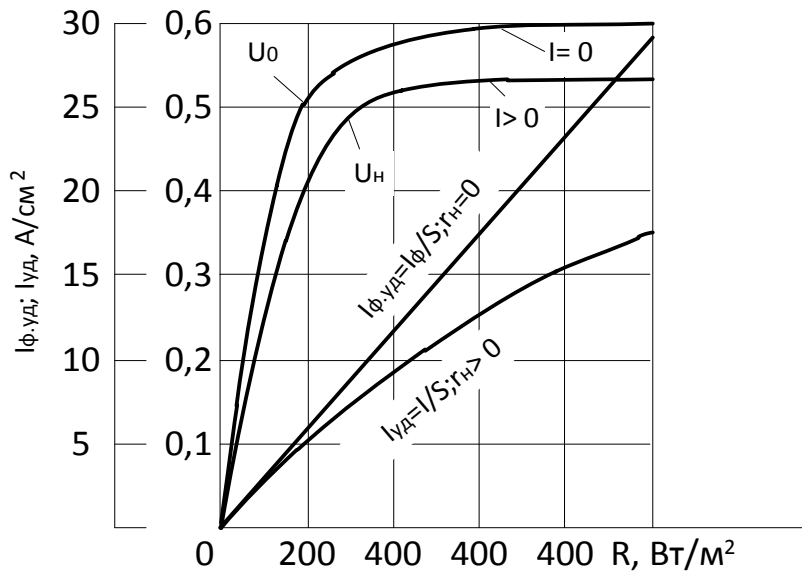


Рисунок 2. Характеристики зависимости SE:

холостого хода  $U_0 = U_0(R)$  при  $I=0$ ,  $T=\text{const}$ ; нагрузочная  $U_n = U_n(R)$  при  $I=\text{const}$ ; аналог характеристики к.з.  $I_{\phi, \text{уд}} = f(R)$  при  $r_n=0$ ; аналог характеристики  $I=I(R)$  «input-output».  $I_{\text{уд}} = I_{\text{уд}}(R)$  при  $r_n=0$ .

Анализ характеристик, представленных на рисунке 2 показывает следующее:

- характеристика холостого хода SE или зависимость  $U_0(R)$  при  $I=0$ ,  $T=\text{const}$ : так как здесь  $I=0$ , то это означает, что в выражении (3)  $U = U_0$  т.е.

$$U = U_0 \cong \frac{A}{\alpha} \ln \left( \frac{I_{\phi}}{I_0} \right) \quad (5)$$

так как  $\frac{I_{\phi}}{I_0} \geq 1$ . При этом  $U_0(R)$  изменяется по логарифмической зависимости при условии, что  $I_{\phi, \text{уд}}(R)$  явно линейная характеристика (т.е. характеристика к.з. – линейна в зависимости, как и  $U_0(R)$ );

– нагрузочная характеристика  $U_n(R)$  при  $I=\text{const}$  и  $I>0$  также имеет вид логарифмической зависимости, как и  $U_0(R)$ ;

– характеристика «input-output», т.е.  $I(R)$  при  $r_n = \text{const}$  – нелинейная в рабочем диапазоне  $R$ , Вт/м<sup>2</sup>.

Регулировочная характеристика SE при  $R=R(I)$  при  $I_{\text{доп}} < I_{\phi}$  и  $U_n = \text{const}$  представлена на рисунке 3. Изменение мощности солнечного излучения можно реализовать посредством изменения угла наклона приемной площадки панели ( $\beta=\text{varia}$ ), т.е. изменения угла падения Солнца  $\theta(\beta) = \text{varia}$ .

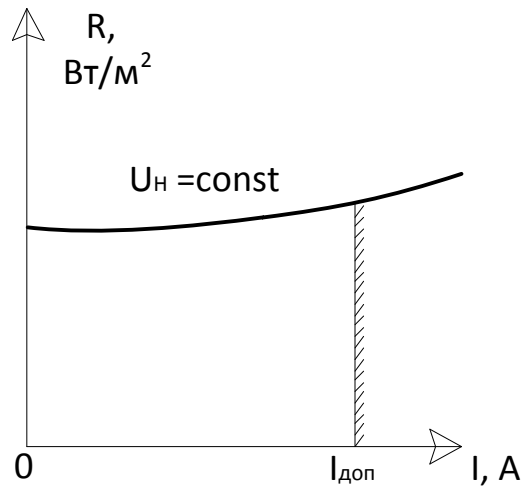


Рисунок 3. Регулировочная характеристика фотоэлемента  $R=R(I)$ , снимаемая при  $I_{\text{доп}} < I_{\text{ф}}$

С учетом формул (1)÷(5) спроектирован модель системы солнечных панелей в среде Matlab/Simulink(рисунок 4).

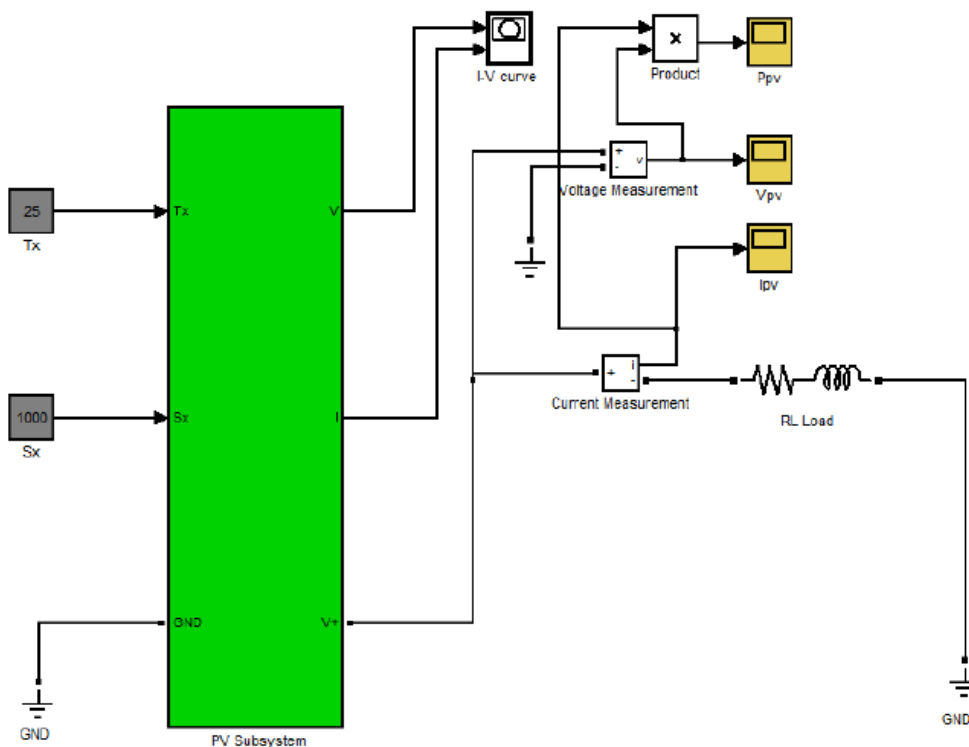


Рисунок 4. Модель системы солнечных панелей в среде Matlab/Simulink

Учитывая особенности установки SP панелей на территории учебно-экспедиционного кампуса «Простор» и географического расположения самого кампуса (координаты:  $49^{\circ}37'04.9''$  по широте и  $83^{\circ}26'26.0''$  по долготе) по

итогах симуляции определены углы наклона групп SP относительно поверхности земли(нулевого угла) для механического(при стационарной жесткой установке и ручном регулировании) или автоматического(при динамической гибкой установке и дистанционном) регулирования положений SP .

Месяц	Рекомендуемые углы наклона при полустационарном методе установки SP для данной местности для оптимальной энергоэффективности					
	Ноябрь - Январь	Январь - Апрель	Апрель - Июнь	Июль - Август	Август - Сентябрь	Сентябрь - Ноябрь
Рекомендуемый угол наклона	70° ÷ 58°	55° ÷ 45°	42° ÷ 30°	32° ÷ 43°	43° ÷ 55°	57° ÷ 68°

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика // Издательский дом МЭИ. – 2008. – №5. – С. 187-191
2. Шарифов Б.Н., Терегулов Т.Р. Моделирование солнечной панели в программе MATLAB/Simulink // Вестник УГАТУ. –2015. –Электротехника. –С.77-80.
3. Quaschnig Volker. Understanding Renewable Energy Systems // Earthscan. Sterling, VA. –2005. –№4. –P.129-134
4. Gevorkian Peter. Alternative Energy Systems in Building Design // McGrawHill. –2010. –№3. –P.70-74

УДК 621.315

Рахметуллина Д.А. (18-МТЭ-2п), Миргородский С.И. (ВКГТУ)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАКОВОЙ АППАРАТУРЫ ТОО «КАЗЦИНК»

Цель работы-определение коррозионной устойчивости конструкционных материалов, предполагаемых для изготовления баковой аппаратуры при переработке свинцовых пылей медного производства.

В связи с поставленной задачей была проведена следующая работа:

1) Изучение литературных данных по коррозии металлов и сплавов, и по оборудованию, которое используется в гидрометаллургическом производстве цветных металлов.

2) Проведение лабораторных экспериментов по коррозионной стойкости исследуемых конструкционных материалов.

3) Анализ и обработка полученных данных

По самым скромным оценкам только прямые потери металлов от коррозии в мире превышают 200 млрд. долларов США в год. Согласно оценке экспертов, в промышленно развитых странах косвенные и прямые убытки от коррозии металлов, а также затраты на защиту от коррозии превышают 4% национального дохода индустриально развитых стран. С развитием техники при возрастающей интенсификации промышленных процессов роль экономического и экологического факторов, связанных с вышеуказанными затратами и потерями, может только возрасти.

Коррозия является одной из существенных причин нарушения экологического равновесия; при этом сектор негативного воздействия коррозионных процессов на природную среду постоянно расширяется. Экологическое загрязнение в рамках понятия, определенного ЮНЕСКО, включает в себя не только прямое, непосредственное введение сторонних веществ или энергии в окружающую среду, но и косвенное нарушение экологической целостности природного ландшафта, которое приводит к быстрым или отдаленным отрицательным последствиям в отношении человека и различных популяций флоры и фауны.

Так, отмечается устойчивый процесс роста в почвах концентрации солей тяжелых металлов как следствие интенсификации коррозионных процессов. Известно, что тяжелые металлы особенно опасны тем, что обладают способностью накапливаться как в почве, так и в живых организмах, образуя высокотоксичные соединения и через них вмешиваться в метаболический цикл живых организмов, отрицательно, а порой и губительно, воздействуя на микрофлору, состав и свойства почв, организм человека. При этом тяжелые металлы вызывают диспергацию почв, способствуя разрушению органоминеральных комплексов и почвенных процессов, включая гумусообразование.

Возникновение коррозии конструкционных материалов в условиях гидрометаллургического способа производства цветных металлов в основном связано с одной из наиболее вредных ее разновидностей - электрохимической коррозией металлов и сплавов [1].

Электрохимическая коррозия возникает вследствие контакта металла с жидкими электролитами (водой, водными растворами солей, кислот и щелочей, расплавленными солями и щелочами). При данном виде коррозии наряду с химическими процессами (отдача электронов) протекают и электрические (перенос электронов от одного участка к другому).



Рисунок 1. Воздействие коррозии на баковое оборудование химико-металлургического цеха

Поверхность любого металла (сплава) неоднородна и состоит из множества короткозамкнутых микроэлектродных элементов. При контакте с раствором электролита микрокоррозионные системы элементов начинают функционировать, что приводит к разрушению поверхности металла. Основными причинами, создающими неоднородность в системе «металл – электролит» являются: неоднородность металлической фазы, неоднородность жидкой фазы и неоднородность наложения внешних условий.

Коррозионные испытания позволяют определить влияние различных факторов (физико-химических, технологических, эксплуатационных) на скорость коррозии металлов, т.е. определить его коррозионную стойкость. Скорость коррозии зависит от множества одновременно действующих факторов, среди которых как внутренние, характеризующие природу материала, его технологию, состав и тип структуры, состояние поверхности, так и внешние, характеризующие состав агрессивной среды и условия протекания процесса (давление, температура, гидродинамические условия и др.). Её можно выражать различными способами [2].

Наиболее часто употребляемые показатели:

а) массовый показатель ( $K_{\text{масс}}$ ) скорости коррозии представляет собой потерю массы ( $\Delta m$ ) в единицу времени ( $t$ ), отнесенную к единице поверхности ( $S$ ) испытываемого образца:

$$K_{\text{масс}} = \frac{m}{t \cdot S} = \frac{m_{\text{н}} - m_{\text{к}}}{t \cdot S} \quad (1)$$

где  $m_{\text{н}}$  и  $m_{\text{к}}$  – соответственно начальная и конечная масса образца. Чаще его выражают в г/(м<sup>2</sup>сут.);

б) глубинный показатель (П) скорости коррозии характеризует среднюю глубину (h) разрушения металла в единицу времени:

$$П = \frac{h}{t} \quad (2)$$

В справочной литературе его выражают в мм/год. Глубина разрушения может быть определена через потерю массы металла, его плотность ( $\rho$ ) и площадь:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{m \cdot \rho}{S} \quad (3)$$

где  $\Delta V$  – уменьшение объема образца в результате коррозии.

Объединяя выражения (1.2.1), (1.2.2) и (1.2.3), получаем соотношение, устанавливающее связь между массовым и линейным показателями скорости коррозии:

$$П = \frac{K_{\text{масс}} \cdot 365}{\rho} \quad (4)$$

где  $\rho$  - выражено в кг/м<sup>3</sup>;  $K_{\text{масс}}$  – в г/(м<sup>2</sup>сут); П – в мм/год ; 365 – число дней в году.

Если выражать  $\rho$  в г/см<sup>3</sup>, то соотношение приобретет вид

$$П = \frac{K_{\text{масс}} \cdot 365}{1000 \cdot \rho} \quad (5)$$

в) объемный показатель (К<sub>об.</sub>) скорости коррозии используется реже. Он равен объему (V) поглощаемого или выделяемого при коррозии газа (чаще всего O<sub>2</sub> или H<sub>2</sub>), отнесенному к единице поверхности металла и единице времени:

$$K_{\text{об}} = \frac{V}{S \cdot t} \quad (6)$$

г) плотность коррозионного тока ( $i_{\text{корр.}}$ ) используется для характеристики скорости только электрохимической коррозии.

д) по доле поверхности, занятой продуктами коррозии;

е) по количеству коррозионных язв или точек на поверхности; ж) по объему, выделившегося с единицы поверхности H<sub>2</sub> или поглощенного O<sub>2</sub>;



- з) по времени появления первого очага коррозии;
- и) по времени появления коррозионной трещины или полного разрушения образца;
- к) по величине тела коррозии.

Косвенные показатели.

- а) по изменению физико-механических свойств: времени сопоставления растяжению, сжатию, изгибу;
- б) по изменению электрического сопротивления. Вышеприведенные показатели скорости коррозии используются, как правило, для оценки равномерной коррозии [1].

Баковая аппаратура предназначена для проведения в ней процессов выщелачивания, окисления, восстановления, очистки пульпы и растворов при активном механическом перемешивании при различных температурах. Также баковая аппаратура предназначены для промежуточного сбора и хранения технологических растворов. Баковая аппаратура бывает различных форм и различного предназначения [3].

Большие агитаторы: геометрический объём – 62 м<sup>3</sup>, рабочий объём – 50 м<sup>3</sup>. Геометрические размеры: D – 4600 мм, H – 4400 мм. Агитаторы цилиндрические с конусным днищем и донным выпуском. Объём конуса – 9 м<sup>3</sup>. Изготовлены из Ст.3, футерованы кислотостойким кирпичом на битумной основе. Крышки металлические б = 8-12 мм опираются на оцинкованные балки №24.

Агитаторы снабжены мешалками и насосами.

Мешалки лопастные изготовлены из титана. Привод мешалки – редуктор ВД –V. Рама привода мешалки изготовлена из балок №40. Двигатель привода ВД –V – АОФ – 78 – 8/4, N – 10-14 кВт, 380 В, n – 750-1500 об/мин.

Для проведения исследований на коррозионную устойчивость были представлены четыре образца конструкционных материалов:

- сплав титана ВТ - 1,
- сталь 08X18H10T,
- сталь 10X17H13M2T,
- сталь 12X18H10T.

В качестве контактной жидкой среды использовался раствор от выщелачивания пылей свинцового производства, в который для соответствия составу технологическим растворам переработки пылей медного производства, были введены медь, железо, серная кислота.

Расчет скорости коррозии исследуемых образцов показал (таблица 1), что по данным десятибалльной шкалы коррозионной стойкости сплав ВТ – 1 классифицируется как «стойкий» конструкционный материал, скорость коррозии его соответствует значению – 0,038 мм/год.

Остальные конструкционные материалы классифицируются как «нестойкие» или «малостойкие» в данной агрессивной среде и имеют более высокое значение по ГОСТу.

Таблица 1 Данные коррозионной стойкости исследуемых образцов по десятибалльной шкале (ГОСТ 13819 – 68)

Данные исследований		Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов		
Наименование материала	Скорость коррозии исследуемых образцов, мм/год	Группа стойкости	Скорость коррозии, мм/год	Балл
Сплав ВТ - 1	0,038	Стойкие	Свыше 0,01 до 0,05	4
Сталь 08Х18Н10Т	32,5	Нестойкие	Свыше 10,0	10
Сталь 10Х17Н13М2Т	9,7	Малостойкие	Свыше 5,0 до 10,0	9
Сталь 12Х18Н10Т	22,4	Нестойкие	Свыше 10,0	10

Эксплуатационные затраты при использовании титана и его сплавов понижаются вследствие снижения частоты простоев и ремонта оборудования.

Стоимость изготовления оборудования из титана и его сплавов численно приближается к стоимости изготовления такой же трубы из нержавеющей стали или медно-никелевого сплава, но по механическим характеристикам, требуемым для работы, титановые сплавы превышают эти материалы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.П. Жуков, А.И. Малахов. «Основы металловедения и теории коррозии». М. «Высшая школа», 1991.
2. А.И. Басов, Ф.П. Ельцев «Справочник механика заводов цветной металлургии». М «Металлургия», 1981
3. Захаревич А.А. и др. Применение титана в сернокислотных производствах цветной металлургии

УДК 535.32

Сағымбекова Э.С. (17-ТФК-1), Нуркенова Б.Д. (ШҚМТУ аға оқытушысы)

## ҮЗІКТІ ЫДЫРАУДЫҢ ДИСПЕРСИЯЛЫ ҚАТАЯТЫН ҚОРЫТПАЛАРДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Дисперсиялық катаю табиғатын анықтау үшін дислокациялардың бөлшектермен өзара әрекеттесу түрін белгілеу қажет, бұл эксперименталды деректерді есептеулермен сандық салыстыру үшін беріктендіру механизмдерін таңдауға мүмкіндік береді.

Дисперсиялық катаюға әкелетін изоморфты фазаның үзікті бөліну реакциясының тиімділігі үздіксіз ыдыраумен байланысты дисперсиялық қаттылықпен салыстырғанда процесс ретінде белгіленуі мүмкін. Изоморфты емес фазаларға келетін болсақ, үзікті реакцияның пайда болуы, әдетте, қорытпалардың беріктілік қасиеттерінің апатты төмендеуімен қатар жүреді. Оларға тек үзікті реакция ұяшықтарындағы жоғары дисперсиялы құрылымы бар қорытпалар мен қайта қаныққан қатты ерітіндінің ыдырауы үзікті реакцияны дамыту арқылы ғана болатын қорытпалар енбейді. Бірақ мұндай қорытпалардағы үзікті реакция тиімділігін анықтау қиын, өйткені оларды үздіксіз механизм бойынша қартайту мүмкін емес.

Қорытпалар физикасы мен материалтанудың табыстары айтарлықтай дәрежеде қорытпалардың дисперсиялық катаюының табиғаты туралы мәселені шешумен байланысты. Бұл проблеманы зерттеу үш бағытта жүргізіледі: біріншіден, әртүрлі факторлардың әсерінен алғашқылардың тежеуіне әкелетін бөлшектермен дислокациялардың өзара әрекеттесу модельдері ұсынылады және теориялық түрде әзірленеді; екіншіден, тежелудің белгілі бір механизмінің болуын дәлелдеу мақсатында эксперименталды зерттеулер, негізінен электронды-микроскопиялық зерттеулер қолданылады; үшіншіден, қорытпалардың механикалық қасиеттері, атап айтқанда дисперсиялық катаю әсерінің шамасы зерделенеді және эксперименталды деректерді теориялық бағалаумен салыстыру жасалады. [1]

Үзікті реакция тиімділігін зерттеу үшін 36НХТЮ қорытпасы ең қолайлы. Шын мәнінде, онда үзікті ыдырау өте қарқынды дамиды; материалдың барлық көлемінде үзікті немесе үздіксіз ыдыраудың біртекті құрылымын алу әдістері бар;  $\gamma$ -фаза торлары мен матрицалар параметрлерінің сәйкес келмеуі 36НХТЮ қорытпасындағы аз, сондықтан  $\gamma'$ -бөлшектердің кесу сатысындағы беріктенуі негізінен бөлшектердегі алыс тәртіпке байланысты.

Үзікті реакция ұяшықтарындағы дислокацияның  $\gamma'$ -фазаның ламельдерімен өзара әрекеттесу механизмін зерттеу ондағы дислокацияның қатты қисайғанын (сурет 1, а), олардың ілмектері байқалатынын көрсетті (сурет 1, ә). Бұл ұяшықтардағы  $\gamma$ -фаза ламельдерінің, тіпті қалыңдығы аз болған жағдайда да, әрқашан дислокациямен оралатынын көрсетеді. Мұндай ерекшелік, әлбетте, олардың өзекті формасымен байланысты.

Үзікті реакцияның баяу сатысында пайда болатын дөрекі дисперсті ламельді ұяшықтардағы қалыптасатын дислокациялық құрылым  $\gamma'$ -ламельдер-

дің механикалық қысу арқылы матрицаның деформациясын шектейтінін көрсетеді. Пластикалық деформация, кем дегенде аз дәрежеде деформация кезінде, бөлшектер арасында дамиды, ал бөлшектердің өздері серпімді деформацияланады. Дислокация мен бөлшектер арасында тікелей әрекеттесу болмайды. [1]

36НХТЮ қорытпасындағы негізгі беріктендіргіш фазалар хром және титан карбидтері,  $\gamma'$ - және  $\eta$ -фазалар болып табылады.  $\gamma$ -және  $\eta$ -фазалардың бөліну механизмі мен кинетикасы шыңдау температурасына және жапсырма дәрежесіне байланысты. Әдетте, 36НХТЮ қорытпасындағы үзік механизм  $\eta$ -фазаның бөлінуін болдырмайды, себебі бұл оның механикалық қасиеттері мен коррозияға төзімділігінің төмендеуіне әкеледі. Жұмыста [2] үзікті ыдыраудың және рекристалдаудың кешенді реакциясы процесінде қалыптасатын  $\eta$ -фазаның микроұяшықты құрылымы бар балқыманың асапластикалық деформациядан кейін асапластикалық және жоғары механикалық қасиеттерге ие екендігі көрсетілген.



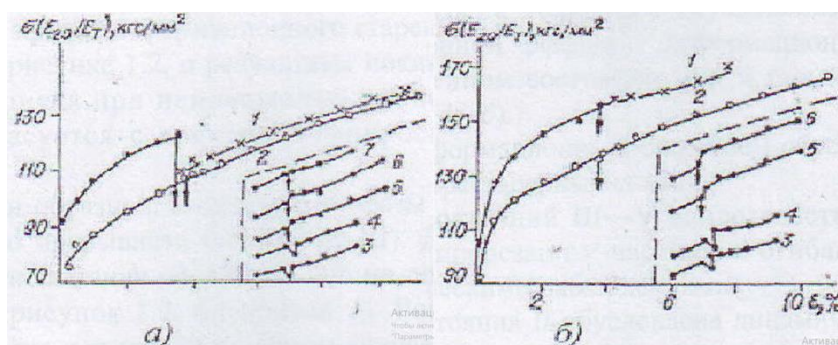
Сурет 1. 36НХТЮ қорытпасының үзікті реакция ұяшықтарындағы дислокациялық құрылымы

$Ni_3Al$  интерметаллидінің және оның негізіндегі қатты ерітінділердің ағымдылық шегі және беріктілік коэффициенті (деформацияның тіркелген дәрежесі кезінде) шамамен  $600^\circ$  температураның өсуімен артады.  $Ni_3Al$  интерметаллидінің және оның қорытпаларының ағымдылық шегінің мұндай аномальды әрекеті жоғарылаған температураларда дислокация қозғалысының қиындықтарының өсуімен байланысты, бұл қиындық деформациялық қартаю процестерімен байланысты емес. Беріктендіру коэффициентінің өсуі де деформациялық қартаюмен байланысты емес. Ақаулық шегінің аномальды температуралық тәуелділігі деформация кезінде кесілетін  $\gamma'$  - фазаның бөлшектерімен нығайтылатын дисперстік-қату қорытпалары болған жағдайда да байқалады.  $\gamma'$ -бөлшектер дислокациямен айналғанда,  $Ni-Al$  қорытпасының ағымдылық шегінің температуралық тәуелділігінің аномалиясы байқалмайды.

Аномалияның табиғатын анықтау мақсатында келесі тәжірибе жүргізілді. Үлгі ағымдылық шегіне сәйкес келетін температурада шамамен 4%-ға дейін деформацияланды. Содан кейін сынақ тоқтатылды, үлгіні түсіру және бөлме температурасына дейін тез салқындату жүргізілді. Осыдан кейін созылу бұрынғы жылдамдықпен, бірақ бөлме температурасында жаңартылды.

I жай-күй үлгілерін сынау нәтижелері 2, а-суретте келтірілген. Сынақ температурасының 450-ден  $20^\circ$ -ға дейін төмендеуі ағыс кернеуінің айтарлықтай төмендеуіне әкелді.  $20^\circ$  кернеу кезінде кейінгі деформациялауда тек бөлме тем-

пературасында үздіксіз созылу кезінде ағыс кернеуінен сәл ғана асып түседі. Бұл сынақтарда түсіру әсерінің практикада болмайтынын көрсету үшін, түсіру және кейіннен деформациялай отырып,  $\epsilon \approx 4\%$  тоқтау жүргізілді. Сынау температурасының төмендеуі кезінде ағым кернеулерінің төмендеуі  $\gamma'$  - бөлшектердің ағым кернеулерінің төмендеуіне байланысты. Бөлме температурасында үздіксіз деформация кезінде кернеу деңгейіне қатысты кейінгі созылу кезінде ағыс кернеулерінің аздаған артуы динамикалық деформациялық қартаюмен түсіндіріледі. Соңғысы туралы  $200-500^\circ$  температура кезінде деформацияның секіру тәрізді сипаты және статикалық деформациялық қартаю бойынша эксперименттер куәландырады. Деформациялық қартаю бойынша нәтижелер оң жақ төменгі бұрышта көрсетілген (2, а-сурет). Қартайтуды  $\epsilon \approx 4\%$  создан кейін өткізді. Деформациялық қартаюдың әсері аз болса да, түсірілген күйде ұстаудан кейін табылды. Жүктеме астында қартаю кезінде (3,4 қисықтар) дамушы қайтару деформациялық қартаю әсерін өтейді.



Сурет 2. Үлгілердің қисық ағымына температураның әсері

Ал 2-суретте келтірілген нәтижелер бойынша үздіксіз ыдырау кезінде бөлінген дисперсиялық  $\gamma'$ -бөлшектер дислокациялармен кесіледі, бұл электрондық микроскопиялық бақылаумен куәландырылған.

Үлгілерді зерттеу кезінде  $\gamma'$ -фазаның бөлінуі іс жүзінде толық үзікті болған (III жай-күйі). Бұл жағдай үшін сынау температурасының  $350$ -ден  $20^\circ$  -ға дейін төмендеуі ағыс кернеуінің төмендеуімен қатар жүрмейді (сурет 2, б.: қисық 1). Бұл жағдайда сынау температурасының ұлғаюынан ағымдылық шегінің өсуі аномалиямен де, ағымдылық шегімен де  $\gamma'$ -фазамен байланысты емес, тек толығымен динамикалық деформациялық қартаюмен түсіндіріледі. Жүктемемен де, жүктемесіз де жүргізілген деформациялық қартаюдың әсері өте үлкен (сурет 2, б.: 3-6 қисықтар).

Динамикалық деформациялық қартаюмен IV және V күйлер үшін (аса қартайтылған қорытпа) аномалия шартталған.

III-V күйлерінің нәтижелері бұл жағдайларда дислокация  $\gamma'$ -бөлшектерді кесіп емес, айналып өтеді, электрондық микроскопиялық бақылаулармен келісетінін куәландырады.

II күй үшін аномалия динамикалық деформациялық қартаюмен және деформацияланған  $\gamma'$  - фазаның кедергісінің аномальды өзгеруімен байланысты. Бұл әсер етуші аралас (үзік және үздіксіз) механизммен сәйкес келеді.

Әдетте 36НХТЮ қорытпасын термиялық өңдеу режимдерінде қолданылатын нығыздаушы  $\gamma'$  - фаза негізінен үзікті реакцияның дамуы барысында бөлінеді. Арнайы өңдеу арқылы бұл реакцияны толығымен басуға болады,  $\gamma'$  – фаза үздіксіз бөлінеді.  $\gamma'$  - фазаның үзікті бөліну реакциясы қандай да бір дәрежеде көптеген қорытпаларда өтуі мүмкін болғандықтан, материалдың қасиеттерін қартаюдың үзікті және үздіксіз ыдырау механизмдерінде салыстырмалы түрде зерттеу жүргізу маңызды болды. Нәтижелер әр механизмнің артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтауға көмектеседі. Бұл міндетті шешу  $\gamma'$ -фазамен нығайтылатын қорытпалар үшін ғана емес, сонымен қатар изоморфты фазаның үзікті бөліну реакциясы пайда болатын көптеген қорытпалар үшін де қызығушылық тудырады. Мұндай зерттеу 36НХТЮ қорытпасында да жүргізілді.

Берілген нәтижелер үзікті реакцияның дамуы барысында беріктендіретін фаза бөлінетін термиялық өңдеу режимдерін қолдануға мүмкіндік береді, және де үлкен оң әсері бар, түйікшік беткейлік релаксация процесі елеулі рөл атқармайтын жоғары емес жұмыс температурасында ғана қолданылуы мүмкін. Бұл серпімділік шегін арттыруға, қартаю уақытын азайтуға және ыдырау құрылымының біркелкілігін арттыруға ықпал ететіндіктен, түйіршіктің мүмкіндігінше ұсақ болуына ұмтылу қажет. Үздіксіз бөліну процесімен салыстырғанда үзікті реакцияның негізгі артықшылығы - ол (түйіршік беткейлік диффузияның арқасында) төмен температураларда қартаюды жүргізуге, демек, нығыздаушы фазалардың көлемді үлесін арттыруға мүмкіндік береді [3].

Алайда жоғары жұмыс температураларында үзікті бөліну реакциясының айтарлықтай дамуы жағымсыз. Бұл түйіршіктердің "ұяшықты" шекараларының болуы салдарынан түйіршік беткейіндегі релаксацияның қарқынды өтуіне байланысты, атап айтқанда, бұл ұшудың үлкен жылдамдығына әкеледі. Кернеудің релаксация жылдамдығының азаюы және сырғу жағынан түйіршік шекарасындағы дисперсті карбид бөлшектерінің бөлінуі тән жай-күй пайдалы болып табылады. Бірақ мұндай жағдайларда басқа кемшілік тән, ол – төмен иілгіштік. Сырғыманың аз жылдамдығының оңтайлы үйлесуі және өте үлкен иілгіштік үшін түйіршіктер шекарасындағы карбидті және басқа да жанама фазалар бөлшектерінің оңтайлы таралуын табу және сырғудың күшті орналасуын болдырмайтын өңдеуді қолдану қажет. Үзікті реакция қарқынды дамиды қорытпалар үшін оңтайлы үйлесімдерді іздеу өте қиын, себебі бөлшектердің қартаюы жанама фазаларда үзік реакция пайда болуына әкеледі. Сондықтан бұл қорытпалар өңдеудің төмен температурасында ғана пайдаланылуы мүмкін. Үзікті реакция салыстырмалы баяу дамиды қорытпалар үшін тиісті өңдеулермен жанама фазалар бөлшектерінің оңтайлы таралуына қол жеткізуге болады. Соңғысы үзікті реакция дамуын болдырмайды және иілгіштіктің өте жоғары деңгейін қамтамасыз етеді.

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Суховаров В.Ф. Прерывистое выделение фаз в сплавах. – Новосибирск: Наука, 1983.
2. Афанасьев Н.И., Радашин М.В. Механизм и кинетика прерывистого выделения  $\eta$ -фазы с сплавом 36НХТЮ. ФММ, 2007, том 104, № 5, с. 506-509.
3. ASTM X-ray diffraction data card file and key. – Pennsylvania: ICPDS, 1977.

ЭОЖ 621.03

Сакенова Р.Е. (Д.Серікбаев атындағы ШҚМТУ), Ердыбаева Н.К. (Д.Серікбаев атындағы ШҚМТУ), Погребняк А.Д. (Сумы Мемлекеттік университеті, Украина), Гриценко Б.П. (ТПу, Ресей)

## КӨП ҚАБАТТЫ ЖАБЫНДЫ ЗЕРТТЕУ ӘДІСІ

Қорғаныш жабындарын алу әртүрлі химиялық процестер, мысалы, будың тұнбасы, ионды көмірмен тұндыру әдісімен жасау машина жасау саласындағы, сонымен қатар ядролық және зымырандық өндіріс пен медицинада көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Тозуға және коррозияға қарсы тұрақтылықты жақсарту, үйкелуді азайту, кескіш құралдар мен механикалық өнімдердің қажу қабілеттілігін арттыру үшін өте тиімді. ZrN/CrN/ZrCr/ZrN/CrN көп қабатты жабынды зерттеу.

Түйін сөз: көп қабатты жабындар, катодты доға, микроқұрылым, екі фазалы күй, вакуумдық-доға әдісі, микроқаттылық, тозуға төзімділік.

### Кіріспе

Бұл мақалада соңғы 10 жылда жүзеге асырылған отқа төзімді металдардың қосылыстары негізінде көп компонентті жабындардың құрылымдық ерекшеліктері мен трибологиялық қасиеттеріне салыстырмалы талдау берілген. Шолуда екілік жүйелер де (қабаттар) да, микроннан нанометрге дейінгі әр түрлі қалыңдығы бар көп компонентті қабаттар қарастырылады. Әр түрлі архитектурасы бар екілік және көп компонентті қабаттардың бірнеше тұндыру әдісімен алынған әр түрлі композициялардың жабындыларын зерттеу нәтижелері талданады. Микроқұрылымның қалыптасуының тұндыру жағдайларына қатты тәуелділігі анықталды: мысалы, қолданылатын потенциалдың мәні субстраттағы өзгеріс, реактивті газдың берілу жылдамдығы, ішінара қысым, ион ағынының қуаты (немесе ток тығыздығы) [1-3]. Жалпы заңдылықтар, олардың құрылымдық күйінің ерекшеліктері, микроқұрылымның қалыптасуы, бағаналы құрылымның қалыптасуы, өсу құрылымы, олардың мүмкін болатын айырмашылықтарының түсіндірмелері ұсынылған. Физомеханикалық, трибологиялық және коррозия және басқа сипаттамалардың өзгеруімен интерфаза шекарасындағы наногендер мен диффузияның мөлшері (әртүрлі құрамдар қабаттары арасындағы) көрсетілген. Көп қабатты нанокомпозиттік жабындарды машина жасау, машина жасау, химия және авиация салаларында өнімдер мен бөлшектерге қолдануға болады [4-6].

### Материал және зерттеу әдістер

Зерттеу жұмысында материал ретінде көп қабатты жабындар (ZrN/CrN/ZrCr/ZrN/CrN таңдалды, ал, катод үшін хром мен цирконий алынды.

Әдетте Arc-PVD процестеріне тән тамшылардың қабыққа енуіне жол бермеу үшін құрылғы арнайы сүзу жүйесімен жабдықталған. Жабынның астыңғы қабаты 12X18H9T тот баспайтын болаттан жасалған, өлшемі 15×15 мм<sup>2</sup> және қалыңдығы 2 мм. Тұндыру процесі алдында субстраттың беткі қабаты 15 минут ішінде 1,3 кВ потенциалды қолдана отырып, ионды-металл бомбалау арқылы тазартылды және белсендірілді. Тазарту процесі субстрат ұстағыштың

айналуымен және Cr (X99 хромдық өзегі, 99% тазалығы) және Zr (таза вакуумдағы таза цирконий таяқшасы, сәйкесінше, 99,99%) үшін Iarc 120 және 100 А доға тогымен үздіксіз айналуымен жүргізілді. Үлгі ұстаушы 8 айналым / мин жылдамдықпен тұндыру процесінде тұрақты айналды. Металл нитридтері мен таза металдардың қабаттарын тұндыру үшін азоттың  $P_N$  жұмыс қысымы бақыланды: ауысу режимі  $P_N = 0,53$  Па 5 минут, содан кейін 1 минут  $P_N = 0.003$  Па болды. Тұндыру жағдайлары туралы егжей-тегжейлі ақпарат келтірілген. Катодтардан үлгіге дейінгі арақашықтық 200 мм болды [7-10].

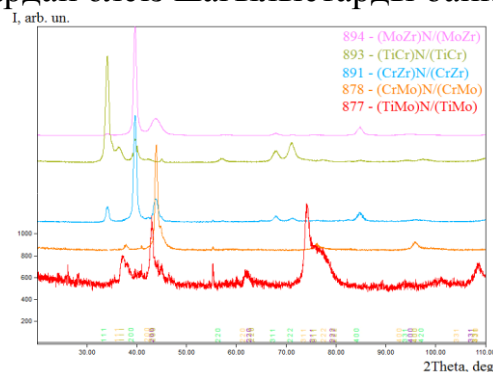
#### Алынған нәтижелер және оларды талдау

Вакуумды-доғалық катод көмегімен Cr және Zr үшін ешқандай ақаусыз және үлгінің барлық беті бойынша жабын алынды.

Құрылымдық және фазалық сипаттамалары 9 кВ айналмалы анодпен (кернеуі 45 кВ және ток 200 мА) Rigaku SmartLab жоғары ажыратымдылығы бар рентген-дифрактометр көмегімен XRD анализін қолдану арқылы жасалды.

Үлгі Cu-K $\alpha$  сәулеленуіне сәулеге параллель үздіксіз режимде әсер етті. Сканерлеу  $\theta / 2\theta$  20 ° -дан 120 ° -қа дейінгі аралықта 0,01 ° және 0,5 °/мин жылдамдықпен жүргізілді. Ассиметриялық рентгенді 2 градусқа түсіргенде қосымша кіші бұрышты сканерлеу (GIXRD) 30 °-дан 120 °-қа дейінгі бұрыштарда 0,02 ° қадамымен, 3 ° / мин жылдамдықпен және тіркелген бұрылу бұрышы 0,2 0,2 °, 0,4 °, 0,6 °, 1 °, 2 ° және 5 °. Фазаның идентификациясы CrCD (BCC) үшін № 00-006-0694 ұнтақтың дифракциялық файлдарына, Zr (BCC) үшін № 01-088-2329, CrN (BCC) үшін № 00-011-0065, № 00- сілтемелерімен жасалды. 5-Cr<sub>2</sub>N (алтыбұрышты) үшін 035-0803, ZrN (fcc) үшін № 00-035-0753, Cr<sub>2</sub>Zr (fcc) Fd-3m (227) [11].

Зерттелетін жабындардың XRD типтік спектрлері 1 суретте келтірілген. Әр үлгі үшін спектрдің сәйкес түсі болады. 1-суреттен көріп отырғанымыздай, ең қарқынды шыңдар (111) және (200) жазықтықтарға сәйкес келеді, бірақ (311) және (220) жазықтықтардан әлсіз шағылыстарды байқаймыз.

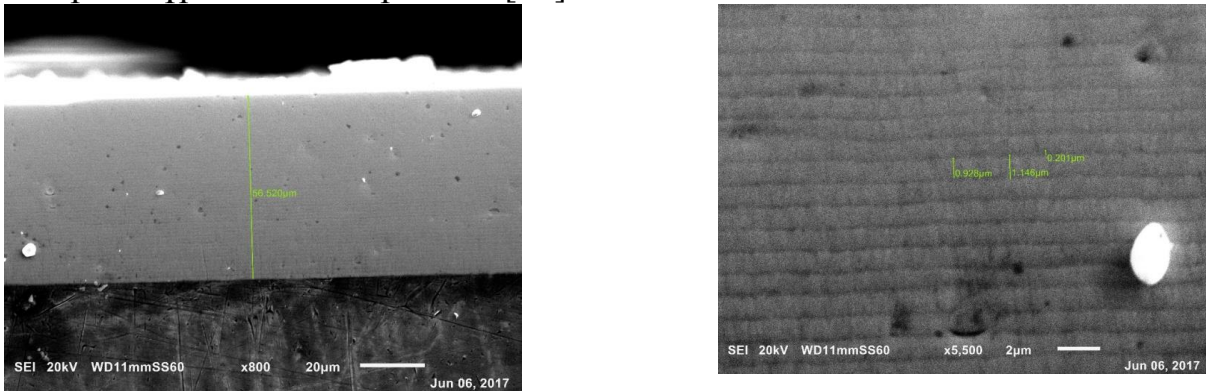


Сурет 1. Үлгінің рентгендік спектрлері.

Көп қабатты жабынның морфологиясы мен микроқұрылымы және оның элементтік құрамы сканерлеуші электронды микроскопия (SEM) және энергиялық дисперсиялық рентгендік спектроскопияның көмегімен зерттелді. JEOL JSM-6010LA InTouchScore 20 кВ-та жұмыс істейтін жалпы мақсаттағы сканерлеуші электронды микроскоптың көмегімен алынды. Бұл микроскоп шешімі 125 эВ болатын ЭСҚ-ны талдау және картаға түсіру үшін кремнийді



драйвер детекторымен жабдықталған. Бұл көптеген қолданбалар үшін қолданылуы мүмкін өте таптырмайтын құрал. Сәуленің диаметрі 1 мм-ге жеткенде, айнаның ортасындағы шағылысу бірнеше пластинада шағылысады. Cr, Zr және N элементтерінің толық профильдері талданатын аймақта бір қатарлы құрылымды көрсетеді [12].



Сурет 2. ZrN/CrN/ZrCr/ZrN/CrN үлгісінің көлденең қимасының SEM кескіндері: жалпы көрінісі (a) және x5500 (b) жоғары үлкейту астындағы қабаттар.

ZrN / CrN / ZrCr / ZrN / CrN үлгісіндегі x800 (жалпы көрініс) және x5500 (үлкейтілген нитрид және таза металл қабаттары) көлеміндегі көлденең қима суретте келтірілген. Сәйкесінше 2a және 2b. Ұсынылған көлденең көрініс барлық үлгілерге тән. Біз қабаттардың жақсы жоспарлануын байқай аламыз; олар қиылыспайды және айқын көрінетін шекаралары бар. Жабынның жалпы қалыңдығы шамамен 54 мкм құрайды, ал балама қабаттардың қалыңдығы 750 нм (нитридті қабаттар) және 150 нм (таза металл қабаттары үшін) болады. Алынған мәліметтер тұндыру параметрлерімен жақсы келісілген, мұнда нитрит пен таза металл қабаттарының 5 минут пен 1 минуттық тұндыру уақытын көруге болады.

### Қорытынды

Зерттеу жұмысы бойынша қорытындылай келе, хром нитридін цирконий атомдарымен функционалдық қасиеттерге жағымды әсер ететіндігін көрсетті, атап айтқанда жабын бетінде цирконий оксидінің жұқа қабатының пайда болуына байланысты тозуға төзімділік жоғарылайды. Cr, Zr қоспаларымен қосымша модификация жылу тұрақтылығын, тотығу және коррозияға төзімділігін жақсартады, үйкеліс коэффициентін төмендетеді және қаттылық деңгейін жоғарылатады.

Көп қабатты ZrN/CrN/ZrCr/ZrN/CrN жабындар үшін  $\theta$  /  $2\theta$  геометриясында орындалған XRD талдау нәтижелері көрсетілді. Мұнда  $2\theta$  селективті аймақ көрсетілген, өйткені жоғары қарқындылық  $30^\circ$  және  $90^\circ$  байқалмаған. Үлгілердің күрделі құрылымына байланысты дифракция үлгісі әртүрлі фазаларға арналған көптеген дифракциялық жазықтықтарға ие.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, ZrN/CrN/ZrCr/ZrN/CrN негізіндегі қосылыс жоғары қаттылық, жоғары тотығу тұрақтылығы, тамаша трибологиялық сипаттамалары және басқа да функционалдық қасиеттеріне ие болады.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Pogrebnjak, A.D., Bagdasaryan, A.A., Yakushchenko, I.V., & Beresnev, V.M. (2014). The structure and properties of hightentropy alloys and nitride coatings based on them. *Russian Chemical Reviews*, 83, 11, 1027–1061.
- 2 Pogrebnjak, A.D., Shpak, A.P., Azarenkov, N.A., & Beresnev, V.M. (2009). Structures and properties of hard and superhard nanocomposite coatings. *Physics-Uspekhi*, 52, 1, 29–54.
- 3 Pogrebnjak, A.D., Bagdasaryan, A.A., Pshyk, A., & Dyadyura, K. (2017). Adaptive multicomponent nanocomposite coatings in surface engineering. *Physics-Uspekhi*, 60, 6, 586–607.
- 4 Pogrebnjak, A.D., et al. (2018). Experimental and theoretical studies of the physicochemical and mechanical properties of multi-layered TiN/SiC films: Temperature effects on the nanocomposite structure. *Composites. Part B: Engineering*, 142, 1, 85–94.
- 5 Bobzin, K., Brögelmann, T., Kruppe, N.C., Arghavani, M., Mayer, J., & Weirich, T.E. (2017). Plastic deformation behavior of nanostructured CrN/AlN multilayer coatings deposited by hybrid dcMS/HPPMS. *Surface and Coatings Technology*, 332, 253–261.
- 6 Pogrebnjak, A.D., Sobal, O.V., Bersenev, V.M., Turbin, P.V., Kirik, G.V., & Makhmudov, N.A., et al. (2010). Phase composition, thermal stability, physical and mechanical properties of superhard on base Zr-Ti-Si-N nanocomposite coatings. *Proceedings from Nanostructured Materials and Nanotechnology IV, 34th International Conference on Advanced Ceramics and Composites, ICACC; Daytona Beach, FL; United States. January, 31,* 7, 127–138.
- 7 Kasiuk, J.V. et al. (2014). Correlation between local Fe states and magnetoresistivity in granular films containing FeCoZr nanoparticles embedded into oxygen-free dielectric matrix. *J. Alloys Compd.*, 586, 1, 432–435.
- 8 Bondar, O.V., Pogrebnjak, A.D., Takeda, Y., Postolnyi, B., Zukowski, P., & Sakenova, R., et al. (2019). Structure and properties of combined multilayer coatings based on alternative triple nitride and binary metallic layers. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 31–40.
- 9 Caicedo, J.C., Amaya, C., Yate, L., Nos, O., Gomez, M.E., & Prieto, P. (2010). Hard coating performance enhancement by using [Ti/TiN]<sub>n</sub>, [Zr/ZrN]<sub>n</sub> and [TiN/ZrN]<sub>n</sub> multilayer system. *Materials Science and Engineering. B.* 171, 56–61.
- 10 Koshy, R.A., Graham, M.E., Marks, L.D. (2010). Temperature activated self-lubrication in Cr/Mo<sub>2</sub>N nanolayer coatings. *Materials Science and Engineering*, 204, 9–10, 1359–1365.
- 11 Yao, S.H., & Su, Y.L. (1997). The tribological potential of CrN and Cr(C, N) deposited by multi-arc PVD process. *Wear.*, 212, 1, 85–94.
- 12 Wang, Q., Zhou, F., & Yan, J. (2016). Evaluating mechanical properties and crack resistance of CrN, CrTiN, CrAlN and CrTiAlN coatings by nanoindentation and scratch tests. *Surface and Coatings Technology*, 285, 203–213.

УДК 538.9

А. К. Саяков, С. В. Плотников, Ерболатова Г. У. (ВКГТУ им. Д. Серикбаева)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЧНОСТИ ГИПСОВЫХ КОМПОЗИТОВ ОТ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ МИКРОАРМИРОВАНИЯ

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены положительные стороны гибридного микроармирования гипсовых композитов с помощью полипропиленовой и базальтовой фибр. Выполнен анализ влияния определенных волокон на свойства строительного гипса Г5. Были проведены полные центральные ортогональные двухфакторные эксперименты с изменением каждого фактора на трех уровнях. Выявлено, что использование разномодульных волокон помогло повысить прочность гипсовых образцов на сжатие более чем в 2 раза, на растяжение при изгибе на 70% по сравнению с первоначальным составом.

**Аңдатпа.** Бұл мақалада полипропилен және базальт талшықтарын қолдана отырып, гибриді микроармировань гипс композиттерінің оң жақтары қарастырылады. G5 құрылыс гипсінің қасиеттеріне белгілі бір талшықтардың әсерін талдау. Толық орталық ортогоналды екі факторлы эксперименттер жүргізілді, әр фактор үш деңгейде өзгерді. Мультимодулярлық талшықтарды қолдану гипс үлгілерінің сығымдық беріктігін бастапқы құраммен салыстырғанда 2 еседен астамға, созылу және иілуді 70% арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды.

**Abstract.** The article discusses the prospects of the micro-hybrid gypsum composites with polypropylene and basalt fibers. The analysis of the impact of selected fibers on the properties of of gypsum plaster. introduction multimodulus possible to increase the strength fiber gypsum composite compression more than 2 times, tensile bending by 70% compared to the control composition.

**Ключевые слова:** строительный гипс, базальтовая фибра, полипропиленовая фибра, микроармирование, смешанное дисперсное армирование.

**Введение.** Гипсовые материалы обладают высокой огнестойкостью, низкими теплопроводностью и звукопроводностью, относительно маленькой плотностью и прочностью. Используя гипс в промышленности, возможно эффективное распределение топливно-энергетических ресурсов. Это объясняется тем, что производство гипсовых порошков в 5...10 раз менее энергоёмко чем с производство цемента и извести, и в 2,4 раза дешевле и не требует больших затрат на тепловую обработку изделий [1]. Гипс также имеет такие достоинства, как эстетичность, экологичность, нормализацию микроклимата помещений, небольшую трудоёмкость работ [2].

Но основным недостатком гипса является его небольшая прочность. На данный момент решение данного вопроса сводится к микроармированию [3, 4]. Это дает нам перспективу к решению, что позволит применять их при строительстве как типовых, так и уникальных зданий [5].

Кроме того, исследования в этой области показывают, что именно комбинирование низкомодульных и высокомодульных волокон позволяет в значительной мере повысить трещиностойкость и ударную вязкость изделий [6].

Цель данного исследования – определить влияние отдельного и смешанного влияния полипропиленовой и базальтовой фибры на прочность гипсовых вяжущих веществ.

**Методика эксперимента и сырьевые материалы.** Для данного эксперимента были использованы следующие материалы: гипс марки Г-5 «Гипсополимер», полипропиленовая фибра производства ООО «С-Airlaid» длиной 12 мм, базальтовая фибра производства НПО «Вулкан» длиной 12 мм и суперпластификатор СП-1 производства АО ГК «Полипласт».

Необходимость применения суперпластификатора вызвана тем, что при введении в гипсовую смесь фибры в количестве 0,31-0,62% увеличивается количество воды затворения, необходимой для получения теста нормальной густоты, на 4-11% соответственно, что приводит к снижению прочности на сжатие и изгиб более чем на 20%.

#### ***Проведение эксперимента и анализ полученных результатов***

Для оптимизации состава гипсовой смеси с содержанием различной фибры и суперпластификатора СП-1 были проведены полные центральные ортогональные двухфакторные эксперименты с изменением каждого фактора на трех уровнях. Анализ полученных результатов осуществлялся на ПК с применением программного комплекса «STATISTICA».

Отметим, что выбранные факторы были закодированы следующим образом:

$X_1$  – содержание базальтовой фибры, % (БФ);

$X_2$  – содержание полипропиленовой фибры, % (ПФ);

$X_3$  – содержание суперпластификатора, % (С);

Рациональные области контроля использования этих факторов были установлены исходя из литературных данных и составили для полипропиленовой и базальтовой фибры от 0,31 до 0,62% от массы вяжущего, для суперпластификатора от 0,15 до 0,45% от массы вяжущего [5]. В качестве контрольного был выбран бездобавочный состав при водогипсовом отношении, равном 0,56. У образцов армированного фиброй гипса определялись такие характеристики: средняя плотность ( $Y_1$ ), прочность на растяжение при изгибе ( $Y_2$ ), прочность на сжатие ( $Y_3$ ). План проведения эксперимента в натуральных и кодированных величинах для базальтовой и полипропиленовой фибр и суперпластификатора показан в таблице 1.

Таблица 1 – План эксперимента и результаты испытаний

Точки плана	Факторы				Результаты испытаний (X <sub>1</sub> )		Результаты испытаний (X <sub>2</sub> )	
	План в кодированных переменных		План в натуральных переменных		R <sub>изг ср</sub> , МПа	R <sub>сж ср</sub> , МПа	R <sub>изг ср</sub> , МПа	R <sub>сж ср</sub> , МПа
	X <sub>1</sub> (X <sub>2</sub> )	X <sub>3</sub>	Ф	СП-1	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
1	+1	+1	0,6	0,44	3,412	4,560	3,701	6,880
2	+1	0	0,6	0,31	3,871	5,360	2,210	4,282
3	+1	-1	0,6	0,16	4,350	5,920	3,472	6,040
4	0	+1	0,45	0,46	3,220	4,920	3,110	4,803
5	0	0	0,45	0,3	3,373	5,120	3,000	5,160
6	0	-1	0,45	0,15	3,762	5,120	2,670	5,044
7	-1	+1	0,3	0,45	3,391	4,480	3,213	5,120
8	-1	0	0,3	0,3	3,520	5,400	3,175	4,885
9	-1	-1	0,3	0,15	3,730	5,240	2,832	5,080

Для каждой из функций с помощью программного комплекса «STATISTICA» были получены уравнения регрессии, представленные в формулах 1-6.

$$\rho_{\text{ср пф}} = 3,07 - 5,10\text{ПФ} + 4,69\text{ПФ}^2 - 9,47\text{С} + 15,36\text{С}^2 + 32,42\text{ПФ} \cdot \text{С} - 52,95\text{ПФ} \cdot \text{С}^2 - 27,49\text{ПФ}^2 \cdot \text{С} + 44,37\text{ПФ}^2 \cdot \text{С}^2 \quad (1)$$

$$\rho_{\text{ср бф}} = 3,32 - 9,05\text{БФ} + 10,85\text{БФ}^2 - 14,73\text{С} + 29,43\text{С}^2 + 77,60\text{БФ} \cdot \text{С} - 149,88\text{БФ} \cdot \text{С}^2 - 91,44\text{БФ}^2 \cdot \text{С} + 173,61\text{БФ}^2 \cdot \text{С}^2 \quad (2)$$

Уравнение 1 и 2 описывают зависимость средней плотности от содержания фибр и содержания пластификатора СП-1.

$$R_{\text{изг пф}} = 32,49 - 114,43\text{ПФ} + 108,67\text{ПФ}^2 - 228,13\text{С} + 385,78\text{С}^2 + 886,56\text{ПФ} \cdot \text{С} - 1510,37\text{ПФ} \cdot \text{С}^2 - 836,30\text{ПФ}^2 \cdot \text{С} + 1427,16\text{ПФ}^2 \cdot \text{С}^2 \quad (3)$$

$$R_{\text{изг бф}} = 4,98 - 9,57\text{БФ} + 11,63\text{БФ}^2 + 3,51\text{С} + 2,52\text{С}^2 - 6,67\text{БФ} \cdot \text{С} \quad (4)$$

Уравнение 3 и 4 описывает зависимость прочности на растяжение при изгибе от содержания фибр и содержания пластификатора СП-1.

$$R_{\text{сж пф}} = 68,76 - 261,20\text{ПФ} + 260,44\text{ПФ}^2 - 441,20\text{С} + 696,00\text{С}^2 + 1809,78\text{ПФ} \cdot \text{С} - 2850,37\text{ПФ} \cdot \text{С}^2 - 1807,41\text{ПФ}^2 \cdot \text{С} + 2844,44\text{ПФ}^2 \cdot \text{С}^2 \quad (5)$$

$$R_{сж бф} = -7,60 + 57,33БФ - 67,56БФ^2 + 70,53С - 68,44С^2 - 329,33БФ \cdot С + 346,67БФ \cdot С^2 + 400,00БФ^2 \cdot С - 454,32БФ \cdot С^2 \quad (6)$$

Уравнение 5 и 6 показывает зависимость прочности на сжатие от содержания фибр и содержания пластификатора СП-1.

Таким образом, выявлено, что прочность образцов на растяжение при изгибе принимает наибольшее значение при расходе полипропиленовой фибры 0,33% и содержании в смеси суперпластификатора СП-1 в количестве 0,14%, и равняется 3,62 МПа, их средняя плотность составляет 1,70 г/см<sup>3</sup>, а прочность при сжатии составляет 6,39 МПа.

Образцы с базальтовой фиброй имеют наибольшую прочность на растяжение при изгибе, равную 5,37 МПа, при БФ=0,10% и С=0,33. В свою очередь их плотность составляет 1,70 г/см<sup>3</sup>, а прочность при сжатии составляет 7,08 МПа.

Для оценки влияния гибридного микроармирования на изменение прочностных характеристик строительного гипса были заформованы образцы с содержанием полипропиленовой и базальтовой фибры 0,33 и 0,1% соответственно, расход пластификатора был принят равным 0,25% от массы гипса. Результаты определения прочностных характеристик гипсового композита с гибридным армированием и их сравнение с другими составами представлены на рис. 1.

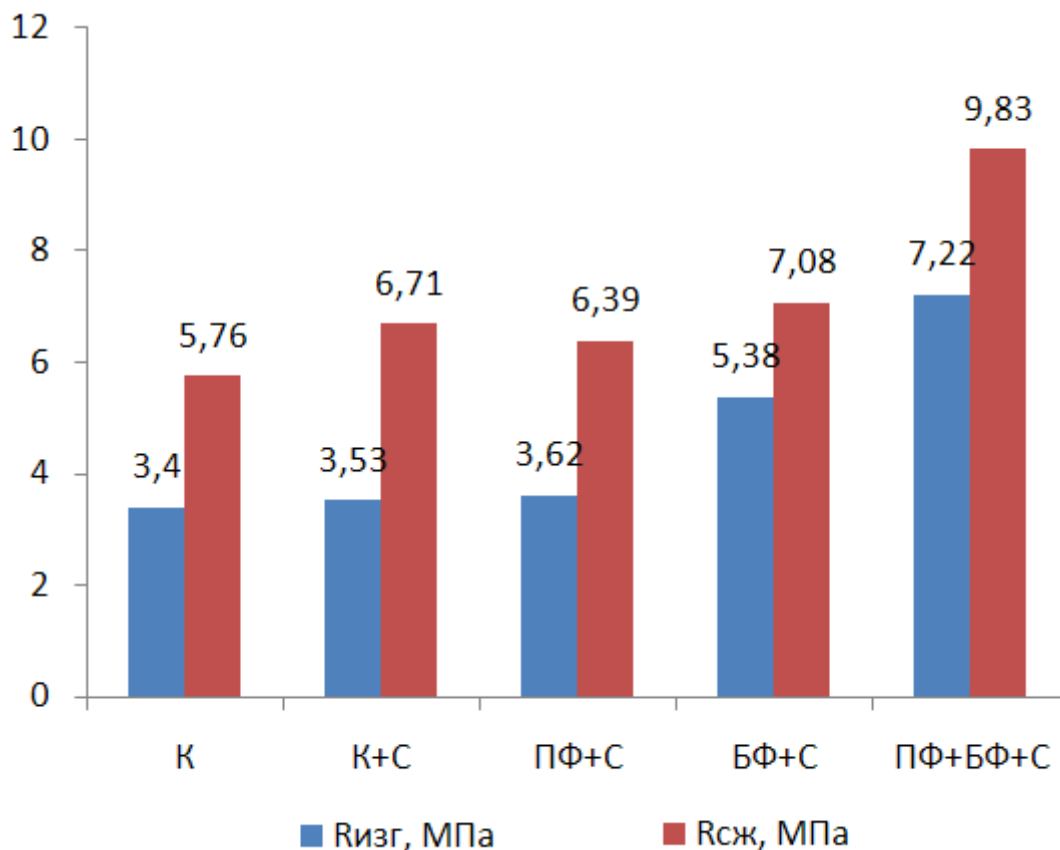


Рис. 1 – Зависимость изменения предела прочности на сжатие и на растяжение при изгибе образцов различного состава

Анализ данных результатов показал, что прочность гипсового образца увеличилась в большей степени при использовании комбинации полипропиленовой и базальтовой фибры с добавлением пластификатора, но очевидно, что полипропиленовая фибра имеет меньшую огнестойкость [8, 9]. Введение разномодульных волокон повысило прочность гипса на сжатие более чем в 2 раза, на растяжение при изгибе на 70% по сравнению с номинальным составом.

**Заключение.** В ходе данного эксперимента было зафиксировано повышение прочностных характеристик гипсовых изделий, армированных различными волокнами. При этом комбинирование разнокомодульных волокон вызвало синергетический эффект, упрочнение. При применении отдельных видов волокон: наблюдалось двухкратное увеличение прочности при сжатии, а прочность на растяжение при изгибе увеличилась на 70% по сравнению с номинальным составом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Завадская Л.В. Влияние микроармирующих добавок на свойства газогипса // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – №12. – С. 770-772.
2. Хопренинова Т.Ю. Гипсонаполненные системы в сухих строительных смесях // *Сухие строительные смеси*. – 2012. – №5. – С. 26-29.
3. Рязанов Р.Р., Мухаметрахимов Р.Х., Изотов В.С. Дисперсно-армированные строительные композиционные материалы на основе гипсового вяжущего // *Известия КГАСУ*. – 2011. – № 3. – С. 145-149.
4. Халиуллин М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. Эффективные сухие гипсовые смеси с добавками полимерных волокон // *Известия вузов. Строительство*. – 2004. – №3. – С. 33-37.
5. А.В. Шулепова, М.И. Соскин Перспективы использования микроармированных гипсовых композиционных материалов // *Бакалавр* – 2016 – №3-4 (16-17) – С. 48-53.
6. Официальный сайт компании ООО «КНАУФ ГИПС» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.knauf.ru/> (дата обращения: 10.07.2016).
7. М.М. Морева, Л.И. Сычева Армирование портландцемента смешанными волокнами // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2010. – №6 (111). – С. 73-76.
8. К.А. Сарайкина, А.Д. Курзанов Долговечность автоклавного газобетона, армированного базальтовой фиброй // *Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика* – 2012. – №4(8) – С. 103-108.
9. Т.А. Хежев, А.З. Жуков, Х.А. Хежев Огнезащитные и жаростойкие вермикулитобетонные композиты с применением вулканического пепла и пемзы // *Электронный научный журнал Инженерный вестник Дона*. – 2015. – №2.

УДК 697.3

Сеитова С.А. (19-МТЭ-2п), Сегеда Т.А. (ЦМОП)

### «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО РАЙОНА ПРИ ПЕРЕХОДЕ С ОТКРЫТОГО ТИПА НА ЗАКРЫТЫЙ»

Государственная политика в сфере энергосбережения и энергоэффективности заработала в полную силу с принятием "Закона РК об энергосбережении и энергоэффективности" с 13 января 2012 года. Проблема рационального использования энергоресурсов и экономичного потребления энергии приняло масштабный характер, решением которой озадачено все мировое сообщество. Поэтому проекты, направленные на повышение энергоэффективности, в настоящее время обладают высокой степенью актуальности. Реализация Закона осуществляется на всех уровнях производственной деятельности: технической, экономической и трудовой.

Одним из способов повышения энергоэффективности в энергетическом секторе при эксплуатации тепловых сетей является реконструкция системы центрального теплоснабжения путем перевода с открытого типа на закрытый. В системе теплоснабжения большинства городов преобладает открытая схема, недостатки которой значительно уменьшают эффективность эксплуатации тепловых сетей. Осуществление перехода на закрытый тип призвано улучшить технико-экономические показатели системы транспортировки тепловой энергии.

Любое предприятие стремится к улучшению и модернизации собственной деятельности, поскольку это прямым образом влияет на степень удовлетворенности потребителей, от чего зависит уровень доходной составляющей. Открытая система теплоснабжения характеризуется наличием положительных и отрицательных сторон, но при этом переход на закрытую систему теплоснабжения значительно улучшит показатели функционирования системы. Именно поэтому присутствует необходимость проведения реконструкции в целях повышения энергоэффективности и соблюдения Закона в области энергосбережения. Предлагаемая модернизация требует затрат и вложений, однако последующий экономический эффект и улучшение показателей работы тепловых сетей позволит убедиться в целесообразности и обоснованности проекта реконструкции.

В открытой системе теплоснабжения теплоноситель в виде горячей воды подается на нужды горячего водоснабжения и циркулирует в отопительной системе. Регулирование системы производится согласно утвержденного температурного графика: температура теплоносителя в подающей линии варьируется в зависимости от температуры наружного воздуха.

Одним из существенных недостатков открытой системы теплоснабжения выступает непостоянство гидравлического режима. Обусловлено это невозможностью контролировать водоразбор при потреблении горячей воды



абонентами. Постоянные колебания объемов сетевой воды в обратном трубопроводе приводят к перепадам давления, увеличивая нагрузку на тепловые сети. В сложившейся ситуации организация вынуждена чаще производить ремонт трубопроводов в период осуществления ремонтной кампании. Поддержание гидравлического режима производится путем включения насосного оборудования, что увеличивает расходы электрической энергии.

Открытая система теплоснабжения характеризуется зависимостью между отопительными приборами и параметрами тепловых сетей. Превышение давления в трубопроводе неизбежно приводит к увеличению нагрузки на приборы отопления, что может привести к порывам. Радиаторы не обладают столь высокой прочностью, что позволило бы выдерживать превышение допустимого давления. Подобная ситуация негативно сказывается на надежности системы теплоснабжения, ограничивает режим ее работы и ведет к затруднениям при эксплуатации тепловых сетей.

При открытой системе теплоснабжения водозабор на нужды горячего водоснабжения осуществляется из прямого трубопровода. Проходя путь через отопительное оборудование качество воды снижается, вследствие чего она перестает соответствовать установленным санитарно-гигиеническим требованиям. В связи с этим предприятие вынуждено производить тщательную очистку и подготовку воды, таким образом затрачивая дополнительные денежные средства. В результате этого стоимость тепловой энергии возрастает, вызывая недовольство и социальную напряженность среди населения.

Переход на закрытый тип выступает решением вышеперечисленных проблем, возникающих в ходе эксплуатации открытой системы теплоснабжения.

Принцип работы закрытой системы заключается в подогреве водопроводной воды теплоносителем, поступающим из подающего трубопровода в теплообменник. Сетевая вода, отработавшая в теплообменнике, поступает в обратный трубопровод с помощью функционирования насосного оборудования. Таким образом, выявляется основное преимущество закрытой системы теплоснабжения – изолированность от воздействия внешних факторов.

Закрытый тип обеспечивает отсутствие непосредственной связи сетевой воды, поступающей из тепловой сети с водопроводной водой. Таким образом, расстояние прохождения воды, идущей к водоразборному крану значительно сокращается, что облегчает контроль над ее качеством.

При закрытой системе теплоснабжения осуществляется размещение центральных тепловых пунктов (ЦТП) на группу зданий. В помещении устанавливается все необходимое оборудование, предназначенное для подогрева, циркуляции и мониторинга параметров теплоносителя. Преимуществом подобных пунктов выступает удаленность от потребителей, дабы избавить от шумов, создаваемых функционирующим насосным оборудованием.

Теплоснабжение реконструируемого района города обеспечивается работой Котельной станции. В связи с увеличением численности городского населения остро встает вопрос обеспечения тепловой энергией. Мощность источника теплоснабжения ограничена. Закрытая система теплоснабжения позволяет снизить расход теплоносителя на нужды отопления и горячего теплоснабжения, что решит вопрос снабжения тепловой энергией большего количества потребителей.

Производимая реконструкция требует серьезного и глубокого исследования, в процессе которого является возможным получение показателей, доказывающих положительное влияние осуществляемого проекта.

Анализ существующей системы теплоснабжения и выявление негативных сторон ее функционирования приводит к выводу о том, что проведение реконструкции является действием, обоснованным как с точки зрения технической части, так и с точки зрения достижения экономического эффекта.

Проведение реконструкции включает в себя необходимость выполнения расчетов, касающихся:

- тепловых потерь в подающем и обратном трубопроводах;
- тепловой изоляции, расхода теплоносителя и сетевой воды;
- гидравлический расчет;
- расчет и подбор опор.

Особое внимание уделяется подбору оборудования, устанавливаемому в центральных тепловых пунктах.

Не менее важным моментом модернизации выступает анализ финансовых затрат на осуществление проекта и список проводимых работ с указанием срока их выполнения. Срок окупаемости, как оценка экономической эффективности, является доказательством выбора правильного направления политики предприятия в области энергосбережения.

Конечным этапом проводимого исследования становится сравнительный анализ технико-экономических показателей двух систем: ранее существовавшей открытой системы теплоснабжения и закрытой системы, оборудованной в результате осуществленного проекта модернизации. Представленные результаты призваны подтвердить достижение положительного эффекта проведенной реконструкции и послужит наглядным примером в последующих проектах, поскольку открытая система распространена повсеместно. В связи с этим, возможности для проведения работ по реконструкции представляются достаточно широкомасштабными.

Стремление к минимизации эксплуатационных затрат обусловлено современными требованиями рынка и государства. Энергетическое предприятие возлагает на себя ответственность не только за качественное обеспечение коммунальными ресурсами, но и за комфортное существование абонентов. Осуществляемый проект призван сократить эксплуатационные расходы и облегчить работу трудового коллектива.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 6-е изд., перераб. – М.: МЭИ, 1999 г.
2. Повышение эффективности работы ТЭС: Труды ИГЭУ. Выпуск 3. Под ред. А.В. Мошкарина, - Иваново: ИГЭУ, 1999.
3. Гиршфельд В.Я., Морозов Г.Н. Тепловые электрические станции: Учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
4. Ривкин С.А. Термодинамические свойства воды и пара. М.: Энергия, 1980 г.
5. Лиценко С.А. Регулирование работы насосов на водопроводных насосных станциях. – М.: Стройиздат, 1949.
6. Кривченко Г.И. Гидравлические машины: Турбины и насосы. 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
7. Товстолес Ф.П. Гидравлика и насосы. Ч. 3.: Насосы. – М.: ГОНТИ, 1938.
8. Кац М.Д. Автоматизация технологических процессов. Методические указания по выполнению дипломного проекта для студентов теплоэнергетического факультета - Томск: Изд. ТПУ, 2001.
9. Ключев А.С. и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие/ М.: Энергоатомиздат, 1990.
10. Емельянов А.И., Капник О. В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие по содержанию и оформлению проектов М.: Энергоатомиздат, 1983.
11. Тихомиров А.К. Теплоснабжение района города: учеб. пособие - Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. Гос. Ун-та, 2006.
12. Беляев, В. С. Энергоэффективность и теплозащита зданий / В.С. Беляев, Ю.Г. Граник, Ю.А. Матросов. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014.
13. Кутателадзе, С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. Справочное пособие / С.С. Кутателадзе. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
14. Яковлев, Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б.В. Яковлев. - М.: Новости теплоснабжения, 2008.
15. Русланов Г.В., Розкин М.Я., Ямпольский Э.Л. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий: справочник. Киев: 1983.
16. Водяные тепловые сети. Справочное пособие. И.В. Беляйкина и др., 1988.
17. Особенности современных систем водяного отопления. В.В. Пырков, 2003.
18. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. В.В. Пырков, 2007.
19. Проектирование и расчет конструкций тепловых сетей. А.А. Лямин, А.А. Скворцов, 1965.

УДК 662.223

Қабылқақов Қ.М. (18-МСП-2п), Тоқтар Б.А. (18-МТМК-2п), Шеров К.Т. (ҚарГТУ)

## АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЯ ВАЛИКА И ПОЛНОГО ТЕПЛОВОГО КПД ПРОЦЕССА СВАРКИ

Многопроходная дуговая сварка плавящимся электродом благодаря своей универсальности и относительной простоте механизации и автоматизации процесса является одним из широко применяемых способов сварки при производстве сварных конструкций, в том числе из проката толщиной более 10 мм. Несмотря на широкую распространенность способа, при реализации технологии многопроходной сварки плавящимся электродом зачастую сталкиваются с проблемой обеспечения требуемого качества сварных соединений, а именно с возникновением дефектов.

Для получения сварных швов с требуемыми механическими свойствами, благоприятной структурой и минимальными остаточными напряжениями тепловложение в свариваемый металл не должно превышать допускаемого. Но при недостаточном тепловложении в процессе многопроходной сварки толстолистового проката вследствие повышенного теплоотвода в основной металл возрастает вероятность образования несплавлений между валиком и кромками разделки, а также между соседними валиками. Известно, что качество формирования сварного соединения зависит как от геометрических характеристик разделки, положения электрода в разделке, техники сварки, так и от параметров режима процесса. Получение заданной глубины проплавления при удовлетворительном формировании сварного шва возможно за счет варьирования в допустимых пределах параметров режима сварки (ток, напряжение, скорость сварки), определяющих тепловложение.

Для разработки технологии многопроходной сварки необходимо наличие методик, позволяющих рассчитывать параметры режима, обеспечивающие заданную глубину проплавления при минимально необходимом тепловложении в изделие.

Известные методики определения режима ограничены рамками отдельных типов сварных соединений из низкоуглеродистых сталей, часто применимы только для однопроходных швов, не в полной мере отражают ряд особенностей многопроходной сварки, таких как угол разделки, положение электрода в ней, вид прохода (корневой, горячий, заполняющий, облицовочный) и т.д. Кроме того, во многих существующих методиках в расчетах рекомендуется использовать значение эффективного КПД ( $\eta$  и), величина которого зависит от многих технологических параметров, известные диапазоны значений эффективного КПД для каждого вида сварки достаточно широкие. В настоящей работе для оценки эффективности процесса сварки применяется полный тепловой КПД процесса сварки, характеризующий долю тепловой мощности дуги, идущую на расплавление металла сварного шва.

Таким образом, изучение условий формирования шва и особенностей распределения теплоты при многопроходной сварке, а также разработка методики расчета режима сварки, учитывающей влияние геометрических и технологических параметров на формирование сварного соединения остаются актуальными. Критерием качественного формирования сварного шва может быть принята максимальная эффективность процесса сварки при условии получения требуемой площади сечения сварного валика и заданного коэффициента площадей, характеризующего соотношение площадей проплавленного и наплавленного металлов.

На основе анализа литературных данных приведены технологические особенности и характерные дефекты при многопроходной сварке. Наиболее типичными дефектами являются несплавления между отдельными валиками и со стенками разделки, вызванные неблагоприятной формой предыдущего валика или наличием подрезов кромок основного металла.

Исследованию влияния технологических параметров на показатели качества сварного соединения. В соответствии с принятым в настоящей работе определением качественного формирования сварного шва выходными параметрами заданы площадь сечения валика и полный тепловой КПД процесса сварки. В качестве факторов, оказывающих влияние на формирование сварочного валика, на основе анализа литературных данных выбраны угол скоса кромок ( $\alpha$ ), положение электрода – расстояние от оси электродной проволоки до стенки разделки ( $x$ ), скорость сварки ( $v_{св}$ ), состав защитного газа (%  $CO_2$ ) и вылет электрода ( $l_э$ ).

На основании анализа влияния технологических параметров на формирование сварного шва и физической модели процесса сварки плавящимся электродом в разделку зависимости площади сечения валика и полного теплового КПД процесса сварки от скорости сварки, угла разделки и положения электрода в разделке  $F_v(a, x, v_{св})$ ,  $h_v(a, x, v_{св})$  могут быть с достаточной точностью аппроксимированы уравнением регрессии следующего вида:

$$y = b_0 + e_{i=1}^k b_i \cdot x_i + e_{i,j=1}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + e_{i,j,u=1}^k b_{iju} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_u \quad (1)$$

где  $y$  – функция отклика,

$b_i, b_{ij}, b_{iju}$  – экспериментально определяемые коэффициенты при соответствующих переменных,

$x_i, x_j, x_u$  – переменные факторы.

Данные уравнения учитывают влияние каждого исследуемого фактора по отдельности, а также их совместное влияние, следовательно, отражают совместное взаимное влияние параметров режима сварки и величины жидкой прослойки под дугой. Однако, для обеспечения адекватности данных уравнений при изменении условий сварки, учитывая принятые допущения 1, 2, необходимо ввести поправочные коэффициенты от сварочного тока, состава защитного газа и вылета электрода. Коэффициенты могут быть экспериментально определены и записаны в виде функций одного аргумента:

$$q_I^F(I_{св}), q_{\%}^F(\%CO_2), q_{l_э}^F(l_э) = e x_i^n + b_0 \quad (2)$$

Учитывая вышесказанное, уравнения для определения площади сечения валика и полного теплового КПД процесса сварки можно представить в следующем виде:

$$F = F_v(\alpha, x, v_{св}) \cdot q_I^F(I_{св}), q_{\%}^F(\%CO_2), q_I^F(l_э) \quad (3)$$

$$h_c = h_v(\alpha, x, v_{св}) \cdot q_I^h(I_{св}), q_{\%}^h(\%CO_2), q_I^h(l_э) \quad (4)$$

где  $F_v(\alpha, x, v_{св})$ ,  $h_v(\alpha, x, v_{св})$  – функции зависимости площади сечения валика и полного теплового КПД соответственно от угла скоса кромок,  $\alpha$ , положения электрода в разделке,  $x$ , скорости сварки  $v_{св}$ ;

$q_I^F(I_{св}), q_{\%}^F(\%CO_2), q_I^F(l_э)$  – функции зависимости площади сечения валика от сварочного тока, , состава защитного газа (процентного содержания углекислого газа,  $\% CO_2$ , в смеси  $Ar+CO_2$ ) и вылета электрода,  $l_э$  соответственно;

$q_I^h(I_{св}), q_{\%}^h(\%CO_2), q_I^h(l_э)$  – функции зависимости полного теплового КПД процесса сварки от сварочного тока, , состава защитного газа (процентного содержания углекислого газа,  $\% CO_2$ , в смеси  $Ar+CO_2$ ) и вылета электрода,  $l_э$  соответственно.

Определен полный тепловой КПД процесса сварки в смеси защитных газов. Анализ полученных зависимостей площади сечения валика и полного теплового КПД процесса сварки от скорости сварки показал, что при перемещении электрода по ширине разделки эти зависимости имеют сложный характер: при одних условиях ( $v_{св}$ ,  $\alpha$ ) при перемещении электрода к кромке значения площади сечения валика и КПД возрастают, а при других – убывают. Такая зависимость может быть объяснена взаимным влиянием геометрии разделки и параметров режима сварки, характеризующим положение электрода (дуги) относительно прослойки расплавленного металла.

УДК 662.223

Қабылқақов Қ.М. (18-МСП-2п), Тоқтар Б.А. (18-МТМК-2п), Шеров К.Т. (КарГТУ)

### ПОЛУЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ КОРНЕВОГО ПРОХОДА.

Одним из вариантов заполнения разделки при многопроходной сварке является раскладка валиков в разделке с учетом условий их формирования. Данный подход основан на поддержании постоянных условий сварки и минимизации отклонений от этих условий. Каждый слой выполняется либо как корневой, либо как угловой. Необходимо, чтобы каждый слой в целом получался максимально плоским, насколько это возможно в конкретных условиях.

Режим сварки корневого прохода и геометрия разделки должны обеспечивать необходимую форму корневого валика и проплавление притупления без прожога. К настоящему времени разработано достаточное количество рекомендаций и алгоритмов расчета и оптимизации режима сварки корневого прохода.

В настоящей работе основное внимание уделяется определению параметров режима сварки пристеночных валиков, поскольку именно при наложении пристеночных валиков чаще всего возникают несплавления.

Исходные данные: площадь наплавленного металла,  $F_n$ , мм<sup>2</sup>; угол скоса кромки,  $\alpha$ , град.; коэффициент площадей,  $k$ ; положение электрода,  $x$  (рисунок 1), состав защитного газа, % CO<sub>2</sub>; вылет электрода,  $l_э$ , мм.

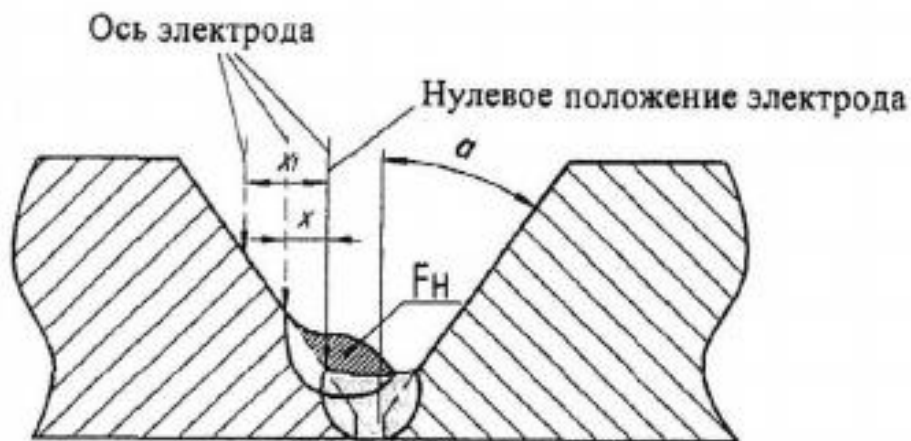


Рисунок 3 - Исходные геометрические размеры для расчета параметров режима сварки

Площадь наплавленного металла,  $F_n$ , может быть рассчитана по номинальным размерам конструктивных элементов подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения по ГОСТ 14771-76.

Коэффициент площадей  $k$  при сварке плавящимся электродом для применяемых на практике режимах может изменяться от 0,18 до 4,0. Задается  $k$  из условий обеспечения гарантированного проплавления свариваемых кромок (в соответствии с конструкторской и нормативной документацией).

Необходимо определить: диаметр электрода,  $d_э$ , мм; сварочный ток,  $I_{св}$ , А; скорость подачи проволоки,  $v_{пп}$ , м/мин; напряжение,  $U_d$ , В; скорость сварки  $v_{св}$ , м/ч.

Порядок определения режима сварки при заданных исходных данных:

1. Диаметр электрода выбирается в зависимости от типа соединения и толщины свариваемого металла (или катета шва).

2. Сварочный ток:

$$I_{св} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}, \text{ А} \quad (1.1)$$

Коэффициенты а, b, с определяются по формулам:

$$a = -0,015 \times \frac{\pi \cdot d^2}{F_H}$$

$$b = 0,64 + 0,06 \cdot x + \frac{\pi \cdot d^2}{F_H} \cdot (3,34 + 0,35 \cdot x - 0,01 \cdot \alpha)$$

$$c = -74,05 + 0,05 \cdot \alpha - 65,6 \cdot x - \frac{\pi \cdot d^2}{F_H} \cdot (185,97 - 0,6 \cdot \alpha \cdot x - 0,58 \cdot \alpha + 27,81 \cdot x) - \frac{(l + k) \cdot F_H}{(0,004 \cdot l_э + 0,89) \cdot (0,003 \cdot \%CO_2 + 0,92)}$$

где  $d_э$  - диаметр электрода, мм;

$\alpha$  - угол скоса кромок, град;

$F_H$  - площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

$k$  - коэффициент площадей (при сварке плавящимся электродом при применяемых на практике режимах  $k=0,18 - 4,0$ ).

3. Скорость подачи проволоки:

$$v_{пп} = 0,078 \cdot I_{св} - 8,32, \text{ м/мин}, \quad (1.2)$$

где  $I_{св}$  - сварочный ток, А.

4. Скорость сварки:

$$v_{св} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot (0,078 \cdot I_{св} - 8,32) \cdot 60}{4 \cdot F_H}, \text{ м/час} \quad (1.3)$$

где  $d_э$  - диаметр электрода, мм;

$I_{св}$  - сварочный ток, А;

$F_H$  - площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>.

5. Напряжение:

$$U_{эф} = \frac{B_{эф} \cdot v_{пп}}{\eta_c \cdot I_{св}}, \text{ В}, \quad (1.4)$$

Значение коэффициента  $D^*$ ), определяется по формуле:

$$B_{эф} = \gamma_m \cdot H_{пл} \cdot \frac{(1 + k)}{4} \cdot \pi \cdot d^2, \quad (1.5)$$

где  $\gamma_m$  - удельная плотность металла, кг/м<sup>3</sup>;



$H_{пл}$  - энтальпия при температуре плавления с учетом скрытой теплоты плавления, Дж/кг;

$k$ - коэффициент площадей;

$dэ$ — диаметр электрода, мм;

Полученные параметры режима сварки должны удовлетворять граничным условиям. В общем виде граничные условия параметров сварки для получения качественного формирования шва могут быть записаны в следующем виде:

$I_{св}, U_{д} \in$  области оптимальных параметров,  $0,03 \cdot I_{св} + 14,07 \leq U_{д} \leq 0,09 \cdot I_{св} + 13,73$

$U_{д} \rightarrow U_{эф}$

$q_{пог} \leq q_{пог}^{доп}$  (ограничение погонной энергии)

$v_{св}^{факт.} \geq v_{св}^{задан.}$  (верхняя граница скорости сварки, исходя из ограничения погонной энергии)

$v_{св} \rightarrow \min$  (нижняя граница скорости сварки, исходя из условия уменьшения количества проходов, следовательно уменьшения времени сварки)

На основании предложенной методики разработан алгоритм расчета параметров режима сварки. Алгоритм реализован в виде программы, позволяющей при введении исходных данных (положение электрода в разделке, угол скоса кромок, площадь наплавленного металла, коэффициент площадей, состав защитного газа, вылет электрода) получать значения параметров режима сварки (сварочный ток, скорость сварки, напряжение, скорость подачи электродной проволоки).

Сформулированы и получены в аналитическом виде общие уравнения зависимости площади сечения валика и теплового КПД процесса сварки от параметров режима сварки, от формы сечения разделки, от вылета электрода и от состава смеси защитных газов. Зависимости помимо известных параметров учитывают взаимное влияние положения электрода относительно жидкой ванны металла и величину прослойки расплавленного металла под электродом, а также влияние вылета электрода и состава защитного газа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бузорина Д.С. Влияние технологических параметров на формирование пристеночного валика при многопроходной сварке в защитных газах / Д.С. Бузорина, М.А. Шолохов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2013. № 9. С. 81-86 (0,63 п.л./0,31 п.л.).

2. Бузорина Д.С. Управление сварочным током в зависимости от положения электрода в разделке при сварке с поперечными колебаниями в защитных газах / М.А. Шолохов, Д.С. Бузорина // Сварка и диагностика. 2014. № 1. С. 19-22 (0,5 п.л./0,25 п.л.).

УДК 697.326

Пантелеев М.А. (19-МТЭ-2п), Сегеда Т.А.(ВКГТУ)

## ШЛАКОВАНИЕ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ КАЗАХСТАНСКИХ УГЛЕЙ.

По статистическим данным Мирового угольного института 2018 года - доля сжигания угля составляет около 80% энергетического потенциала всех полезных ископаемых органического происхождения, которые пригодных для разработки и использования. К главным и основным преимуществам угля, как энергетического топлива, относят его большие природные запасы, превышающие совместные запасы других горючих ископаемых, и его широкую распространённость. Месторождения угля расположены на всех континентах на территории 75 стран, в отличие от концентрации газовых и нефтяных месторождений в отдельных регионах. Большие затраты на сооружение угольных станций в условиях ужесточения экологических требований и их меньшая эффективность компенсируются снижением затрат на топливо. Доля угля в мировой электроэнергетике составляет около 40% с широким изменением показателя в разных странах (от 75-90% в Китае и Индии до 25% и менее в Японии и ряде других стран) [5].

Согласно отчету 2017 года АО «Самрук-Энерго» по информации ВР Statistical Review of World Energy Казахстан занимает восьмое место в мире по объему доказанных запасов угля – 25,6 млрд. тонн или 2,2% от общемировых. Угледобыча сконцентрировалась в двух ключевых регионах: Павлодарской (70,3 млн. тонн, 60% от РК) и Карагандинской (39,1 млн. тонн, 33% от РК) [5].

Большинство построенных ТЭЦ на территории Казахстана проектировались на угли не казахстанских месторождений. После принятия Конституционного закона о независимости в Республике Казахстан, ТЭЦ начали поэтапно переходить на сжигание углей казахстанских месторождений. Основная доля добываемого энергетического угля идет на нужды электроэнергетической отрасли Республики Казахстан и на экспорт (51% и 31% соответственно), остальной объем – на коммунально-бытовые нужды населения и на промышленные предприятия (13% и 5% соответственно) – отчет АО АО «Самрук-Энерго» за 2017 год [5]. Это в свою очередь послужило толчком к экспериментальному сжиганию непроектных углей с вытекающими последствиями таких как шлакование. Проведение опытных сжиганий и перевода станций на непроектное топливо подтверждает необходимость получения и использования информации о характеристиках и свойствах топлива в гораздо большем, чем справочный объёме.

Шлакования поверхностей нагревов котлов сохраняют свою актуальность и сегодня, несмотря на большой опыт в проектировании и эксплуатации котельного оборудования [1]. Кроме того, требуется совершенствование признанных методов исследований свойств углей и расширение используемых показателей. Образование шлаковых и золовых отложений в котлах наносит экономический ущерб, снижает безопасность эксплуатации и ухудшает условия

труда персонала станции. Экономический ущерб на ТЭЦ может быть связан со следующими факторами:

- ограничение мощности и уменьшение выработки электроэнергии и тепла;
- аварийные и внеплановые остановки котлоагрегатов для расшлаковки и очистки;
- затраты на проведение расшлаковки аппаратами очистки в процессе работы оборудования;
- повреждение поверхностей нагрева при работе аппаратов очистки (термошок, эрозионный износ) и падающими шлаковыми образованиями;
- ручная расшлаковка весьма трудоёмка и опасна.

Рассматриваемые каменные угли марки «Д» и бурые угли с казахстанских месторождений, относятся к числу высокорекреакционных, для которых характерно низкотемпературное окисление при хранении на складе, сопровождающееся уменьшением их массы и снижением теплоты сгорания, низкими температурами плавления золы и как следствие, повышенными шлакующими свойствами. Для понимания процесса шлакования, рассмотрим основные факторы, влияющие на этот процесс.

Минеральная часть добываемых углей - это совокупность минеральных включений и минеральных элементов органического вещества. Основные химические элементы, содержащиеся в минеральной части состоят из предельных окислов:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ . Изменение состава минеральной части для многих станций также связано с поступлением топлива с разных разрезов, шахт и обогатительных фабрик, изменением зольности и состава в зависимости от класса по размеру кусков и степени окисляемости угля [3]. Представление состава минеральной части в виде предельных окислов является условным. Реально минеральные компоненты входят в состав минералов (минеральных соединений, таких как сульфиды, карбонаты, окислы, сложные глинистые минералы и другие), или присутствуют в виде элементов в органических соединениях собственно угольного вещества. Одинаковому химическому составу минеральной части могут соответствовать существенно отличающиеся вещественные (минералогические) составы. Поэтому использование для характеристики шлакования только сведений о среднем химическом составе не достаточно. Сведения же о вещественном составе минеральной части в количественном отношении, за исключением железосодержащих минералов, для характеристики шлакующих свойств используются в весьма ограниченном объёме. Такое положение связано с низкой точностью рентгеновских измерений, искажением вещественного состава из-за преобразований минералов при подготовке проб, присутствия значительного количества минеральной части не в форме минералов (органоминеральные соединения): окислы (кварц, рутил), алюмосиликатные минералы групп глин, сланцев и полевых шпатов, карбонаты (кальцит, доломит, сидерит), сульфиды и сульфаты [2].

На практике, для пылеугольного сжигания используются понятия внутренняя и внешняя зола. Под внешней золой определяют ту часть, которая при размоле топлива отделяется от самого органического угольного вещества, состоящая преимущественно из крупных минералов, их ассоциаций и сростков. Внутренняя зола содержит минеральные элементы органических соединений, сорбированные элементы и мелкие минеральные примеси. Летучая зола представляет совокупность частиц с отличающимся составом и свойствами; некоторое количество минеральной части возгоняется и находится газообразной фазе. Ко всему перечисленному, по ходу факела горения, изменяется как агрегатное состояние, так и способность частиц к закреплению на поверхностях нагрева уже на ранее образовавшихся отложениях. Разные по совокупности частицы способны к закреплению и формированию отложений в различных температурных зонах. В результате образуются отложения, состав, скорость формирования и свойства которых отличаются.

При достаточно высоких температурах факела горения в топке от 1500 до 1600°C и выше почти вся зола способна расплавляться - в летучей золе содержится достаточное количество липких частиц для закрепления практически на всех поверхностях нагрева. За счет липких свойств совокупности частиц образуются быстро растущие шлаковые отложения, прочность которых со временем увеличивается за счет спекания. И в зависимости от того, как происходит завершающая стадия дожигания угольной пыли, шлак затвердевает и удаляется в гранулированном виде через холодную воронку котлов. Процесс шлакования в котлоагрегатах при сжигании угольной пыли заключается в том, что на внутренних поверхностях топочных экранов образуются в процессе спекания золы твердые наросты, которые со временем работы котла увеличиваются в размерах с течением времени. Их образование происходит так же в случае, если температура стенки футеровки равна температуре затвердевания шлака. С течением продолжительного времени размеры шлаковых наростов увеличиваются и по весу и по месту образования. В результате чего, вес шлакового нароста преодолевает силы сцепления с футеровкой экрана, повреждая ее, и под действиями силы тяжести, отрывается от нее и падает в холодную воронку, повреждая её и так же деформирует экранные трубы котла.

Если температура газов, покидающие топку, выше температуры начало деформации и размягчения золы, то расплавленная зола, которая содержится в продуктах горения, будет прилипать к трубам поверхностей нагревов котла и зашлаковывать их. Температура газов, при которой фактически начинается шлакование также зависит от температуры самой шлакуемой поверхности. При увеличении температуры поверхности, она начинает шлаковаться при более низкой температуре газового потока. Интенсивность формирования и прочность отложений возрастают при увеличении температуры газов и падающего теплового. При небольшом превышении температуры из-за невысокой прочности отложений по мере роста происходит их саморасшлаковка. При высоких значениях температуры газов и падающего теплового потока, температура поверхности отложений может достигать

значений, при которых отложения плавятся и приобретают вязкость, достаточную для перемещения под действием силы тяжести вплоть до образования слоя стекающего жидкого шлака. В этом случае слой шлаковых отложений также стабилизируется, но при гораздо большей толщине и прочности, что может вызвать проблемы при его разрушении и падении. В силу изменения в широком диапазоне зольности углей и их состава минеральной части, значения интенсивности температуры начала шлакования находятся в больших пределах. Повышение или понижение зольности выше значения начала деформации золы из твердого в пластинчатый, ведут к уменьшению прочности шлаковых отложений. Значения температуры начала шлакования преимущественно зависят от состава минеральной части, а также от условий сжигания угля в котлоагрегатах.

На поверхностях нагрева возможность формирования больших шлаковых отложений, помимо температурного уровня и собственно их свойств, в определяющей мере зависит от характеристик первичного слоя. При рыхлом первичном слое шлаковые отложения непрочно удерживаются на поверхностях нагрева и по мере роста разрушаются под действием силы тяжести, при обдувке и термических нагрузках. Рост шлаковых отложений до значительных размеров возможен, если их масса воспринимается какой либо опорой и при наличии прочного, крепко сцепленного с металлом поверхности нагрева первичного слоя. Когда химические и термические характеристики (коэффициент термического расширения) первичных отложений и материала труб похожий, отложения сохраняются в процессе охлаждения при останове котла и трудно удаляются при циклах очистки. Наибольшую прочность сцепления отложений с окисленной поверхностью металла труб обеспечивает химическая связь [3].

При недостаточном количестве селективно закрепляющихся частиц на поверхностях нагрева формируются загрязнения рыхлой структуры из мелких инертных частичек. Слой или гребень таких отложений стабилизируется в течение нескольких часов и в процессе длительной компании работы котла находится в динамическом равновесии: он разрушается за счёт инерционных сил крупных частичек и восполняется за счёт переноса мелких частиц, в основном за счёт турбулентных пограничных и кормовых вихрей.

При температурах газов примерно от  $900^{\circ}\text{C}$  и выше на поверхностях нагрева за счет высоких липких свойств обогащенных железом композиций (композиции  $\text{FeO-FeS-SiO}_2$ ,  $\text{FeO-FeS}$ , расплавы пирротина  $\text{FeS}$  и пирита  $\text{FeS}_2$ , обогащенные железом переохлажденные расплавы стекол) образуются селективно обогащенные железом до 80 % весьма прочные отложения. Высокая прочность отложений обусловлена значительной поверхностью контакта (деформацией) при налипании, спеканием и для углей с повышенным содержанием кальция дополнительно процессами сульфатизации в объеме между частицами. Процесс образования железистых отложений в значительной степени зависит от содержания в угле пирита, а образование шлаковых отложений зависит от содержания компонентов, входящих в состав угля золы и от температуры горения топлива [4]. Шлакующие свойства углей зависят от того, в составе каких соединений присутствует железо. Уголь с высоким

содержанием пирита ( $\text{FeS}_2$ ) в большей степени способствует формированию прочных железистых отложений и обладает высокой склонностью к шлакованию топочных экранов и поверхностей нагревов котла. При содержании железа в составе других минеральных соединений (сидерит –  $\text{Fe}(\text{CO}_3)_2$ , окись железа) или в органической части, склонность угля к образованию прочных первичных отложений снижается. Перераспределение минеральной части, так же как и уменьшение размера частиц, несомненно, сказывается на условиях образования и свойствах шлаковых отложений.

Из всего выше перечисленного можно сделать вывод, что вследствие неравномерного процесса шлакования и разного рода шлакования по поверхностям нагревов и топки котла, возникают тепловые перекосы. Это приводит к тому, что различные участки трубной системы пароперегревателя и топочных экранов работают в разных температурных условиях – в змеевиках труб, которые выдают пар повышенной температуры, резко повышается температура стенки трубы, которая может привести к образованию свища в результате пережога металла. Так же шлакование приводит к значительному снижению эксплуатационной надежности всего котлоагрегата, нарушает нормальный режим работы котлоагрегата, так как ухудшаются условия теплопередачи и понижается паропроизводительность; учащаются остановки [котла](#) для его расшлаковки; уменьшается охлаждающее действие лучевоспринимающих поверхностей, что усиливает шлакование. Шлакование возникает главным образом в камерных топках при сжигании угольной пыли, что характерно для ТЭЦ в Восточно-Казахстанской области. Снижение паропроизводительности котлоагрегатов напрямую влияет на выработку как электрической так и тепловой энергии, тем самым создавая дефицит энергии в области. Таким образом, нельзя оставлять в стороне процессы шлакования и необходимо учитывать мероприятия для снижения процессов шлакования в карте индустриализации и повышения энергоэффективности Казахстана.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алехнович А.Н. Реконструкция и новые котлы отечественных ТЭС, 2019г.
2. Алехнович А.Н. Энергетические угли, Челябинск, 2016г.
3. Алехнович А.Н. Шлакование энергетических котлов, Челябинск, 2010г.
4. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения, Учебное пособие, Санкт-Петербург, Издательство СЗТУ, 2011г.
5. Добыча угля достигла почти 118 млн тонн, <https://kapital.kz/economic/75532/dobycha-uglya-dostigla-pochti-118-mln-tonn.html>, [kapital.kz](http://kapital.kz), 31 января 2019.

УДК 811.111: 658.264

Аубакирова К.М. (18-МТЭ-2п), Седелев В.А., д.т.н., профессор (ВКГТУ им. Д.Серикбаева)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КОТЛА ТПЕ-430А ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ КОРРОЗИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ВСЕХ УЧАСТКАХ ПАРОВОДЯНОГО ТРАКТА.

Аннотация: Внедрение СХТМ (контроль ВХР) позволяет своевременно обнаружить нарушение качества питательной воды по нормируемым показателям, оперативно принять меры по устранению нарушений, сократить их величину и продолжительность, что позволит снизить скорость коррозионных процессов.

Ключевые слова: Водно-химический режим, система химико-технологического мониторинга (СХТМ), коррозия, отложения.

Нарушения норм водно-химического режима энергоблоков с барабанными котлами связаны, прежде всего, с присосами охлаждающей воды в конденсаторах турбин, с нарушением качества добавочной воды или режима дозирования реагентов. В этих условиях химический контроль должен обеспечивать надежное и своевременное получение информации о нормируемых параметрах ВХР путем прямого измерения или косвенного (расчетного) определения соответствующих показателей.[2]

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) – это целостное решение технических и программных средств, которые предназначены для автоматизации управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях. АСУ ТП обеспечивает автоматизацию основных операций технологического процесса на объекте в целом или какой-то его части. АСУ ТП получили широкое распространение в различных областях человеческой деятельности [1].

Оптимальный водно-химический режим ТЭЦ обеспечивает надежную и экономичную работу теплосилового оборудования, предотвращение образования отложений и накипи на поверхностях основного (котел, турбина) и вспомогательного оборудования, уменьшение коррозии конструкционных материалов на всех участках пароводяного тракта и тепловых сетей [2].

Надежность и экономичность работы оборудования ТЭЦ и, в частности поверхностей нагрева, зависят от состояния металла, тепло гидравлических параметров и применяемой химической технологии. В целом, учитывая экономическую ситуацию в Республики Казахстан, в частности, длительное отключение и частую эксплуатацию оборудования на тепловых электростанциях, ограниченные возможности замены различных марок металлов, топлива и, как следствие, колебания температуры на поверхности нагрева, особую роль в снижении повреждаемости оборудования приобретает водно-химический режим (ВХР) ТЭЦ [3].

Многолетний опыт внедрения систем химико-технологического мониторинга ВХР на ТЭЦ с барабанными котлами подтверждает, что повышение надежности работы оборудования, в том числе поверхностей нагрева наблюдается именно на тех ТЭЦ, где большое внимание уделяется внедрению систем химико-технологического мониторинга и поддержанию ВХР на высоком уровне.

СХТМ ВХР предназначена для оперативного комплексного автоматизированного контроля, анализа, диагностики и прогнозирования ВХР обслуживаемого технологического объекта во всех режимах его работы, включая пуски и остановки [1].

Коррозия вызывает разрушение металла под действием внешней среды в результате химических или электрохимических процессов. Высокотемпературная коррозия происходит из-за снижения плотности и прочности оксидной пленки металла при его нагреве. В результате кислород имеет непосредственный контакт с чистым металлом и непрерывно окисляет его. Этот процесс называют «окалинообразованием».

Коррозия конденсатно-питательного тракта опасна не только тем, что повреждаются поверхности оборудования, но и тем, что питательная вода обогащается продуктами коррозии. С увеличением их выноса в парогенератор усиливаются процессы подшламовой коррозии и железистоокисного накипеобразования. Со временем эти процессы могут привести к серьезным повреждениям поверхностей нагрева, требующим аварийного останова парогенератора.

По месту возникновения различают коррозию **наружную**, возникающую на наружной, соприкасающейся с дымовыми газами стороне поверхности нагрева, и **внутреннюю**, возникающую на внутренней, соприкасающейся с водой и паром стороне поверхности нагрева [3].

По характеру разрушений различают коррозию **равномерную**, когда разрушается равномерно вся поверхность металла, соприкасающаяся с корродирующей средой, и **местную**, когда металл разрушается на отдельных участках поверхности. Местную коррозию различают **язвенную**, когда образуются довольно широкие язвы, входящие глубоко в металл, точечную, когда такие язвы имеют диаметр, не превышающий 1 мм, и межкристаллическую когда разрушение металла происходит по границам зерен.

Различают также **химическую** и **электрохимическую** коррозию. **Электрохимическая** отличается тем, что происходящие при ней химические реакции сопровождаются возникновением электрического тока.

Непосредственным результатом кислородной коррозии стальных экономайзеров является образование в трубках свищей, через которые с большой скоростью вытекает струя воды. Подобные струи, направленные на стенку соседней трубы, способны изнашивать ее вплоть до образования сквозных отверстий. Поскольку трубы экономайзеров располагаются достаточно компактно, то образовавшийся коррозионный свищ способен вызвать массовое повреждение труб, если котельный агрегат длительно



остается в работе с появившимся свищом. Чугунные экономайзеры кислородной коррозией не повреждаются [4].

Важным фактором нарушения водно-химического режима является попадание потенциально-кислых органических веществ в тракт ТЭЦ, с возвратными производственными конденсатами или с исходной водой. Снижение установленных в последнем издании ПТЭ избытков фосфатов уменьшает опасность коррозии в среде кислых фосфатов, но не исключает, а даже несколько увеличивает ее вероятность при попадании в питательную воду потенциально-кислых веществ.

Ужесточение норм ВХР в обстоятельствах ухудшения качества исходной воды и переменных режимов работы оборудования требует уточнения допустимых диапазонов изменения параметров ВХР по условию обеспечения надежной работы котла с учетом повышения надежности и информативности химического контроля. Внедрение СХТМ на сегодня является самым перспективным решением в сфере автоматизации системы управления в областях производства, в которых важна высокая надёжность, безопасность, качество продукции [5].

Повышенная повреждаемость основного и вспомогательного оборудования ТЭС коррозией связана с наличием в рабочих средах кислорода, свободной углекислоты, кислот, щелочей, а также таких активных стимуляторов коррозионных процессов как хлориды и др. Основное оборудование эксплуатируется при высоких температурах и давлениях, наличии больших тепловых и механических напряжений. Совокупность всех этих факторов приводит к появлению и развитию практически всех видов коррозии. По своей природе (механизму протекания) здесь преобладает коррозия электромеханическая. По форме проявления – все виды, кроме транс и межкристаллитной [5].

Влияние материалов на пропускную способность на снижение диаметра трубы влияет такой фактор, как образование налёта во внутренней полости трубопровода [4].

В основе теории теплопроводности лежит закон Фурье, связывающий перенос тепла внутри тела с температурным состоянием в непосредственной близости от рассматриваемого места – выражается следующим образом:

$$dQ/d\tau = - \lambda F * dt/dl,$$

где:  $dQ/d\tau$  – скорость перехода тепла (количество тепла за единицу времени);

$F$  – площадь сечения, нормального к направлению теплового потока;

$dt/dl$  – изменение температуры в направлении теплового потока, т.е. температурный градиент.

Коэффициент  $\lambda$  выражается в Вт/м·К (ккал/м·час·град), называется коэффициентом теплопроводности, он зависит от физико-химических свойств материала и температуры материала. Коэффициент  $\lambda$  показывает сколько тепла пойдет в час через материал поверхностью в  $1 \text{ м}^2$ , толщиной в  $1 \text{ м}$  при разности

температур в  $1^0$ . На участках тракта, находящихся под разряжением (паровые пространства конденсатора и ПНД, конденсатные насосы), через не плотности в соединениях происходит подсос атмосферного воздуха, содержащего такие коррозионно-активные примеси, как  $O_2$ ,  $CO_2$  и др.

В слабокислой среде, содержащей растворенную уголекислоту активно протекает электрохимическая коррозия углеродистых сталей, равномерно по всей поверхности при одновременном наличии в теплоносителе  $CO_2$  и  $O_2$ , образующиеся при этом оксиды железа слабо сцеплены с поверхностью корродирующего металла и в значительном количестве поступают в конденсат.

Подогрев воды, содержащей кислород и уголекислоту в ПНД от  $60^0C$  до  $80^0C$  и выше приводит к серьезным коррозионным повреждениям латунных труб. Они становятся хрупкими и приобретает губчатую структуру в результате избирательной электрохимической коррозии [7].

Организация противокоррозионной защиты теплоэнергетического оборудования является сложной задачей. Основными путями ее решения являются:

- выбор и ведение рационального водно-химического режима;
- консервация основного и вспомогательного оборудования при всех видах остановов;
- химическая очистка поверхностей нагрева котлов, теплообменников, проточной части турбин;
- изготовление труб теплообменных аппаратов из коррозионностойких металлов (красная медь, нержавеющая сталь);
- удаление  $CO_2$  из добавочной обессоленной воды;
- постоянный вывод неконденсирующихся газов из паровых камер ПНД, охладителей, подогревателей сетевой воды;
- тщательное уплотнение сальников конденсатных насосов, арматуры, фланцевых соединений питательных трубопроводов низкочастотной части тракта;
- обеспечение достаточной герметичности конденсаторов турбин со стороны охлаждающей воды и воздуха;
- организация оперативного контроля.

Теплоэнергетическое оборудование выполняется из различных конструкционных материалов (углеродистые, аустенитные, перлитные стали, латуни и т.д.). Оборудование и отдельные элементы конденсатно-питательного и теплофикационного циклов, системы охлаждения различаются не только конструкционными материалами, но и температурой, давлением, химическим составом примесей пара и воды [3].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение современных автоматизированных систем управления позволит не только эффективно осуществлять управление и контроль в сфере производства, но и исключить ответ на человеческий фактор в управлении, что позволит исключить риски. В настоящее время актуальным является вопрос повышения автономности АСУ, распределения функций на случай повышения нагрузки при принятии решений. В этой ситуации актуальными оказались

вопросы развития интеллектуальной составляющей автоматизированной системы управления при создании алгоритмов реагирования на возникшие затруднительные ситуации в реальном масштабе времени.

Современные автоматизированные системы управления направлены на обеспечение локализации технологического процесса в условиях высокой интенсивности технологического оборудования. Их основная задача – повышение качества производства, снижение его себестоимости, улучшение условий труда работников, повышение производительности труда, оперативное реагирование при нарушениях ВХР. При этом максимальная эффективность достигается за счет внедрения системы управления в автоматизированную систему.

Следует отметить положительные моменты повышения культуры производства, сокращения объемов поддержки, улучшения условий труда персонала и т. д.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общеотраслевые руководящие методические материалы по созданию автоматических систем управления технологическими процессами (АСУТП) М «Финансы и статистика» 1982. <https://ust-kamenogorsk.catalogy-kz.ru/firms/www.aes-group.kz.htm>
2. Инструкция предприятия 10-10. Редакция №5. Организация и производственный контроль водно-химического режима теплосилового оборудования.
3. [www.ecoinstrument.com.ua](http://www.ecoinstrument.com.ua)
4. Ф.И.Белан. ВОДОПОДГОТОВКА Государственное Энергетическое Издательство. Москва 1963
5. Влияние органических примесей на водно-химический режим барабанного котла / В.Н. Виноградов, Н.А. Еремина, Б.М. Ларин, Ю.А. Морыганова // Повышение эффективности работы ТЭС и энергосистем: Сб. трудов ИГЭУ. Вып. 2., Иваново, 1998, с.155-158
6. Живилова, Л.М. Автоматизация водоподготовительных установок и управления водно-химическими режимами / Живилова Л.М., Максимов В.В. М.: Энергоатомиздат, 1986.
7. Герзон, В.М. Управление водоподготовительным оборудованием и установками / Герзон В.М. и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

МРНТИ 29.19.21, 29.19.24

Жунусова М.К. (18-МФЗ-2п), Ерболатова Г.У. (ВКГТУ), Русакова А.В. (ВКГТУ)

## ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ LiF ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИОНАМИ КСЕНОНА

### Введение

ЩГК являются весьма удобными модельными объектами для изучения собственных и примесных дефектов в кристаллах. Они представляет собой достаточно простую кристаллическую систему, что позволяет проводить глубокий анализ свойств дефектов и количественный расчет целого ряда их параметров. Фториды щелочных металлов, относящиеся к числу ионных кристаллов с кубической кристаллической структурой, в течение многих лет являются объектом многочисленных исследований. Кристаллы LiF среди ЩГК отличаются наименьшей элементарной ячейкой, большой термостойкостью (их температура плавления равна  $848^{\circ}\text{C}$ ) и негигроскопичностью.[1]

Фтористый литий, отличающийся малым эффективным атомным номером и являющийся по этой причине тканэквивалентным материалом, служит основой 70 % термолуминофоров, используемых в качестве дозиметров, но оптимальные комбинации активаторов, обеспечивающие как высокую чувствительность к малым дозам облучения, так и широкий диапазон линейности дозовой зависимости интенсивности термолуминесцентного свечения, пока еще не найдены.[1,2]

Создание активных центров окраски обычно осуществляется путем облучения кристалла с последующими термическими обработками и оптическими подсветками. В качестве источников излучения, возможно и можно использовать X - и  $\gamma$  - лучи, УФ радиацию, лазерное излучение, электронные, нейтронные, протонные пучки и т.д. Обычно источники УФ излучения и  $\gamma$  - источники недостаточно интенсивны и требуют неприемлемо долгого времени облучения. Мягкие X - лучи и протоны создают активные центры лишь в тонких приповерхностных слоях кристалла. Для равномерной окраски относительно тонких (1-2 мм) кристаллов оказались удобными потоки электронов энергии порядка 500 кэВ. Все эти источники вызывают в основном ионизацию и возбуждение электронных оболочек ионов в кристалле и после быстропротекающих промежуточных процессов приводят к созданию большого числа автолокализованных экситонов и рекомбинирующих электронов и дырок.[3,5]

Первичные радиационные дефекты возникают при безизлучательном распаде экситонов и безизлучательной рекомбинации электронов с автолокализованными дырками [4]. Для получения активных центров окраски для перестраиваемой генерации, необходимо создать большое число анионных вакансий, которые будут затем мигрировать по кристаллической решетке и присоединяться к другим центрам окраски или примесям.

Следовательно одна из острых проблем это поиск таких радиационных технологий, которые позволили бы селективно создавать в кристаллах нужный сорт центров окраски без создания других вредных центров.

### Экспериментальная часть

Выбор объектов для исследований полностью определен поставленными в работе задачами.

В качестве основного материала для исследования был выбран кристалл LiF, выращенный из расплава в Государственном оптическом институте им. С.И. Вавилова (ГОИ, г. Санкт – Петербург, Россия) методом Кориполуса. Содержание примеси кислорода в кристаллах LiF по данным протон - активационного анализа составляет от  $6,5 \times 10^{-5}$  до  $2 \times 10^{-3}$  вес %. Исследования осуществляли на кристаллах LiF, которые имели форму параллелипипеда. Толщина образцов находилась в пределах 1мм, а площадь облучения составляла  $10 \times 10 \text{ мм}^2$ . Эксперименты по облучению кристаллов проводили на экспериментальном канале, предназначенном для проведения работ в области физики твердого тела ускорителя ДЦ-60 (г.Астана, Казахстан).

Облучение образцов кристаллов LiF проводили в вакууме  $((2-6) \times 10^{-6} \text{ Па})$  высокоэнергетическими тяжелыми ионами  $^{130}\text{Xe}$  с энергией 0,7 МэВ/нуклон (52 МэВ), и током в пучке  $62,5 \text{ нА/см}^2$ .

При значениях удельной энергии большей, чем 0,1 МэВ/нуклон, электронные энергетические потери преобладают и энергия ионов преобразуется в энергию ионизации и электронного возбуждения. Радиационные параметры ионов  $^{130}\text{Xe}$  в кристалле LiF, полученные с помощью программы SRIM 2008 представлены в таблице 1. Максимальная энергия электрона полученная от иона ксенона в LiF определяется как:

$$E_{\max}^e = \frac{4m_e E_{\text{ion}}}{M} \quad (1),$$

где  $m_e$  масса электрона,  $M$  - масса иона, и  $E_{\text{ion}}$  энергия иона.

Таблица 1. Радиационные параметры ионов  $^{130}\text{Xe}$  в кристалл LiF.[8]

Энергия, МэВ	Длина, R, $\mu\text{м}$	Электронные потери, $(dE/dx)_e$ , кЭВ/нм	Нуклонные потери, $(dE/dx)_n$ , кЭВ/нм
52	15,3	18,85	0,052

Для иона  $^{130}\text{Xe}$  с энергией 0,7 МэВ/нуклон  $E_{\max}^e \approx 1,96 \text{ кЭВ}$ . Эти электроны образуют каскад вторичных  $\delta$  электронов. Для этих электронов длина свободного пробега приблизительно составляет 80 нм. Вторичные электроны создают электронные возбуждения на пути своего пробега до тех пор, пока их энергия не станет ниже достаточной для перевода электронов зоны валентной в зону проводимости. Распад электронных возбуждений посредством

экситонного механизма ведет к образованию центров окраски (пар Френкеля). Микроструктура распределения дефектов, наведенных ионами зависит от энергетических потерь, флюенса и температуры облучения [8]. Энергетические потери на ионизацию и возбуждение  $(dE/dx)_e$  доминируют (табл. 1) над потерями энергии  $(dE/dx)_n$ , ведущим к упругим столкновениям, поэтому последними можно пренебречь.

Кристаллы LiF облучались при комнатной температуре, перпендикулярно плоскости (100) ионами  $\text{Xe}^{+20}$  с энергией 195 МэВ. Флюенс изменялся от  $5,7 \times 10^{10}$  до  $7,5 \times 10^{11}$  ионов/см<sup>2</sup>, флякс изменялся от  $6.24 \times 10^9$  до  $3.12 \times 10^{10}$  ионов/см<sup>2</sup>·с.

Самые значительные полосы поглощения в спектре соответствуют F и F<sub>2</sub> центрам с максимумом поглощения 4.94 эВ (250 нм) и 2.79 (445 нм) соответственно [9].

Спектры поглощения облучённого кристалла LiF приведены на (рис.1). На рисунке приведены спектры наведенного поглощения при облучении кристалла различными флюенсами. Видно, что спектры совершенно подобны; полосы растут с увеличением флюенса. Концентрация F и F<sub>2</sub> центров может быть оценена по формуле Смакулы, как описано во второй главе, преобразованной применительно к F, F<sub>2</sub> центрам:

$$n_F [cm^{-2}] = 9.48 \times 10^{15} D_{opt}(F) \quad (2),$$

$$n_{F_2} [cm^{-2}] = 4.42 \times 10^{15} D_{opt}(F_2) \quad (3),$$

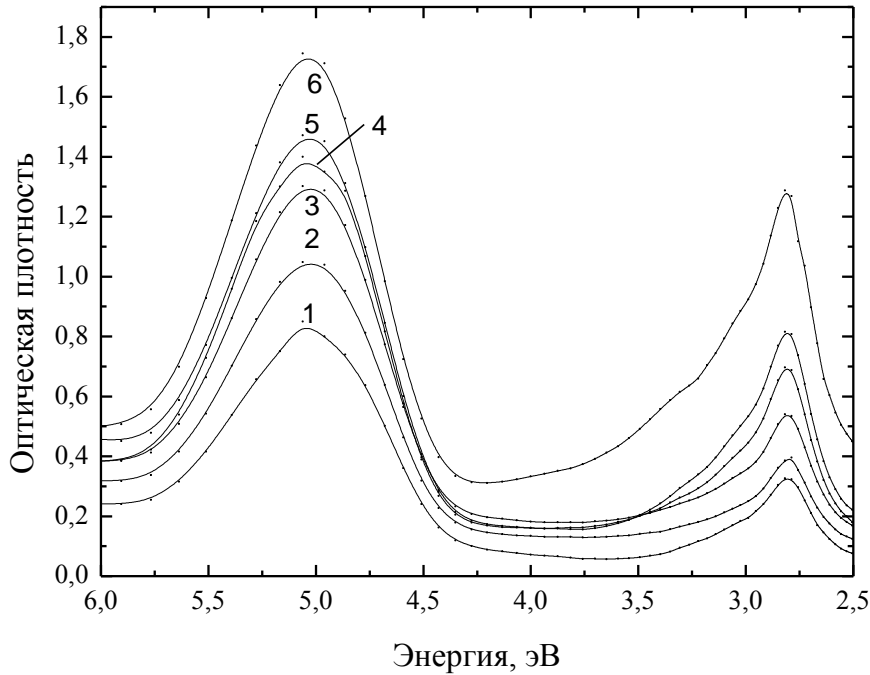
где  $D_{opt}(F)$  и  $D_{opt}(F_2)$  оптические плотности в максимумах поглощения F и F<sub>2</sub> центров. Средняя величина объемной концентрации может быть оценена как  $N_{F_2} = n_{F_2} / R$  ( $N_F = n_F / R$ ), где R длина пробега иона

Среднее расстояние между ионными треками  $d_{tr} = 2r$  в LiF (100) может быть найдено из выражения:  $d_{tr} = 2(\pi\Phi)^{-1/2}$  [10].

Основные параметры F и F<sub>2</sub> центров, накопленных при облучении представлены в табл. 1. Показанные в таблице значения поглощенной энергии рассчитывается по формуле  $E_{abs}^s = E_{ion} \Phi$  эВ/см<sup>2</sup>, где  $E_{ion}$  равна 52 МэВ,  $\Phi$ - флюенс. Здесь же представлены значения концентрации F центров в треке ( $n_F^s$ ) и энергии создания F центров ( $\Delta E_F$ ). Величина  $n_F^s$  и  $\Delta E_F$  оценивается согласно [6] по формулам:

$$n_F^s = \frac{n_F}{\Phi} \quad (4),$$

$$\Delta E_F = \frac{E_{ion}}{n_F^s} = \frac{E_{ion} \Phi}{n_F} \quad (5)$$



Спектры поглощения облученных кристаллов LiF различнымим флюенсами: 1 –  $0,57 \times 10^{11}$ ; 2 –  $1,1 \times 10^{11}$ ; 3 –  $1,6 \times 10^{11}$ ; 4 –  $2,4 \times 10^{11}$ ; 5 –  $3,6 \times 10^{11}$ ; 6 –  $7,5 \times 10^{11}$  ионами ксенона

Рисунок 1 - Спектры поглощения кристаллов LiF облученного ионами Хе

Таблица 2 Характеристики накопленных центров окраски в кристалле LiF облучённых ионами 52 MeV  $^{130}\text{Xe}$  .

$\Phi$ , ионов/см <sup>2</sup>	$E_{abs}^s \cdot 10^{18}$ эВ/см <sup>2</sup>	$D_F$	$D_{F_2}$	$n_F \cdot 10^{15}$ см <sup>-2</sup>	$n_{F_2} \cdot 10^{15}$ см <sup>-2</sup>	$n_{F_2} / n_F$	$\Delta E_F$ эВ	$d_{tr}$ , нм	$n_F^s \cdot 10^4$
$5,7 \times 10^{10}$	2,9	0,82	0,30	7,77	1,33	0,17	373	36	13,6
$1,1 \times 10^{11}$	5,72	1,05	0,35	9,95	1,55	0,16	575	22	9,05
$1,6 \times 10^{11}$	8,32	1,28	0,46	12,13	2,03	0,17	686	17	7,6
$2,4 \times 10^{11}$	12,48	1,35	0,67	12,8	2,96	0,23	975	14	5,3
$3,6 \times 10^{11}$	18,72	1,45	0,79	13,75	3,49	0,253	1361	10	3,8
$7,5 \times 10^{11}$	39,0	1,79	1,29	16,97	5,70	0,34	2298	8	2,2

### Заключение.

Облучение LiF ионами 52 МэВ ксинона с флюксом  $\phi = 1,1 \times 10^{10}$  ионы/см<sup>2</sup>с ведет к линейной стадии создания центров окраски при флюенсах  $\Phi \leq 1,7 \times 10^{11}$  ионов/см<sup>2</sup> (рис.1). При увеличении флюенса создание центров окраски становится нелинейным с насыщением одиночных F центров. Параметры начальной стадии центров окраски ( $n_F$ ,  $n_{F_2}$ ,  $n_F^s$ ,  $\Delta E_F$ ) находятся в хорошем согласии с результатами других авторов [6,7]. С увеличением флюенса число одиночных F центров на трек уменьшается и энергия создания ( $\Delta E_F$ ) увеличивается это демонстрирует увеличение первичных рекомбинационных потерь (Френкелевские пары) во время облучения при высоких флюенсах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головин А.В., Захаров Н.Г., Родный П.А. Собственная люминесценция фторидов лития и натрия. - Оптика и спектроскопия, 1989, т.67, вып.2, с.337-341.
2. Непомнящих А.И. Раджабов Е.А., Егранов А.В. Центры окраски и люминесценция кристаллов LiF. - Наука. Новосибирск, 1984, -113 с.
3. Алукер Э.Д., Лусис Д.Ю., Чернов С.А. Электронные возбуждения и радиолюминесценция щелочно-галогидных кристаллов. Рига, Зинатне, 1979, - 251с.
4. Конюшкин Василий Андреевич. Технология создания радиационно-окрашенных лазерных кристаллов LiF с агрегированными центрами окраски :Дис. ... канд. техн. наук : 05.27.06 : Москва, 2005 177 с. РГБ ОД, 61:05-5/2103
5. , Москвин магнито-электрические дипольные переходы в спектрах щелочных фторидов, активированных шестивалентным ураном. Доклады АН СССР, т.148, с.558-561, 1963.
6. Ewing R.C. The metamict state: 1993 — the centennial // Nucl. Instr. And Meth. B. – 1994. - Vol. 91, №4. P. 22-29.
7. Wagner G.A., Van den haute P. Fission-Track Dating. – Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1992. – 285 p.
8. J.F. Ziegler, M.D. Ziegler, and J.P. Biersack, SRIM 2006.02 code([www.srim.org](http://www.srim.org)).
9. K. Schwartz, A.E. Volkov, M.V. Sorokin, C. Trautmann, K.-O. Voss, R. Neumann, and M. Lang Effect of electronic energy loss and irradiation temperature on color-center creation in LiF and NaCl crystals irradiated with swift heavy ions, Phys.Rev.B 78 (2008) 024120
10. A. Lushchik, Ch. Lushchik, K. Schwartz, E. Vasil'chenko, R. Papaleo, M. Sorokin, A.E. Volkov, R. Neumann, C. Trautmann Creation of nanosize defects in LiF crystals under 5- and 10-MeV Au ion irradiation at room temperature Phys.Rev.B 76 (2007) 054114.



УДК 697.8

Мусин Р.М. (18-МТЭ-2п), Седелев В.А.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СИСТЕМЫ ГАЗОУДАЛЕНИЯ КОТЛОВ.

Газовоздушный тракт связывает большое количество элементов тепловой электростанции. Началом и концом его является воздушный бассейн в районе электростанции. Газовоздушный тракт включает в себя воздухопроводы холодного и горячего воздуха, тягодутьевые машины, элементы собственно парогенератора, золоуловители, газопроводы и дымовые трубы. В связи с применением в некоторых случаях подогрева воздуха отборным паром турбин устанавливается также связь с оборудованием машинного зала.

Разработка проекта газовоздушного тракта включает следующие вопросы:

- составление принципиальной и развернутой схем;
- аэродинамическая проработка элементов;
- выбор экономически обоснованных скоростей воздуха и дымовых газов на всех участках;
- выбор тягодутьевых машин и регулирующих устройств, которые обеспечили бы наименьшие затраты энергии на транспортировку воздуха и дымовых газов при заданном графике нагрузки ТЭС.

Обеспечение оптимальных решений при проектировании газовоздушного тракта котельной установки требует анализа ряда сложных вопросов по подбору оптимальных типоразмеров и количества вспомогательного оборудования, выбору оптимальных скоростей в газозахватах, их компоновке и конструкции, рациональному выполнению элементов тракта.

Аэродинамические неравномерности (перекосы) в газовоздушном тракте могут вызываться рядом причин, в том числе наличием проходов с уменьшенным сопротивлением, байпассирующих основное сопротивление, загрязнением участков газопроводов, аэродинамически неудачной конфигурацией участков тракта (например, поворот-диффузор), влиянием предвключенных сопротивлений и т. п. Особенно существенно аэродинамические неравномерности могут влиять на процессы, определяющие надежность работы котлоагрегата: абразивный износ, шлакование и занос, местные повышения тепловых потоков и т. п.

При разработке компоновки котельного агрегата большое внимание должно быть уделено рациональной трассировке и компоновке газозахватах и их узлов. Простота схемы является важным фактором, способствующим повышению надежности и экономичности установки. Схема и компоновка газозахватах должны выполняться так, чтобы сопротивление основного потока воздуха или газов, определяющее

необходимое давление вентилятора или дымососа, было минимальным при оптимальных значениях скоростей.

На выбор аэродинамических форм оказывают влияние строительные требования. Так, например, внешние газоходы многих электростанций выполняются в сборном железобетоне. Применение сборного железобетона становится целесообразным при условии сокращения до минимума числа типоразмеров элементов и использования простейших их форм. Если паропроводы, магистральные газопроводы и водопроводы выполняются, как правило, круглого сечения, то внешние газоходы выполняются прямоугольного сечения, а газоздухопроводы выполняются как круглого, так и прямоугольного сечений в зависимости от целого ряда факторов (форма примыкающего оборудования, сложность конфигурации).

Газоздушные тракты тепловых электростанций имеют большое число поворотов. Несмотря на то, что этот элемент относится к числу достаточно исследованных, при его выполнении в конкретных компоновках нередко приходится сталкиваться с определенными трудностями.

Плавные повороты при больших радиусах скругления практически не могут быть реализованы в газоздушных трактах, так как они не размещаются в заданных габаритах. Дополнительные трудности возникли в связи с применением сборного железобетона для внешних газоходов. В этом случае очень сложно применять криволинейные участки. Наряду с поворотами прямоугольного и круглого сечений с сужением и расширением в газоздушных трактах часто встречались комбинации прямоугольного сечения с круглым, полукруглым, эллиптическим и другими, для которых рекомендации отсутствовали. Из практики известно, что именно на повороте наблюдаются недопустимые отложения золы в газоходах пылеугольных ТЭС. При больших размерах сечений в некоторых случаях возникали аэродинамические пульсации разрушительного действия. Простейшая схема поворота с прямыми внешним и внутренним углами наименее эффективна, при таком исполнении вдоль стенок образуются зоны, где скорости течения газов падают почти до нуля.

Зоны, в которых происходит значительное снижение скорости и завихрение потока неблагоприятны, а также с точки зрения отложения летучей золы на повороте. Зольные частицы, вначале равномерно распределенные по сечению, отбрасываются под действием центробежных сил к внешней стороне угла. Чем менее обтекаемой выполнена внутренняя кромка, т. е. чем меньше радиусы кривизны на повороте, тем большей величины в этом месте достигает скорость и тем сильнее оказывается центробежная сила, отбрасывающая частицы к наружной кромке поворота. Нерационально выполненный поворот является естественным сепаратором для летучей золы. Из опыта действующих электростанций, высказанные предположения об отложении золы у внешней кромки поворота полностью подтверждаются. Эти отложения серьезно препятствуют длительной непрерывной эксплуатации газоходов соответствующих энергетических блоков.

Наиболее эффективным методом снижения аэродинамических сопротивлений и вредных факторов поворотов воздухопроводов является выполнение поворотов в виде отводов или колен со скруглением углов поворота. По рекомендациям повороты газоздухопроводов прямоугольного сечения выполняются в виде отводов с концентрическими кромками с относительным радиусом закругления. Сопротивление таких поворотов относительно невелико. Примерно такой же результат по сопротивлению может быть достигнут выполнением поворота в виде колена с обеими закруглёнными кромками.

Применительно к газоздушным трактам тепловых электростанций особый интерес представляют тройники внешних газоходов на участке дымососы — дымовая труба, включая вход в дымовую трубу. По мере продвижения газов к дымовой трубе происходит объединение потоков от отдельных дымососов и заканчивается единым потоком внутри дымовой трубы. Таким образом, эти тройники относятся к типу собирающих. Второй особенностью тройников во внешних газоходах тепловых электростанций является слияние потоков под прямым углом. В теории тройников доказывается, что этот случай является неблагоприятным и гидравлические потери здесь достигают большой величины. Потому вопросы снижения потерь в этом случае являются актуальными.

Пример тройника, получившего широкое применение при выполнении внешних газоходов ТЭЦ. Потоки соударяются под углом  $90^\circ$ , причем сечение газохода на проход остается неизменным, несмотря на изменение количества газов до и после объединения потоков. Подобная схема оказалась неблагоприятной не только из-за больших потерь, но и из-за возникновения пульсаций при соударениях потоков.

Для этого случая предлагается полное разделение потоков, исключая соударение и выполнение поворота на  $90^\circ$  по одной из предложенных схем. Проведённые исследования позволили также найти форму тройника, позволяющую снизить аэродинамическое сопротивление. Для снижения потерь необходимо провести скругление кромок путём выполнения вписанного поворота по принципу колена.

Долгое время проводилось применение собирающих коробов, работающих по принципу собирающих коробов с центральным или торцевым отводом. В сущности, они представляют собой группы тройников с пересечением потоков дымовых газов под углом  $90^\circ$ . Особенно это касается сборных коробов с торцевым отводом. Свойственные таким конструкциям недостатки - завышенные сечения газоходов на ряде участков, неудовлетворительное сопряжение металлических газоходов от дымососов с железобетонными газоходами, многочисленные и нерационально выполненные повороты и тройники, сложная схема и большая длина газоходов, большое число типоразмеров конструкций, нерациональный ввод в дымовую трубу, золы отложения и др. Их гидравлическое сопротивление весьма высокое. Расчётами и практикой доказано, что следует избегать установки сборных

коробов, заменяя их для уменьшения аэродинамических потерь давления тройниками улучшенной формы.

На ряде ТЭС наблюдаются золовые отложения во внешних газоходах и дымовых трубах. Эти отложения уменьшают живое сечение газоходов, увеличивая их гидравлическое сопротивление, вызывают дополнительную нагрузку на строительные конструкции газоходов и дымовых труб, а в отдельных случаях приводят к разрушению их элементов.

Основными факторами, влияющими на золовые отложения, являются:

- физико-химические параметры потока (температура, влажность, содержание окислов серы, точка росы);
- физико-химические свойства частиц уноса, аэродинамическая структура потока, скорости газа по тракту.

Обследования показали, что золовым отложениям способствуют низкие температуры и повышенная влажность газов. Так, наибольшие золовые отложения были на электростанциях с температурой газов в газоходах от 60 до 90° С. Такие температуры имели место после мокрых золоуловителей. Наличие окислов серы снижает точку росы и способствует образованию влаги на стенках. Очень большое влияние на образование отложений оказывают аэродинамические факторы. Для того чтобы частички золы не оседали, необходимо прежде всего, чтобы средняя скорость потока была достаточной на всех режимах работы. Далее необходимо, чтобы не только средние, но и локальные скорости по всему сечению были достаточны и отсутствовали зоны вихреобразования, где скорость может быть направлена даже в сторону, противоположную движению. Не должно быть участков, которые работают подобно сепарационному устройству, отделяющему частицы золы из потока.

Кроме поворотов, зола оседает в местах резкого падения скоростей. Зола накапливается между вводами от отдельных дымососов в сборный боров, где скорость резко падает. Золовые отложения в большой степени зависят от скоростей движения газов в газоходах. На некоторых электростанциях они были приняты низкими и даже на номинальных нагрузках составляли 3—5 м/сек. Гораздо чаще имеют место случаи, когда малые скорости возникают не во всех газоходах, а на отдельных его участках.

Проведенные исследования позволили наметить основные мероприятия по предотвращению золовых отложений во внешних газоходах ТЭЦ. К важнейшим из них относятся:

- не допускать применения мокрых золоуловителей на топливах, зола которых может цементироваться;
- в случае применения мокрых золоуловителей не допускать снижения температуры газов за ними ниже 110—130° С и брызгоуноса из них. Не рекомендовать применения паровой и водоструйной обдувки поверхностей нагрева в тех случаях, когда возможны золовые отложения во внешних газоходах;
- рекомендовать выполнение отдельных газоходов от каждого дымососа или от каждого парогенератора до дымовой трубы, исключая применение сборных газоходов;

- особое внимание следует уделять вопросу выбора скоростей в газоходах, обеспечивающих сдувание золы. Если при сухом золоулавливании на номинальной нагрузке достаточна скорость 8—10 м/сек, то при мокрых золоуловителях она должна быть не менее 13—14 м/сек;

- нецелесообразно применение собирающих газоходов. Газоходы от каждого дымососа или каждого блока (двух дымососов) следует вести независимо до самой дымовой трубы;

- газоход должен представлять собой плотную и жёсткую конструкцию, способную противостоять аэродинамическим вибрациям. Наиболее типичными материалами являются: железобетонные плиты, футерованные кирпичом, кирпичные стены и железобетонные плиты сверху и внизу газохода и металлические газоходы, обычно круглого сечения.

- размеры входных окон в трубе следует выполнять с учетом размеров ввода газоходов, желательно без сужения в горизонтальной (плоскости). Высота окна должна быть несколько больше высоты газохода с тем, чтобы обеспечить плавный переход в верхней части.

- в случае двустороннего ввода газоходов внутри трубы следует устанавливать перегородку под углом  $45^\circ$  к оси газоходов и пандусы с обеих сторон.

### Выводы

При выполнении научно-исследовательской работы был проведён анализ недостатков конструкции сборных каналов и их работы, изучение причин и способов устранения имеющихся недостатков руководствуясь рекомендациями и требованиями нормативных методов. Была проведена разработка мероприятий по их устранению и минимизации аэродинамических сопротивлений в системе газоудаления котлов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рабочий проект. Реконструкция котлоагрегата БКЗ-160-100ФБ ТОО Согринская ТЭЦ. Пояснительная записка. Барнаул, 2002г.
2. Рихтер Л.А., Газовоздушные тракты тепловых электростанций, М., «Энергия», 1969г.
3. Григорьев К.А., Технология сжигания органических топлив. Учебное пособие., С.Пб, 2006

УДК 621.32

Жағыпаров М. Б. (18-МТЭ-2п), Асылжанова А.Б.(ВКГТУ)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Аннотация. Развитие производственных и промышленных технологий ведет к глобальным ухудшениям экологической ситуации во многих стран мира. Добываемая энергия обязана обеспечивать жизнедеятельность человека, но также и не должна отрицательно сказываться на окружающей среде. Данная проблема является одной из ключевых отправных точек к развитию и добычи альтернативных источников энергии (ИЭ). Посредством трудов многих ученых и исследований на сегодняшний день существует огромное множество различных альтернативных ИЭ удовлетворяющих человеческие потребности, а также положительно сказываясь на экологической обстановке. Основной целью данной статьи является изучение вопроса использования альтернативных источников энергии в теплоэнергетике.

Энергетическая сфера является неотъемлемой частью практической в каждой из областей жизнедеятельности человека в современном мире. Альтернативные источники энергии, активно используемые на сегодняшний день имеют множество особенностей и преимуществ относительно классических ИЭ.

В понятие «альтернативная энергетика» входят три основных составляющих, представленных на рисунке 1:

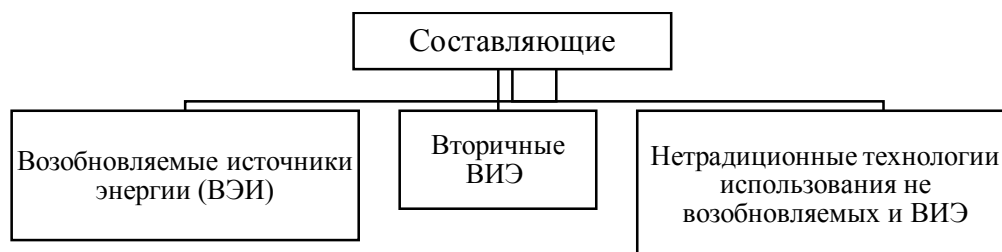


Рисунок 1 – Основные составляющие альтернативных источников энергии

Большая часть нетрадиционных источников энергии является основанной посредством традиционных принципов, но при этом первичной энергией в них служат как источники локального назначения (геотермальные, ветряные и др.), так и источники, находящиеся в статусе освоения, примерами таковых являются топливные источники и элементы, способные найти применения в перспективе (термоядерной энергетике и др.).

Ключевыми особенностями нетрадиционных источников энергии является их экологическая чистота, а также колоссальные затраты на капитальное строительство и малая единичная мощность. К примеру, для возведения солнечной электростанции, имеющей мощность 1000 Мвт потребуется привлечь дорогостоящие зеркала площадью от 4 км<sup>2</sup>.

На рисунке 2 приведен анализ альтернативных источников энергии, активно использующихся в сфере энергетики на сегодняшний день:

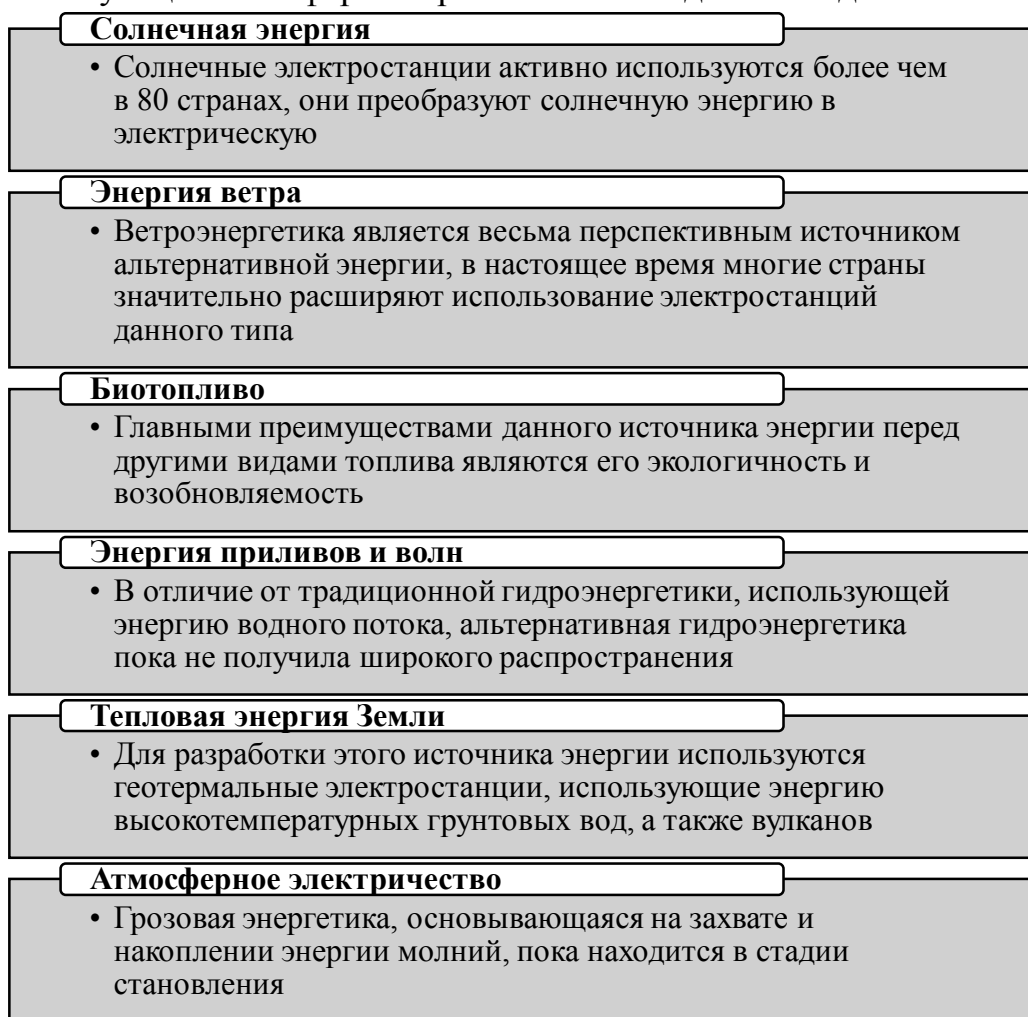


Рисунок 2 - Анализ альтернативных источников энергии

Относительно США и стран ЕС использование ВИЭ в Казахстане находится на низком уровне. Данную ситуацию можно объяснить доступностью традиционных ископаемых энергоносителей. Параллельно с этим, один из основных барьеров для строительства крупных электростанций на возобновляемых источниках энергии является отсутствие положения о стимулирующем тарифе, по которому государство покупало бы электроэнергию, производимую на основе ВИЭ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Россия в цифрах. 2015 / Краткий статистический сборник. М., 2015.
2. Sosina N. A., Goltsov A. B. PROSPECTS for using ALTERNATIVE energy SOURCES // international student scientific Bulletin. - 2015. - No. 3-1.
3. Eichberger S. Forecast of the global solar energy market until 2019, 2015. //
4. The electronic scientific journal "sociology of SCIENCE" Vol. 7, No. 4 2015.
5. Bezrukikh P. P., Arbuzov Yu. D., Borisov G. A. Resources and efficiency of renewable energy sources in Russia. SPb.: Nauka, 2002.

УДК 621.311

Жағыпаров М. Б. (18-МТЭ-2п), Асылжанова А.Б.(ВКГТУ)

## ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

**Аннотация.** В статье анализируется применение вторичных энергоресурсов для повышения энергоэффективности. Рассматривается энергетический потенциал страны и энергосбережение посредством использования ВЭР.

**Ключевые слова:** вторичные энергоресурсы, потенциал, топливо, теплоснабжение, экономик

Рациональное обращение с различными природными ресурсами всегда являлось актуальным вопросом мировой экономики, в том числе экономики Республики Казахстан. Перед страной четко стоит задача оптимизации использования энергоресурсов различных видов, первичных и вторичных, а также повышение спроса государственных товаров и услуг, чему способствует повышение экономической продуктивности производства.

Правильное и эффективное использование энергетических ресурсов неразрывно связано с поддержанием экологии страны. В более развитых странах, таких как Япония и США огромное внимание уделено рационализации использования энергетических ресурсов и развитие технологий и производств энергосбережения. Наша страна также активно ведет работу в данной отрасли, обладает обширным запасом энергоресурсов, развивает энергетические и топливные отрасли, которые влияют на экономику государства и являются инструментом формирования внешней политики.

При проведении анализа литературы был сделан вывод, что наиболее самокупаемым способом повышения энергоэффективности является использование вторичных энергоресурсов. ВЭР – топливно-энергетические ресурсы, образующиеся как побочные продукты (сбросы и выбросы) производственного технологического процесса (нагретые отходящие газы технологических агрегатов, сбросные воды, отработанный водяной пар, газы и жидкости систем охлаждения, вентиляционные выбросы, тепло которых может быть использовано), а также отходы, которые могут быть использованы как топливо – твердые отходы, жидкие сбросы и выбросы нефтеперерабатывающей, нефтедобывающей, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности (доменный газ, древесная пыль, биошламы, городской мусор и т.п.). Важно отметить, что к вторичным тепловым ресурсам не относятся: теплота продуктов (отходящих газов, основной, побочной, промежуточной продукции и отходов производства), возвращаемая в агрегат-источник этих ресурсов за счет регенерации или рециркуляции; теплота конденсата, возвращаемого в парогенераторы или источники пароснабжения; теплота продуктов, направляемых в следующую стадию переработки без изменения их параметров [2].



Практическое использование вторичных энергоресурсов позволит снизить электро- и тепловую энергии, а также потребление топлива. Но необходимо четко придерживаться предварительно составленной программой использования, которая утверждается на основе экономических расчетов. Во время расчета эффективности использования энергии от ВЭР, необходимо учитывать экономическую целесообразность получения энергии от данного вида вторичных ресурсов, пути и способы их утилизации, технические показатели требуемого утилизационного оборудования и так далее.

На рисунке 1 практически представлено то, как экономится топливо при сокращении потребления первичных ресурсов и использовании вторичных энергоресурсов.

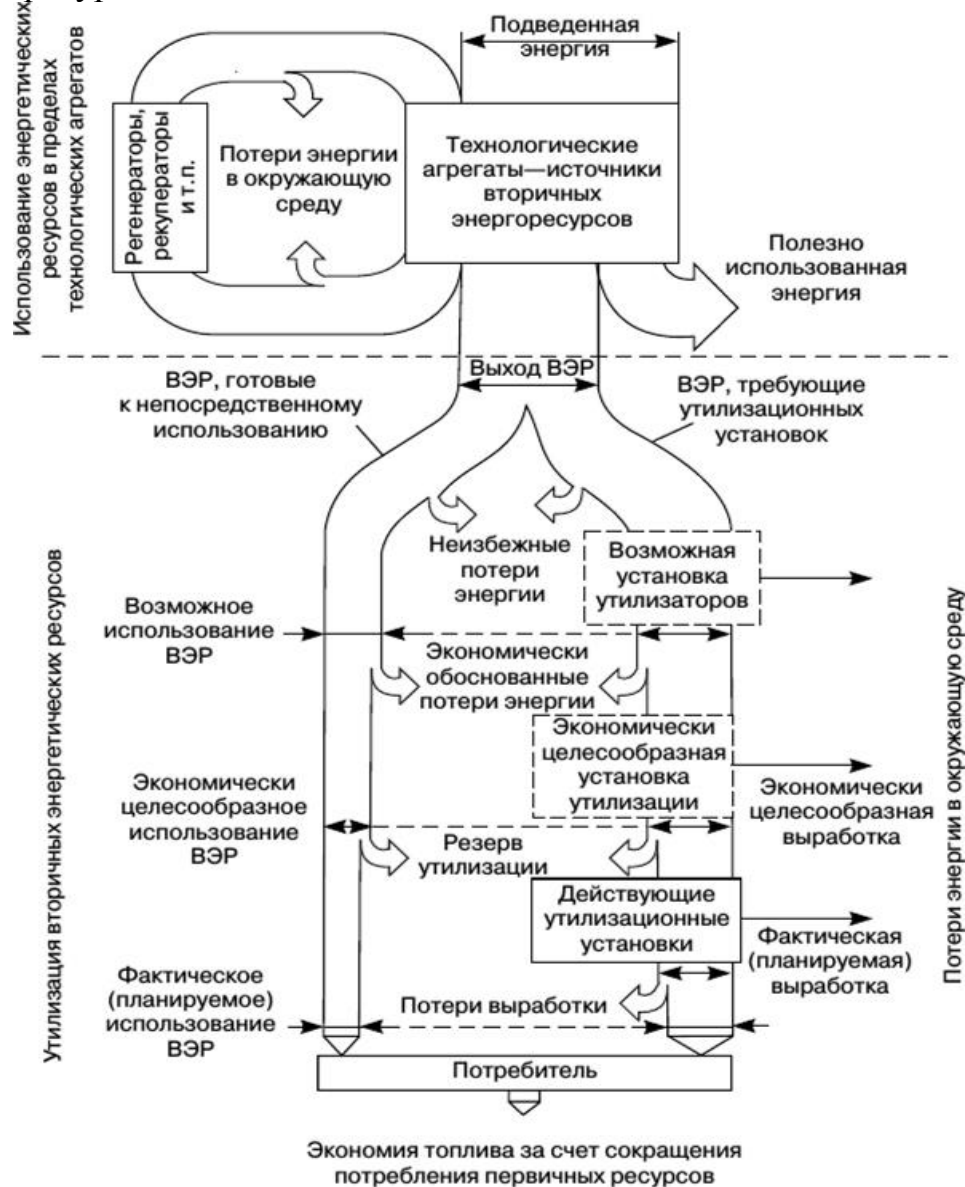


Рисунок 1 – Сокращение потребления первичных ресурсов

На сегодняшний день, одно из усиленно развивающихся направлений энергоснабжения, которое требует соединения усилий предприятия и исследовательских проектных организаций (те которые обеспечивают

разработку схем теплоснабжения) – использование вторичных энергоресурсов в схемах теплоснабжения. Раньше сдерживающим фактором считался хозяйственный механизм. Очень часто поставщики были заинтересованы в более неэкономном потреблении тепловой энергии, а с другой стороны в увеличении мощности источников тепла. По установившейся традиции проектировщики схем теплоснабжения вынуждены и сегодня разрабатывать схемы теплоснабжения на основе выданных предприятиям и потребителям завышенных тепловых нагрузок. Это помогает защищать предприятия промузлы от необходимости проводить энергичную энергосберегающую политику. При проведении выборочной экспертизы проектов промышленных предприятий был сделан вывод, что если использовать реальную возможность энергосбережения, это снизит тепловые нагрузки на 20-30%.

Если сопоставить потребность отраслей в тепловой энергии без учета энергосбережения, т. е. по заявляемым перспективным нагрузкам, с данными, учитывающими возможности резервов энергосбережения, то в таких теплоемких отраслях как химия и нефтехимия без учета энергосбережения на перспективу необоснованно планируется рост теплопотребления по предприятиям на 20-50% [3].

Таким образом, что использование вторичных энергетических ресурсов является наиболее выгодным инструментом повышения энергетического потенциала нашей страны. Опыт использования данного способа во многих странах показывает, что он является более окупаемым и менее затратным в отношении утилизационных установок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плущевский, М.Б. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов // Мировая энергетика, 2007, № 1.
2. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 424 с.: ил.
3. Энциклопедия статистических терминов в 8 томах. Экономическая статистика / Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2011.

УДК 53.043

Касымбаев А.В., Сағидүғұмар А.Н., Уазырханова Г.К.

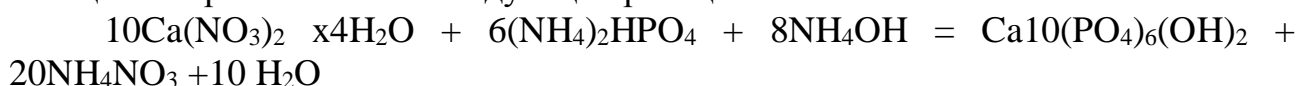
## ПОЛУЧЕНИЕ БИОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АПАТИТА КАЛЬЦИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ZnO И АЛЬГИНАТА НАТРИЯ

Разработка многофункциональных наноструктурированных материалов для отраслей медицины, в частности, для ортопедии и стоматологии, остается актуальным предметом медицинской науки. Широкое использование лекарств с антимикробным действием привело к формированию устойчивости микроорганизмов к широкому спектру антибиотиков. Одним из подходов к решению этой проблемы во всем мире является активный поиск неорганических противомикробных компонентов или модификация биоматериалов неорганическими биоактивными ионами для инициирования контролируемой реакции в тканях и обеспечения антимикробной активности [1-3]. Костная ткань (КТ) является композитным природным материалом, включающим органическую компоненту (коллаген, тип I), в которую внедрены нанокристаллы нестехиометрического гидроксиапатита (биологического апатита).

С учетом вышеизложенного, настоящая работа, посвящена синтезу и комплексному исследованию композитного материала, имеющего свойства, близкие к костной ткани, и состоящего из трех компонентов: гидроксиапатита, ZnO частиц и альгината натрия. Материал в форме гранул будет обеспечивать заполнение дефектов сложной геометрии с минимальным зазором между костью и имплантатом.

Были использованы следующие химические вещества производства фирмы «Merck»: кальций нитрат тетрагидрат ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), гидрофосфат аммония ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ), гидроксид аммония ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), цинк нитрат гексагидрат  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  классификации «ХЧ», кальция хлорид  $\text{CaCl}_2$ ; натрия альгинат (E401) с молекулярной массой 15 кДа (производитель Китай).

Для проведения синтеза ГА, стартовые компоненты, а именно 19,7 г  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  и 6,6 г  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  взвешивали на аналитических весах и каждый растворяли в 500 мл дистиллированной воды для получения растворов с концентрациями 0,167М и 0,1М соответственно. Молярное соотношение Ca/P составляло 1.67, как в случае стехиометрического ГА. Образование ГА происходило при прикапывании (1мл/мин) аммония гидрофосфата к раствору кальций нитрата согласно следующей реакции:



Величина pH около 11 достигалась прибавлением 90 мл 25% раствора аммиака к смеси при перемешивании. После перемешивания компонентов и доведения pH до заданного уровня, 400 мл реакционной суспензии было перенесено в микроволновую печь Samsung M1712NR для ее обработки в течение 3 минут при мощности 300 Вт с последующим воздействием микроволновой радиации мощностью 450 Вт в течение 5 минут. После

охлаждения образец был многократно промыт дистиллированной водой до нейтральной реакции. Твердую фракцию отделяли центрифугированием. В результате была получена суспензия гидроксиапатита влажностью около 85%.

К полученной суспензии был добавлен 2% раствор альгината натрия в весовом соотношении 1:1 и смесь была обработана ультразвуком в установке УЗДН при мощности 75 Вт в течение 5 минут. Полученный продукт был диспергирован в 0,125М растворе хлорида кальция. Через 25 минут образовавшиеся гранулы были отфильтрованы, промыты дистиллированной водой и высушены.

Для получения композита ГА-ZnO к 200 мл 0,2М раствора цинка нитрата гексагидрата было добавлено 4 мл 3% раствора альгината натрия. Формирование ZnO соединения началось после добавления 15 мл 25% раствора аммиака. В данном варианте синтеза в полученный раствор была опущена титановая пластина, через которую пропускали переменный ток (2А) в течение 30 минут. При этом начался локальный нагрев раствора и зародышеобразование соединения ZnO. После этого весь объем раствора был нагрет на электрической плите до температуры 80°C при перемешивании с помощью магнитной мешалки. После охлаждения образец был многократно промыт дистиллированной водой до нейтральной реакции. Выпавшую в осадок фракцию ZnO отделяли центрифугированием. В результате была получена суспензия ZnO влажностью около 85%, которая на следующем этапе обработки была высушена при 37°C. Высушенный продукт был измельчен и просеян через сито. Таким образом, был получен порошок ZnO дисперсностью  $\leq 63$  мкм.

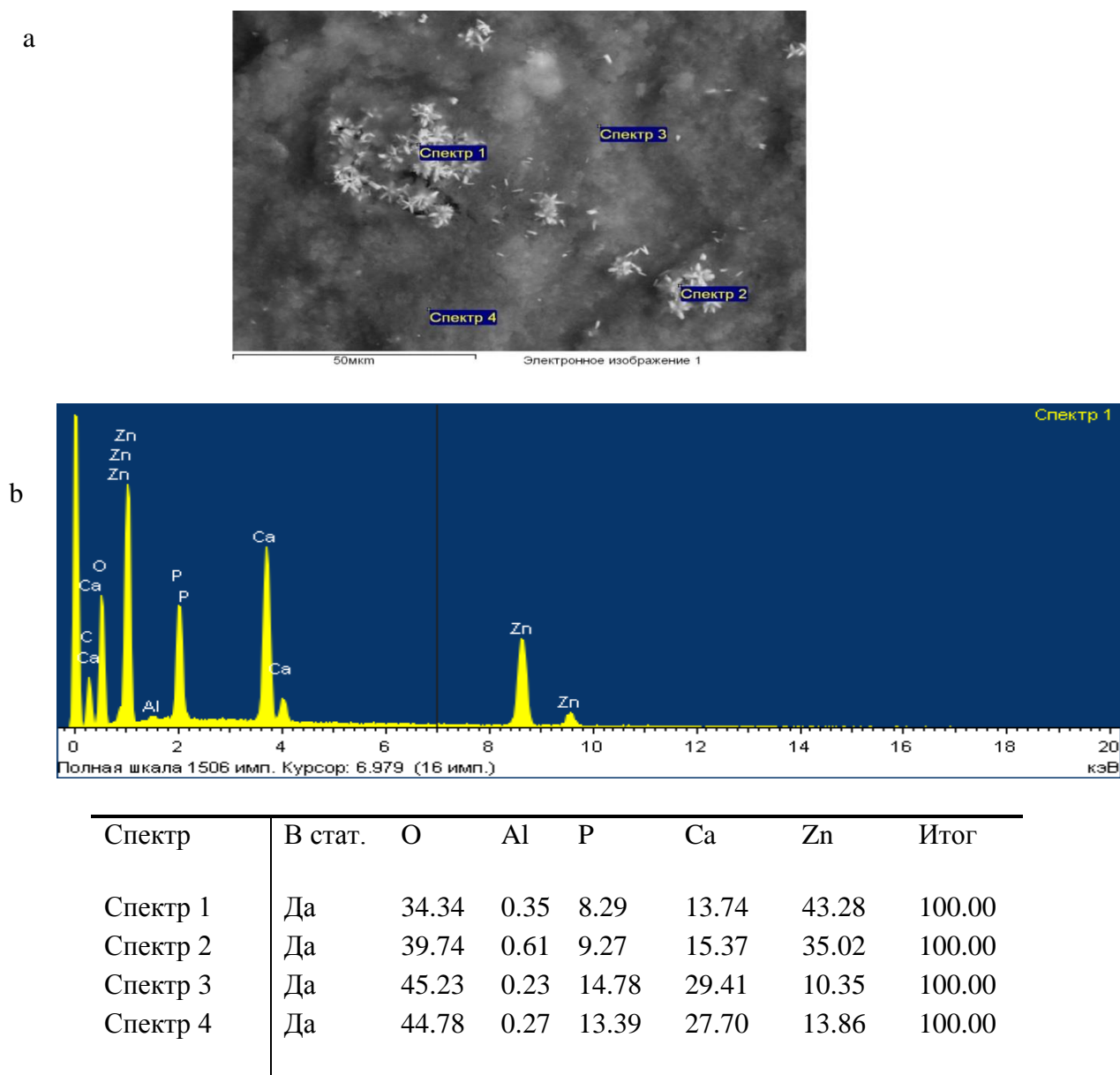
К 6,0 г суспензии ГА (влажность 85%), полученной выше описанным методом было добавлено 0,3 г порошка ZnO ( $\leq 63$  мкм), что составляет 33% ZnO по отношению к сухому ГА и перемешано шпателем. На следующем этапе к смеси ZnO-ГА был добавлен 2% раствор полимера (альгинат натрия) и полученная суспензия была перемешана в УЗДН 12 минут до образования гомогенной массы. Путем диспергирования полученной суспензии в 0,125М растворе хлорида кальция были получены гранулы композитного материала ГА-ZnO.

Исследование ГА с разными добавками проводили такими методами анализа как: растровая электронная микроскопия (РЭМ) на микроскопе JSM-6390LV с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy Penta FET X3.

Просвечивающая электронная микроскопия с высоким разрешением HR-TEM проводилась с помощью электронного микроскопа JEM-2100, дополнительно проводился EDAX анализ с помощью приставки INCA Energy TEM 350 с кристаллом X-MAX 80.

На рис. 1 представлен участок образца ГА с добавкой ZnO. На изображении поверхности точками выделены участки элементного анализа. Из этого изображения хорошо выделяются участки с монокристаллическими небольшими включениями ZnO (в виде «снежинок») разных размеров от 13 до нескольких десятков микрона. Распределение частицы ZnO хаотично, они имеют светлый оттенок на фоне ГА. Из таблицы и спектра EDS видно, что в

составе ГА появился Zn с различной концентрацией Zn в этих местах анализа. Например, Zn (43,28%) в точке 1, и в точке 3 всего обнаружено 10,35%. Таким образом среднее значение концентрации Zn в этом участке образца составляет 25,63%. Соотношение Ca/P немного меньше 2, а именно 1,87. Концентрация кислорода уменьшается т.к. часть его идет на образования кристаллитов ZnO.



a- СЭМ изображение гидрогеля ГА с добавлением ZnO

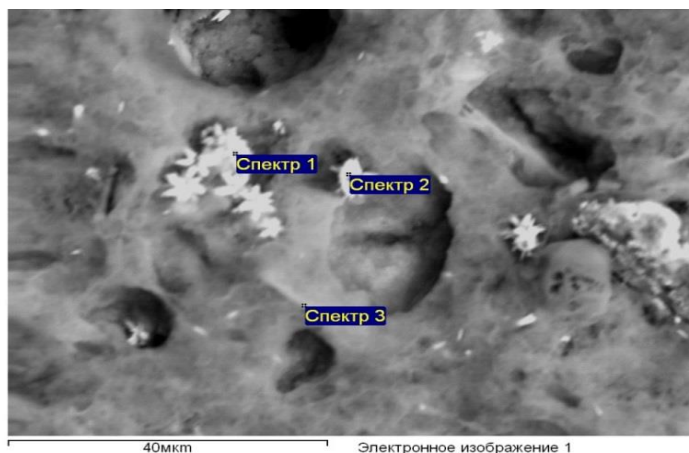
b- EDS спектр участка №1

Рис.1- Результаты СЭМ анализа гидрогеля ГА с добавлением ZnO

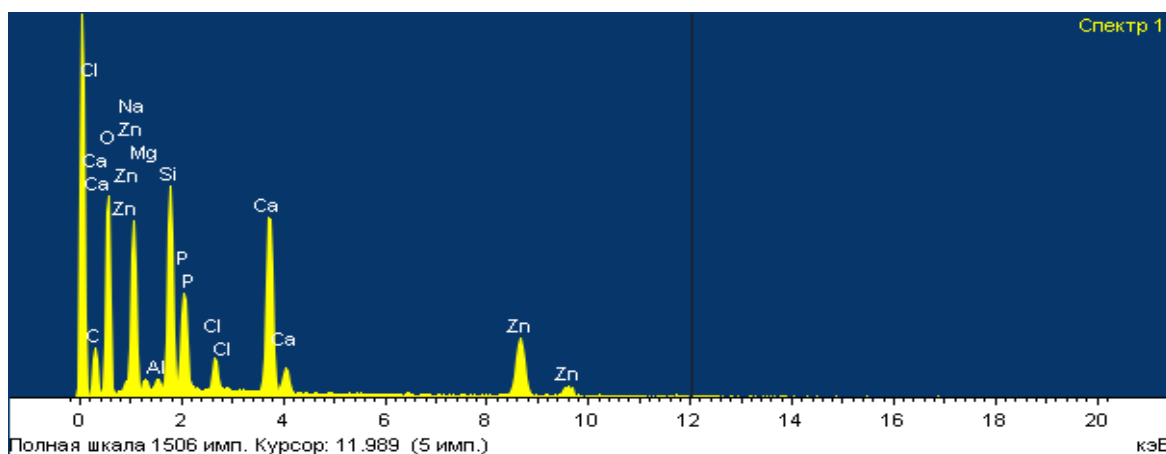
На следующем рис. 2 представлено изображение участка ГА с добавками ZnO - плюс альгинат. На участке ГА появились области очень темного контраста, а также кристаллиты из ZnO с размерами от 15 до 0,5 мкм. Средняя концентрация Zn уменьшилась до 18,34%, при этом имеются участки, где Zn

содержится 23,66% и 7,08% (разница почти в 3 раза). Появились в составе ГА такие элементы, как Cl (от 2,52 до 1,83%), Si (около 10%), Al около (0,5%), Mg (от 0,87 до 0,72%) и Na (от 4,69 до 3,99%). Все эти элементы хорошо выделяются на спектрах EDS. Соотношение Ca/P составляет уже около =1,96.

а



b



а- СЭМ изображение ГА+ альгинат с добавлением ZnO

б- EDS спектр участка №1

Спектр	В стат	O	Na	Mg	Al	Si	P	Cl	Ca	Zn	Итого
Спектр 1	Да	40.69	4.69	0.85	0.49	9.98	5.95	1.91	11.78	23.66	100.00
Спектр 2	Да	38.80	3.99	0.72	0.40	10.67	6.61	1.83	12.71	24.28	100.00
Спектр 3	Да	48.40	4.09	0.87	0.55	11.10	8.01	2.52	17.38	7.08	100.00

Рис.2 - Результаты СЭМ анализа ГА+ альгинат с добавлением ZnO

Анализ частиц ZnO с помощью просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ) с высоким разрешением показывает, что в одном случае структура ZnO является кубической с параметрами решетки  $a=4,27$ ,  $b=4,27$ ,  $c=4,27$ , а в другом случае гексагональной с параметрами решетки  $a=3,2427$ ,

b=3,2427, c=5,1949. Отличия этих структур связано или зависит от состава добавок в процессе получения ГА.

#### **Список использованных источников**

1. Moseke C, Gelinsky M, Groll J.[at al] Chemical characterization of hydroxyapatite obtained by wet chemistry in the presence of V, Co, and Cu ions // Materisl Science and Engineerings C. 2013. P. 1654-1661
2. Sukhodub L.B. Metal Ions Doped Chitosan Nanoparticles // Journal of Nano- and Electronic Physics. 2014. V.6. №4. P. 04034(6pp).
3. Sukhodub L.B., Khrystian G.E., Sukhodub L.F., Shulga N.M., Meshkov A.M., Kazmirchuk V.V., Martynov A.V. , Composite materials based on zinc sulfide and zinc oxide: structural and biocidal properties // Annals of Mechnikov Institute, N 4, 2016, 34-39.
4. Ito M, Otsuka M. Zinc-containing tricalcium phosphate and related materials for promoting bone formation // Curr Appl phys. 2005. V.5. P. 402-6.
5. Tripathi A, Saravanan S, Pattnaic S. [at al]. Bio-composite scaffolds containing chitosan/ nano hydroxyapatite/ nano-copper-zinc for bone tissue engineering // International Journal of Biological Macromolecules. 2012. V. 50. P. 294-299.
6. Mieshkov AV, Grebenik LI, Ivahnuk TV, Sukhodub LF. Antibacterial properties of the nanoparticles with the zinc sulfide quantum dots. // IFMBE Proceedings. 2016. V.55. P.267-270.

УДК 617.3

Сағидүғұмар А.Н.(18-ДТФ-3п), Темирболатова М., Тұрлыбекұлы А.

## ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В КОСТНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

В настоящее время существует два основных подхода к реконструкции обширных костных дефектов – это использование костных графтов (ауто-, алло- и ксенографтов) или тканеинженерных конструкций. Тканеинженерная стратегия включения клеток в матрицу представляет собой обнадеживающую альтернативу для лечения повреждений костей. Эта стратегия состоит из трех основных блоков: клеток, матрицы (скаффолда) и остеоиндуктивных ростовых факторов. Каждый из этих элементов может вызывать тканевую регенерацию, но комбинация всех трех компонентов более эффективна. В процессе создания матрицы тщательно разрабатывается конструкция, желательна имитирующая трехмерную (3D) нишу для остеогенных прогениторных клеток внутри матрицы, с возможностью взаимодействия клеток с соответствующими химическими и физическими стимулами естественной кости.[1] В этом обзоре рассматривается биосовместимость, пористость, биомиметические и механические свойства бактериальной целлюлозы.

*Бактериальная целлюлоза (БЦ)*, иногда называемая микробной целлюлозой, представляет собой целлюлозу, полученную внеклеточно из некоторых штаммов бактерий, прежде всего грамотрицательных бактерий *Comagataeibacter xylinus*, ранее известный как *Glucanacetobacter xylinus* и *Acetobacter xylinum*. Впервые сообщается в 1886 году, БЦ состоит из длинных наноразмерных фибрилл и в этом отношении, похожи на коллаген, основной структурный компонент внеклеточной матрицы многих тканей животных.

В медицине БЦ начали применять с начала 1980-х годов, когда Johnson & Johnson подал патент на заявки стерилизованных пленок БЦ как лекарственный перевязочный материал от ран и ожогов. В 1986 году пленки БЦ стерилизовали в окиси этилена были успешно использованы как временные заменители кожи у 40 пациентов в больнице в Бразилии [2].

*Биосовместимость бактериальной целлюлозы.* Биотехнологическое производство БЦ с грамотрицательными бактериями вызывали опасения по поводу присутствия эндотоксины [3]. Эндотоксины являются липополисахаридами и внедряется во внешнюю мембрану грамотрицательных бактерий. Липидный компонент эндотоксинов часто ассоциируется с токсичностью а компонент полисахарида с иммуногенностью. Эндотоксины могут быть эффективно удалены из пленок БЦ, путем обработки гидроксидом натрия или другим средствами.

Контроль удаления эндотоксина в течений очистки, процесс включающий опрыскивание пленки БЦ до 0,5 М NaOH при скорости потока 5000 л / час и давлении 50 кПа в течение 28 дней и замена щелочного раствора каждые два три дня с последующим промыванием эндотоксина дисциплированной водой в течение 14 дней [4]. Исследователи обнаружили, что



уровень эндотоксина снизился с 2390 ЕЭ / мл до 0,1 ЕЭ / мл, что значительно ниже порога эндотоксина для медицинской устройства. Этот пример демонстрирует, что эндотоксины не должны препятствовать использованию БЦ в биомедицинских целях. В целом хорошая биосовместимость и гемосовместимость [5,6] БЦ является одним из его основных достоинств для применения в тканевой инженерии.

*Биомиметические свойства.* Содержание воды во внеклеточной матрице около 60% в волокнистых тканях, таких как сухожилие, до 80% [7]. Признание того, что биосовместимость имплантатов требует, чтобы биоматериалы были структурно похожи на клеточную ткань привело к разработке синтетических гидрогелей в 1950-е годы. Одним из достоинств БЦ является его высокая вместимость по воде, в 60- 700 раз превышающая его сухой вес в зависимости от условий синтеза [8]. Было показано, что во время биосинтеза содержание целлюлозы в течение первых 10 дней увеличивается и затем выравнивается до значения 0,7 мас.% [9], то есть содержание воды в пленках БЦ обычно составляет около 99%. Диэлектрический спектроскопический анализ беловатых оболочек показывает что, около 10% воды, содержащейся в пленке ведет себя как свободная вода и что большинство воды тесно связана с фибриллами [10].

*Механические свойства.* Бактериальная целлюлоза является уникальным материалом для матриц(скаффолдов), так как показывает высокую водоудерживающую способности отличные механические свойства.

Для одноосного напряжения, значения модуля Юнга и растягивающего напряжения при разрушении для гидратированные пленки БЦ составило около 10 и 1 МПа[11], и значения до 200–500 МПа и 11 МПа соответственно для двухосного растяжения[12]. Барьерные мембраны БЦ для направленной регенерации костей, как сообщается, демонстрируют значительно более высокую влажность и прочность на растяжение, чем у аналогичных коллагеновых мембран [13]. Исследователи обнаружили, что механические свойства пленки БЦ сильно зависят от содержания целлюлозы и что эффективное содержание целлюлозы 14% испытание на вдавливание и снятие напряжения дали близкие результаты естественному хрящу уха (например, модуль Юнга 2,4 0,4 МПа в сравнении с 3,3 1,3 МПа для ушного хряща).

Недавние исследования влияния содержания воды на вязкоупругие и электрохимические свойства мембран БЦ показывают, что жесткость мембраны увеличивается по мере содержания воды. В итоге, эти результаты показывают, что механические свойства пленки БЦ можно адаптировать, контролируя воду и содержание БЦ и что они могут быть скорректированы в соответствии с механическими свойствами мягких тканей млекопитающих.

*Пористость.* Размер пор скаффолда для тканевой инженерии влияет на адгезию, миграцию, распространение и дифференциацию клеток. Для разных процессов требуются разные размеры пор, в частности, для нанопор (<100 нм) образование коллагеновых волокон и внеклеточной матрицы, тогда как макропоры (> 100 нм) необходимы для миграций клеток и неоваскуляризации [14].

В других работах сообщается о матрицах с одинаковой пористостью (около 50 %) размеры пор менее 40 мкм определяют минимальное вращение в матрицу, в то же время размеры пор от 100–350 мкм являются обоснованно оптимальными [15]. В другом исследовании при анализе влияния пористости и размеров пор на костное заживление в модели критического краниального дефекта у крыс было показано, что поры небольшого размера (100 мкм) индуцируют большее количество костных формирований при заживлении кости, чем крупные поры (500 мкм). В этом исследовании также обнаружена связь между пористостью, отеком матрицы и ее биодеградацией [16]. Таким образом, было гипотезировано, что малые размеры пор могут увеличивать формирование вращений кости из окружающих матрикс тканей, также определено, что размеры пор влияют на места вращений костных формирований из окружающих тканей в матрицу. При исследовании скаффолда бедренной кости с размерами пор 565 мкм было показано большее формирование костных образований, чем при размерах пор 300 мкм. В этих группах пористость была от 40 до 50 %, наблюдались незначительные изменения в формировании костных образований. Было заключено, что пористость имеет меньшее значение для формирования костной ткани, чем размеры пор [17]. Несмотря на большое число исследований в этой области, есть разногласия в оценке значимости размеров пор на формирование костной ткани *in vivo*. Механизм формирования костной ткани показывает важность прецизионного контроля размеров пор и пористости скаффолда и архитектуры пор, что может быть необходимым для создания специфической костной ткани и эффективного тканевого инжиниринга.

*Заключение.* В настоящем обзоре рассмотрены основные свойства и процессы проходящие при получении скаффолдов для костной инженерии, а также показывает хорошую биосовместимость, высокую влагоудерживающую способность и устойчивость к деформации растяжения, бактериальной целлюлозы. Выделенные исследования демонстрируют перспективность БЦ и возможность оптимизаций регенерации костной ткани в будущих работах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовой М.А., Ларионов П.М., Самохин А.Г., Рожнова О.М. Клеточные матрицы (скаффолды) для целей регенерации кости: современное состояние проблемы // Хирургия позвоночника. 2014. № 2. С. 79–86.
2. Maren Roman<sup>1,2</sup>, Alexander P Haring<sup>2</sup> and Timothy J Bertucio<sup>1</sup> Since “The growing merits and dwindling limitations of bacterial cellulose-based tissue engineering scaffold” *Current Opinion in Chemical Engineering* 2019, 24:98–106 <https://doi.org/10.1016/j.coche.2019.03.006>
3. Liu J, Bacher M, Rosenau T, Willför S, Mihranyan A: Potentially immunogenic contaminants in wood-based and bacterial nanocellulose: assessment of endotoxin and (1,3)-b-d-glucan levels. *Biomacromolecules* 2018, 19:150-157
4. A´vila HM, Schwarz S, Feldmann EM, Mantas A, von Bomhard A, Gatenholm P, Rotter N: Biocompatibility evaluation of densified bacterial

nanocellulose hydrogel as an implant material for auricular cartilage regeneration. *Appl Microbiol Biotechnol* 2014, 98:7423-7435.

5. Fink H, Faxälv L, Molnár GF, Drotz K, Risberg B, Lindahl TL, Sellborn A: Real-time measurements of coagulation on bacterial cellulose and conventional vascular graft materials. *Acta Biomater* 2010, 6:1125-1130.

6. Fink H, Hong J, Drotz K, Risberg B, Sanchez J, Selborn A: An in vitro study of blood compatibility of vascular grafts made of bacterial cellulose in comparison with conventionally-used graft materials. *J Biomed Mater Res A* 2011, 97A:52-58.

7. Hukins DWL, Weston SA, Humphries MJ, Freemont AJ: Extracellular matrix. Chapter 8 In *Principles of Medical Biology*, vol 3. Edited by Bittar EE, Bittar N. Elsevier; 1996:181-232.

8. White DG, Brown RM Jr: Prospects for the commercialization of the biosynthesis of microbial cellulose. In *Cellulose and Wood—Chemistry and Technology*. Edited by Schuerch C. Wiley; 1989:573-590.108.

9. Yamanaka S, Watanabe K, Kitamura N, Iguchi M, Mitsuhashi S, Nishi Y, Uryu M: The structure and mechanical properties of sheets prepared from bacterial cellulose. *J Mater Sci* 1989, 24:3141-3145.109.

10. Gelin K, Bodin A, Gatenholm P, Mihranyan A, Edwards K, Strømme M: Characterization of water in bacterial cellulose using dielectric spectroscopy and electron microscopy. *Polymer* 2007, 48:7623-7631.

11. McKenna BA, Mikkelsen D, Wehr JB, Gidley MJ, Menzies NW: Mechanical and structural properties of native and alkali-treated bacterial cellulose produced by *Gluconacetobacter xylinus* strain ATCC 53524. *Cellulose* 2009, 16:1047-1055

12. Chanliaud E, Burrows KM, Jeronimidis G, Gidley MJ: Mechanical properties of primary plant cell wall analogues. *Planta* 2002, 215:989-996.116.

13. Lee SH, Lim YM, Jeong SI, An SJ, Kang SS, Jeong CM, Huh JB: The effect of bacterial cellulose membrane compared with collagen membrane on guided bone regeneration. *J Adv Prosthodont* 2015, 7:484-495

14. Bruzauskaitė I, Bironaitė D, Bagdonas E, Bernotienė E: Scaffolds and cells for tissue regeneration: different scaffold pore sizes- different cell effects. *Cytotechnology* 2016, 68:355-369.

15. Yang S, Leong KF, Du Z, et al. The design of scaffolds for use in tissue engineering. Part I. Traditional factors. *Tissue Eng.* 2001; 7: 679–689

16. Petrie Aronin CE, Sadik KW, Lay AL, et al. Comparative effects of scaffold pore size, pore volume, and total void volume on cranial bone healing patterns using microsphere-based scaffolds. *J Biomed Mater Res A.* 2009; 89: 632–641. doi: 10.1002/jbm.a.32015.

17. Gauthier O, Bouler JM, Aguado E, et al. Macroporous biphasic calcium phosphate ceramics: influence of macropore diameter and macroporosity percentage on bone ingrowth. *Biomaterials.* 1998; 19: 133–139.

УДК 617.3

Сағидүғұмар А.Н.(18-ДТФ-3п), Темирболатова М.,  
Мякинин А.А,Тұрлыбекұлы А.

## БИОКОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА И БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Человеческая кость, сустав сложны по структуре и химическому составу. Способны функционировать в критических условиях, что является большим вызовом для врачей, а также для ученых, задействованных в разработке конкретных типов имплантатов, которые могут быть использованы в организме человека и служат определенной цели применения: ортопедические, стоматологические, офтальмологические, сердечно-сосудистые, кохлеарные и челюстно-лицевые.

Синовialesные суставы, такие как бедра, колени и плечи состоят из суставного хряща, несущей соединительной муфты ткани, покрывающие кости, участвующие в суставах, и синовиальной жидкости, выделяемой питательной жидкостью в области суставов. Однако эти суставы чаще всего не подвержены дегенеративным и воспалительным заболеваниям, которые приводят к болезни и жесткости суставов. Помимо дегенерации суставного хряща из-за возраста, существуют болезни, такие как остеоартрит (воспаление кости), ревматоидный артрит (воспаление синовиальной мембраны) и хондромалиция (размягчение хряща). Значительная часть (90%) людей старше 40 лет страдают от таких дегенеративных состояний. Структура нормальной кости отчетливо отличается по сравнению с костью, которая поражена остеопорозом, при этом плотность костной клетки существенно ниже для остеопоротической кости по сравнению с нормальной костью. Основными причинами преждевременной дегенерации костной структуры (кости) обусловлено тремя причинами: недостаток свойств биоматериала, чрезмерные условия нагрузки и нарушение восстановительных процессов. Несмотря на то, что выполняются незначительные хирургические процедуры, которые оказывают временную помощь, существует мнение, что окончательным этапом является полная замена дисфункционального сустава (ПЗС). Таким образом, поле артропластики стало популярным в хирургическом мире[1].

Многочисленные биоматериалы используются в качестве заменителей костей. В настоящее время широко используется гидроксиапатит (ГА), так как он является основным минеральным компонентом костной ткани человека. Гидроксиапатит в синтезе с Ag и Zn показал высокие антибактериальные свойства. Использование имплантатов с антибактериальными свойствами исключает использование антибиотиков, применение которых иногда не приводит к желаемому результату в связи микробной резистентности[2], [3].

С древних времен, было известно про антибактериальные свойства многих материалов, но частицы серебра и цинка в данное время находят широкое применение в медицине. Ag и Zn используется для лечения инфекций или ран в различных областях, включая стоматологическую работу, катетеры,

ожоговые раны [4]. Поэтому исследования в данном направлении являются актуальным, и модификация синтетических биоматериалов на основе биоапатита различными добавками, которые, в свою очередь, имели бы антибактериальный и антисептический эффект, для уменьшения риска перетекания асептического воспаления в бактериальное (остеомиелит). Решением данного вопроса может быть включение следовых ионов металлов, таких как цинк, серебро в ГА, которые присутствуют в биологическом костном минерале. Добавление ионов цинка и серебра дает возможность улучшить его биологические характеристики, так как последние исследования [5] показывают его антибактериальные свойства.

Основываясь на вышеизложенном, настоящая работа посвящена синтезу и комплексному исследованию биоадаптивного материала на основе наноструктурированного гидроксиапатита с добавлением ZnO, Ag, бактериальной целлюлозы имеющие свойства близкие к костной ткани.

Композиционный материал был получен смешением в водном растворе гидроксиапатита и добавлением в него ZnCl, AgNO<sub>3</sub>, бактериальная целлюлоза в разных соотношениях таблица 1. Полученный раствор был подвергнут ультразвуковому воздействию около 40 мин. Далее раствор был перемешан в шаровой мельнице в течении 60 мин.

Полученные образцы были исследованы на оптическом микроскопе Olympus VX-51, на рисунке 1 показаны фотографии микроструктуры ГА с добавкой в разных соотношениях ZnCl, AgNO<sub>3</sub>, бактериальной целлюлозы. На рисунках можно видеть металлические включения, что свидетельствует о присутствии частиц серебра и цинка при большем увеличений видны волокнистые структуры бактериальной целлюлозы.

Таблица 1

№	AgNO <sub>3</sub>	ZnCl	Бактериальная целлюлоза
1	1,5%	3,5%	3%
2	2,5%	2,5%	3%
3	3,5%	1,5%	3%

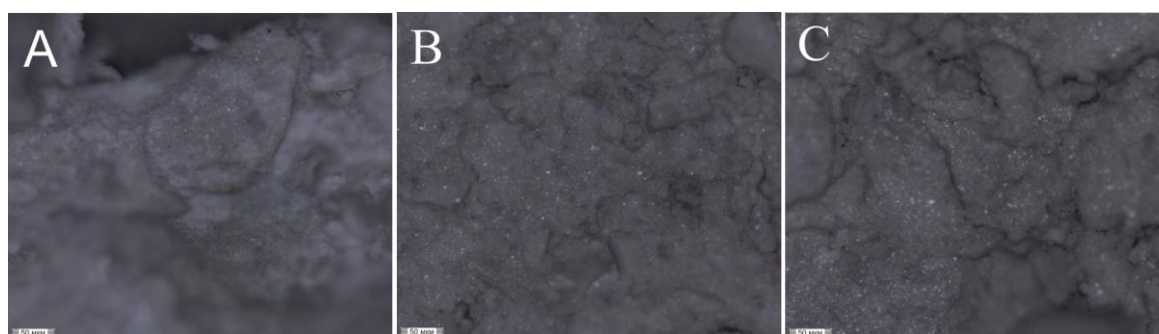


Рисунок 1– Микроструктура биокomпозитов на основе ГА с добавкой ZnCl, AgNO<sub>3</sub>, бактериальной целлюлозы исследованы на оптическом микроскопе Olympus VX-51. А режим-1, В режим-2, С режим-3

Был получен биокompозитный материал на основе ГА с различным содержанием  $ZnCl_2$ ,  $AgNO_3$ , бактериальной целлюлозы. Исследована микроструктура биокompозита полученного в разных режимах. Микроструктура композитов имеет однородную структуру. Частицы равномерно распределены, заметны металлические включения, что свидетельствует о присутствии частиц серебра и цинка рисунок 1.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.Турлыбекұлы “Исследование наноструктурированных апатит-биокompозитных материалов и покрытий” Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD)
2. R. Kumar Saini, L. Prasad Bagri, and A. K. Bajpai, “Nano-silver hydroxyapatite based antibacterial 3D scaffolds of gelatin/alginate/poly (vinyl alcohol) for bone tissue engineering applications,” *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, vol. 177, no. December 2018, pp. 211–218, 2019.
3. A. Turlybekuly et al., “Synthesis, characterization, in vitro biocompatibility and antibacterial properties study of nanocomposite materials based on hydroxyapatite-biphasic ZnO micro- and nanoparticles embedded in Alginate matrix,” *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 104, no. July, p. 109965, 2019.
4. Q. Zhou et al., “Synthesis and characterization of silver nanoparticles-doped hydroxyapatite/alginate microparticles with promising cytocompatibility and antibacterial properties,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 585, no. March 2019, p. 124081, 2020.
5. Varun Saxena, Abshar Hasan and Lalit M. Pandey Effect of Zn/ZnO integration with hydroxyapatite: a review *Materials Technology*, 2017 <https://doi.org/10.1080/10667857.2017.1377972>

УДК 617.3

Темирболатова М., Сағидұғұмар А.Н., Мякинин А.А., Уазырханова Г.К.

## БИОКОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА И АЛЬГИНАТА НАТРИЯ ДОППИРОВАННЫЙ ИОНАМИ СЕРЕБРА

Костная ткань человека является природным нанокompозитным материалом [1,2]. Так, в коллагеновые фибриллы встроены наночастицы ГА, с включениями следовых ионов элементов как: Si, Fe, Zn, Cu, I, Ag, и т.д. каждый из которых выполняет/влияет на физиологические процессы.

Быстровырабатываемый иммунитет бактерий на антибиотики влечет за собой большой риск возникновения инфекционного воспалительного процесса, при манипуляциях с костной тканью. Применение костных наполнителей с essential антибактериальными свойствами является подходящим решением данной проблемы. Множество различных металлов имеют ярковыраженные антимикробные свойства, такие как серебро, цинк, медь и др [3–5].

С древних времен, было известно про антибактериальные свойства многих материалов, но частицы серебра и цинка в данное время находят широкое применение в медицине. Ag и Zn используется для лечения инфекций или ран в различных областях, включая стоматологическую работу, катетеры, ожоговые раны [3]. Поэтому исследования в данном направлении являются актуальным, и модификация синтетических биоматериалов на основе биоапатита различными добавками, которые, в свою очередь, имели бы антибактериальный и антисептический эффект, для уменьшения риска перетикания асептического воспаления в бактериальное (остеомиелит). Решением данного вопроса может быть включение следовых ионов металлов, таких как цинк, серебро и марганец в ГА, которые присутствуют в биологическом костном минерале. Добавление ионов цинка и серебра дает возможность улучшить его биологические характеристики, так как последние исследования [4] показывают его антибактериальные свойства.

На сегодняшний день серебро используется во многих отраслях медицины как антимикробное средство (стоматология, ожоги ран)[6,7]. В работах [8–13] указано, что антибактериальные свойства напрямую зависят от размера частиц, их концентрации и распределения. В работах [14,15], использовались нано/микрочастицы серебра с диаметром порядка 50-500 нм. Несмотря на то, что синтезированные материалы имеют ярко выраженную антимикробную активность, дальнейший метаболизм частиц с подобным размером, является весьма затруднительным. Поэтому, биомиметический подход, когда допирующие компоненты добавляются в следовом количестве, в создании композитных материалов для остеопластики является первостепенным. Проведенные исследования микроструктуры полученных образцов представлены на рисунке 1.

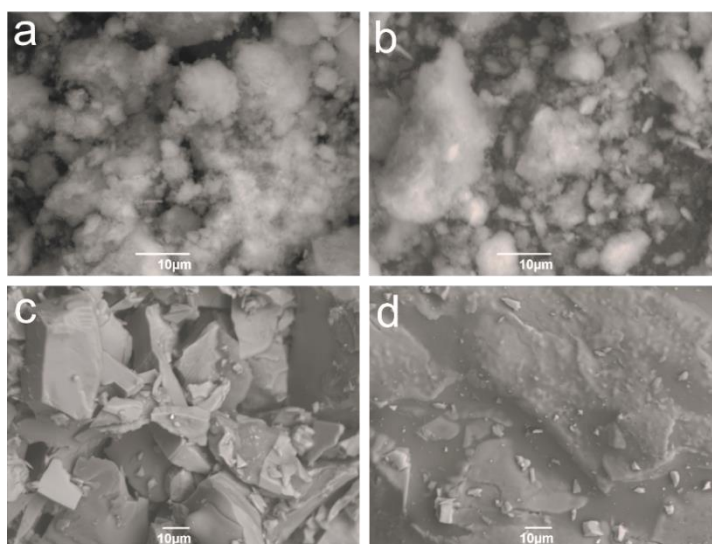


Рисунок 1 - СЭМ-изображение образцов. а – HA-0.27Ag, б – HA-27Ag, в – HA-Alg-0.125Ag, г – HA-Alg-0.25Ag

Результаты показывают, что легирование Ag незначительно влияет на морфологию гидроксиапатита на рисунке 1 а, б. Однако, добавление альгината натрия как матрицы биокompозита, вносит значительные изменения в микроструктуру. Контур частиц выраженный, частицы имеют осколочный характер, что является характерным для подобных биокompозитов с натрий альгинатной матрицей [16–19].

Table 1 – Elemental composition of biocomposite samples, wt. %

Результаты элементного SEM EDS анализа образцов представлены в таблице 1.

	O	P	Ca	Ag	Al	Si	Mn	Fe	Ca/P
HA-0,27 Ag	55,62	14,97	29,40	0,00					1,96
HA-27 Ag	56,99	14,91	28,06	0,05					1,88
HA-Alg-0.125Ag	46,18	14,88	25,73	0,26	2,87	3,04	3,09	3,95	1,73
HA-Alg-0.25 Ag	49,39	15,09	25,92	0	0,77	2,91	2,05	3,87	1,71

Наличие серебра не обнаружено из-за малого количества и концентрации ионов серебра, в не пределах чувствительности прибора. Уменьшение соотношения Ca/P для образцов HA-Alg-xAg, объясняется наличием железа в который входит в состав альгината натрия.

#### Заключение

Получен биокompозитный материал на основе гидроксиапатита и альгината натрия допированного ионами серебра. Изучена микроструктура и элементный состав. Наличие серебра в добавленном количестве не оказывает значительного влияния на микроструктуру основных компонентов, что является положительным.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Eliaz N., Metoki N. Calcium Phosphate Bioceramics: A Review of Their History, Structure, Properties, Coating Technologies and Biomedical Applications // *Materials* (Basel). 2017. Vol. 10, № 4. P. 334.
2. Elliott J.C. Calcium Phosphate Biominerals // *Rev. Mineral. Geochemistry*. 2002. Vol. 48, № 1. P. 427–453.
3. Dorozhkin S. V. Calcium orthophosphate deposits: Preparation, properties and biomedical applications // *Mater. Sci. Eng. C. Elsevier B.V.*, 2015. Vol. 55, № October. P. 272–326.
4. Jain A., Bhargava R., Poddar P. Probing interaction of Gram-positive and Gram-negative bacterial cells with ZnO nanorods // *Mater. Sci. Eng. C*. 2013. Vol. 33, № 3. P. 1247–1253.
5. Samani S. et al. In vitro antibacterial evaluation of sol-gel-derived Zn-, Ag-, and (Zn + Ag)-doped hydroxyapatite coatings against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* // *J. Biomed. Mater. Res. Part A*. 2013. Vol. 101A, № 1. P. 222–230.
6. Porrelli D. et al. Antibacterial-nanocomposite bone filler based on silver nanoparticles and polysaccharides // *J. Tissue Eng. Regen. Med*. 2018. Vol. 12, № 2. P. e747–e759.
7. Kumar Saini R., Prasad Bagri L., Bajpai A.K. Nano-silver hydroxyapatite based antibacterial 3D scaffolds of gelatin/alginate/poly (vinyl alcohol) for bone tissue engineering applications // *Colloids Surfaces B Biointerfaces*. Elsevier, 2019. Vol. 177, № December 2018. P. 211–218.
8. Saxena V., Hasan A., Pandey L.M. Effect of Zn/ZnO integration with hydroxyapatite: a review // *Mater. Technol*. Taylor & Francis, 2018. Vol. 33, № 2. P. 79–92.
9. Sukhodub, L.F. Yanovska, G.O. Sukhodub, L.B. Kuznetsov, V.M. Stanislavov O.S. Nanocomposite Apatite-biopolymer Materials and Coatings for Biomedical Applications // *J. NANO- Electron. Phys*. 2014. Vol. 6, № 2. P. 1–5.
10. Pasquet J. et al. Antimicrobial activity of zinc oxide particles on five microorganisms of the Challenge Tests related to their physicochemical properties // *Int. J. Pharm*. 2014.
11. Shpylenko A. et al. Effect of ion implantation on the physical and mechanical properties of Ti-Si-N multifunctional coatings for biomedical applications // *Mater. Des*. 2016. Vol. 110. P. 821–829.
12. Iqbal B. et al. Ionic liquid as a potential solvent for preparation of collagen-alginate-hydroxyapatite beads as bone filler // *J. Biomater. Sci. Polym. Ed*. Taylor & Francis, 2018. Vol. 29, № 10. P. 1168–1184.
13. Sawai J. Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay // *J. Microbiol. Methods*. 2003. Vol. 54, № 2. P. 177–182.
14. Zhou Q. et al. Synthesis and characterization of silver nanoparticles-doped hydroxyapatite/alginate microparticles with promising cytocompatibility and

- antibacterial properties // *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* Elsevier, 2020. Vol. 585, № March 2019. P. 124081.
15. Venkatasubbu G.D. et al. Hydroxyapatite-Alginate Nanocomposite as Drug Delivery Matrix for Sustained Release of Ciprofloxacin // *J. Biomed. Nanotechnol.* 2011. Vol. 7, № 6. P. 759–767.
  16. Turlybekuly A. et al. Calcium apatite and sodium alginate based composite material with ZnO microparticles doping // *Bull. Univ. Karaganda-Physics.* 2018. Vol. 4, № 92. P. 51–56.
  17. Turlybekuly A. et al. Synthesis, characterization, in vitro biocompatibility and antibacterial properties study of nanocomposite materials based on hydroxyapatite-biphasic ZnO micro- and nanoparticles embedded in Alginate matrix // *Mater. Sci. Eng. C.* 2019. Vol. 104. P. 109965.
  18. Pogrebnyak A. et al. Composite material with nanoscale architecture based on bioapatite, sodium alginate and ZnO microparticles // *Ceram. Int.* 2019. Vol. 45, № 6. P. 7504–7514.
  19. Pogrebnyak A.D. et al. ZnO Doped Nanosized Composite Material Based on Hydroxyapatite and Sodium Alginate Matrix // *Advances in Thin Films, Nanostructured Materials, and Coatings.* 2019. P. 361–368.

УДК 697.1

Черепанов А.В. (19-МТЭ-2П), Сегеда Т.А. (ВКГТУ)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА.

В последние годы в Казахстане наблюдается ежегодный рост стоимости тепловой энергии, а также увеличение потерь на всех стадиях: производство, передача и потребление энергоресурсов. Это обусловлено высоким уровнем изношенности технологического оборудования, тепловых сетей и неудовлетворительным состоянием жилого фонда: почти треть многоквартирных жилых домов в РК старше 50 лет, около 65 % введены в эксплуатацию более 25 лет назад и потери теплоты через ограждающие конструкции этих зданий превышают нормативные.

Также во многих случаях недостаточна эффективность использования теплоты: не удовлетворительный уровень регулировки и низкая гидравлическая устойчивость систем теплоснабжения обуславливают общий перерасход теплоты и теплоносителя при недогреве одних и перегреве других потребителей. Важнейшими задачами специалистов в сфере теплоэнергетики являются разработка и внедрение технических и организационных мероприятий, обеспечивающих максимальную экономичность работы систем теплоснабжения, высокую эффективность и надежность их эксплуатации, поддержание рациональных тепловых и гидравлических режимов, а также обеспечение нормального микроклимата в жилых, общественных и производственных зданиях.

Ежегодно теплоснабжающие организации направляют колоссальные средства на устранение возникших проблем, но глобально ситуация в области теплоэнергетики не улучшается. Как определить насколько рационально расходуются средства потребителей? Действительно ли те мероприятия, на которые направляются средства, устраняют проблему и улучшают ситуацию или являются только формализмом? Чтобы ответить на эти вопросы необходимо оценить насколько эффективно работает система теплоснабжения, выявить наиболее острые проблемы, выработать рекомендации по их решению.

Термин «эффективность» как экономическая категория в разных типах экономических систем выражает качество хозяйствования, свойственное данному типу организации общества [1]. Основной целью управления теплоснабжением является эффективное функционирование отрасли, выражающееся в стабильном предоставлении качественных коммунальных услуг по доступным для населения ценам. Следовательно, применительно к теплоснабжению, эффективность выражается качеством предоставляемых услуг и ценовой доступностью, сложившимися при данном типе организации системы.

В последние годы вопросы эффективности функционирования теплоснабжения стали объектом исследования многих авторов [2-3]. Однако в большей степени тематика научных исследований посвящена экономическим и

техническим проблемам эффективности функционирования системы теплоснабжения. И при этом недостаточно изучены вопросы системной оценки эффективности.

Органам власти для эффективного управления системой теплоснабжения необходимо иметь комплексное видение состояния данной сферы городского хозяйства. Вследствие этого возникает необходимость в разработке комплексной оценки эффективности функционирования системы теплоснабжения.

Существующие на данный момент методы анализа по частным показателям не дают системных оценок. Необходимо совершенствование методов комплексного анализа и разработка новых.

В соответствии с вышеизложенным, вопрос всесторонней оценки эффективности системы теплоснабжения является крайне актуальным. В настоящее время разработаны методики оценки энергетической эффективности тепловых источников, тепловых сетей и потребителей тепловой энергии. Аналогичные методики для систем теплоснабжения в целом отсутствуют. В данном исследовании будет применен прикладной системный анализ, на основе которого будет разработана методика для оценки эффективности системы теплоснабжения.

Прежде чем выявлять проблемы и обсуждать способы их решения, необходимо дать определение самого понятия проблемы. Оно опирается на исходное понятие проблемной ситуации. Проблемная ситуация — это некоторое реальное стечение обстоятельств, положение вещей, которым кто-то недоволен, не удовлетворён и хотел бы изменить.

В отношении системы теплоснабжения проблемной ситуацией является необходимость расходования больших финансовых средств на покупку топлива, на оплату электроэнергии, на персонал, на ремонтно-техническое обслуживание, а также снижение эффективности работы системы теплоснабжения из-за тепловых потерь и загрязнение окружающей среды из-за сжигания топлива при производстве тепловой энергии.

Прикладной системный анализ нацелен на решение конкретной проблемы. Это выражается в том, что с помощью общесистемной методологии он технологически направлен на обнаружение и использование индивидуальных, часто уникальных особенностей данной проблемной ситуации [4].

Переход из состояния проблемной ситуации в состояние желаемой конечной цели - решения проблемы - должен осуществляться системно, упорядоченно, путем последовательного выполнения определенных шагов. При этом каждый этап тоже имеет свою структуру из более мелких шагов, которую следует соблюдать достаточно строго - ее нарушение может отрицательно повлиять на качество результата одного этапа и, вследствие этого, всего процесса в целом. Более того, на каждом этапе существуют опасности совершить ошибку, поэтому необходимо знать о возможности совершения таких неудачных действий и пользоваться приемами для того, чтобы их избежать.

Технология прикладного системного анализа и есть изложение всего этого алгоритма с описанием всех особенностей каждого этапа.

Для разработки методики оценки эффективности функционирования системы теплоснабжения необходимо отобрать ряд показателей, которые наилучшим образом характеризуют каждый из факторов, влияющих на эффективность.

Сущность предлагаемой методики комплексной оценки эффективности функционирования системы теплоснабжения состоит в сравнении фактических показателей оцениваемой системы теплоснабжения с соответствующими показателями системы теплоснабжения эталона, и показателями системы теплоснабжения имеющей худшие значения [4]. Наилучшие и наихудшие значения показателей устанавливаются экспертным путем на основе анализа состояния систем теплоснабжения других городов, регионов, стран. Определяющим критерием для сравнения является нахождение анализируемых систем теплоснабжения в одной географической зоне, т.е. имеющих аналогичные природно-климатические показатели.

Показатели объединяются в группы, то есть сравнение носит многомерный характер. Степень «удаленности» от эталона и «близости» к наихудшему значению определяется путем расчета комплексного показателя, который является функцией сравниваемых величин, аналогичного понятию расстояния между точками в многомерном пространстве.

Необходимость применения метода балльных оценок возникла из-за того, что требуется сопоставить эффективность функционирования нескольких систем теплоснабжения по различным группам показателей. Иными словами, необходимо провести оценку эффективности работы системы теплоснабжения, рассчитав для каждого из них интегральный оценочный показатель, с помощью которого можно будет установить уровень исследуемой величины. Важнейшим условием применения данного метода является соглашение о возможной соизмеримости различных по сути показателей, часто качественно абсолютно несопоставимых. К примеру, в систему оценочных показателей включаются стоимостные (стоимость топлива для производства тепловой энергии, тариф на услуги по теплоснабжению и др.), натуральные (количество топлива для производства теплоэнергии и др.), удельные показатели (удельный расход электроэнергии на единицу вырабатываемой продукции, удельный расход топлива и др.) и другие показатели. В связи с этим сопоставление производится не по абсолютным значениям показателей, а на основе относительных (балльных) оценок. Такой метод позволяет получить единое выражение разномасштабных характеристик многомерного явления с сохранением меры различий, свойственной натуральным значениям показателей.

Метод балльной оценки с учетом коэффициента весомости учитывает значимость и степень влияния показателей каждого уровня на эффективность функционирования системы теплоснабжения в целом. Таким образом, появляется необходимость включения в алгоритм построения комплексной оценки эффективности функционирования системы теплоснабжения следующую последовательность вычислительных процедур:

**Первый этап** оценки - отбор комплекса показателей, характеризующих состояние систем теплоснабжения населенных пунктов.

**Вторым этапом** является выбор эталонных систем теплоснабжения по климатическим показателям.

Климатические условия - это неизменяемые характеристики каждого города, соответственно их влияние на систему теплоснабжения невозможно изменить, и их следует лишь учесть при проектировании и строительстве системы, а равно как и при принятии управленческих решений относящихся к системе теплоснабжения каждого населенного пункта.

**Третьим этапом** будет оценка эффективности частных показателей функционирования системы теплоснабжения.

Метод балльной оценки предусматривает оценку системы теплоснабжения по каждому анализируемому показателю.

Все рассматриваемые показатели получают оценку в баллах по пятибалльной шкале.

Худшее значение показателя - один балл, лучшее значение — пять.

**Четвертым этапом** является средняя балльная оценка эффективности частных показателей функционирования системы теплоснабжения.

На основе результатов этой оценки выполняется средняя балльная оценка для каждой группы показателей.

**Пятый этап** — это расчет коэффициентов весомости для каждой группы показателей.

Каждой группе показателей эффективности присваивается коэффициент весомости, отражающий относительную значимость показателя. Коэффициенты формируются экспертно с учетом влияния каждой группы показателей на достижение эффективности функционирования системы в целом. При формировании коэффициентов весомости сравнивают между собой значимость групп показателей, влияющих на эффективность, используя при этом процедуры ранжирования, оценивания, парного и последовательного сравнения [5].

Установление коэффициентов весомости требует соблюдения следующего условия - сумма коэффициентов весомости всех показателей должна быть равна единице.

**Шестой этап** — интегральная оценка эффективности функционирования системы теплоснабжения.

Приняв во внимание всё вышеизложенное, мы можем утверждать, что предлагаемая система оценки эффективности функционирования позволит определить обобщенный интегральный показатель данной величины, на основании которого можно с достаточной степенью объективности судить о степени эффективности функционирования системы теплоснабжения и о её состоянии. Результаты интегральной оценки совместно с графической иллюстрацией эффективности функционирования предоставляют возможность выявления недостатков функционирования и разработки мероприятий, позволяющих направить усилия органов управления на устранение «проблемных ситуаций» в работе систем теплоснабжения.

Обобщение результатов, которые планируется получить в данной работе, требует дальнейших исследований. Но, безусловно, использование методики комплексной оценки эффективности позволяет по-иному взглянуть на изучаемую проблему и получить количественные закономерности в отношении состояния и развития системы теплоснабжения.

Результаты системной оценки эффективности функционирования системы теплоснабжения и теоретические выводы, полученные на основе оценки, могут быть использованы органами местной власти и организациями, курирующими сферу ЖКХ, при наблюдении и улучшении механизма управления системой теплоснабжения, а также для разработки перспективных схем развития системы теплоснабжения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрипник О.Б. Теоретические подходы к оценке эффективности государственных программ по развитию отрасли (на примере ЖКХ) // Журнал экономической теории. — 2010. — № 1. — С. 57.
2. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения // Энергосбережение. — 2010. — № 2. — С. 46–51.
2. Башмаков И. А., Папушкин В. Н. Муниципальное энергетическое планирование // Энергосбережение. — 2004. — № 3. — С. 5–11.
3. Некрасов А. С., Синяк Ю. В., Воронина С. А., Семикашев В. В. Современное состояние теплоснабжения России // Проблемы прогнозирования. — 2011. — № 1. — С. 30–43.
4. Ф.П. Тарасенко Прикладной системный анализ: учебное пособие // — М. : КНОРУС, 2010. — 224 с.
6. Ю.А. Колыхаева, К.Э. Филюшина. Комплексная оценка эффективности функционирования системы теплоснабжения // Проблемы современной экономики. — 2012. - № 1 (41). — С. 322-325.
5. Живицкая Е.Н. Синтез моделей распределительной логистики на базе системного анализа. Е. Н. Живицкая, О. В. Гуринович, О. И. Швед. — Минск: БГУИР. 2008.

УДК 697.34

Жанабаева К.Г. (19-МТЭ-2п), Миргородский С.И.

## «ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ»

Республика Казахстан относится к странам с высоким уровнем централизации теплоснабжения. Теплоснабжение городских населенных пунктов обеспечивается тепловыми источниками (ТЭЦ, котельными) различной мощности путем транспортировки тепловой энергии по водяным тепловым сетям.

Неэффективное теплоснабжение приводит к огромному перерасходу энергетических, материальных и финансовых ресурсов. В условиях постоянного увеличения цен на энергоносители эффективное использование энергетических ресурсов стало одним из самых актуальных и приоритетных направлений государственной политики, о чем свидетельствует принятый в январе 2012 года "Закон РК об энергосбережении и энергоэффективности".

Эффективность функционирования систем централизованного теплоснабжения во многом зависит от режимов работы тепловых сетей и систем теплопотребления. Поэтому задача оптимизации режимов, проведения наладки и регулирования тепловых и гидравлических режимов в сложных системах крупных городов является весьма актуальной.

Большая изношенность оборудования и трубопроводов на существующих теплоэнергетических системах, интенсивная застройка новых жилых районов в городах и поселках, намечающиеся оживление и структурная перестройка отраслей экономики требуют больших объемов работ по реконструкции и новому строительству тепловых трасс и теплоэнергетических систем. В этой связи исключительную актуальность приобретает проблема оптимизации использования дефицитных инвестиционных и других ресурсов в современных процессах восстановления и развития теплоэнергетики страны в новых экономических условиях.

Одним из направлений энергосбережения в системах централизованного теплоснабжения является совершенствование схем и параметров тепловых сетей, являющихся связующим звеном между источниками и потребителями теплоты, на базе всесторонних исследований режимов их работы для обеспечения принятия научно обоснованных проектных и технологических решений, способствующих экономии тепловой и электрической энергии, минимизации энергетических потерь. Поэтому совершенствование методик выбора новых и повышения эффективности существующих тепловых сетей является актуальной задачей, решение которой позволит повысить качество и надежность работы систем централизованного теплоснабжения в целом, что соответствует одному из стратегических направлений развития Казахстана – модернизации энергетики.



Тепловые сети как составная часть системы централизованного теплоснабжения, оказывают значительное влияние на эффективность работы всей системы теплоснабжения. Тепловые потери в окружающую среду, возникающие при транспорте теплоносителя в теплопроводах, представляют собой важный энергетический и экономический показатель эффективности работы тепловых сетей и являются предметом заинтересованности всех участников взаиморасчетов при выработке, транспорте и потреблении тепловой энергии.

Более трудными по сравнению с разветвленными тепловыми сетями стали и традиционные задачи проектирования новых систем из-за резкого увеличения их масштабов и закольцованной структуры. Большая протяженность и сложный рельеф местности приводят к необходимости установки в сети насосных и дроссельных подстанций для поддержания давлений в трубопроводах в допустимых пределах. Перечисленные задачи не могут быть обоснованно решены ни аналитическими методами, ни методами сравнения вариантов с равномерным распределением потерь давления на трение.

Наиболее типичной становится проблема расширения и развития существующей сети для присоединения новых потребителей тепла. При этом приходится выбирать диаметры труб не только для вновь прокладываемых участков, но и для существующих, подлежащих реконструкции с целью увеличения пропускной способности. Реконструкция каждого из них в свою очередь может быть осуществлена различным образом: заменой существующего диаметра на больший или прокладкой параллельной магистрали. Актуальной также стала задача оптимального выбора параметров сетей с несколькими источниками теплоснабжения.

Математическое моделирование гидравлических режимов сложных тепловых сетей требует применения общих методов расчета потокораспределения в гидравлических цепях. Экстремальное описание потокораспределения имеет несомненное теоретическое и методическое значение. Наиболее интересным в этом плане является интерпретация задачи потокораспределения как нелинейной сетевой транспортной задачи. Проблема оптимизации параметров различных схем городского теплоснабжения в случае применения новых материалов, оборудования, технических предложений и схем, выбора способа теплоснабжения потребителей: централизованного и децентрализованного требует научного обоснования и технико-экономических расчетов на основе системного подхода.

Кроме того, анализ существующих подходов и методов исследования систем централизованного теплоснабжения и ее элементов, показал, что отсутствуют показатели энергетической эффективности систем нейтрального теплоснабжения как единого комплекса. Причиной этого является то обстоятельство, что при определении к.п.д. системы неизвестно с

чем производить сравнение, какое значение к.п.д. принимать за достижимый максимум. Поэтому оценка энергетической эффективности системы теплоснабжения в целом имеет лишь информативный характер, не позволяя с его помощью найти пути повышения эффективности системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 6-е изд., перераб. – М.: МЭИ, 1999 г.
2. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. М.: Новости теплоснабжения, 2008. - 448 с.
3. Горских А.А. Мониторинг надежности тепловых сетей. Дис.канд. техн. наук. Воронеж, 2011. 126 с.
4. Плавич А.Ю. Оценка и обеспечение уровня надежности водяных тепловых сетей. Дис.канд. техн. наук. Калининград, 2003. 198 с.

УДК 62-536.66

Султанова А.Ж.(18-МТЭ-2п), Прохоренкова Н.В.(ВКГТУ им.Д. Серикбаева)

## МЕРОПРИЯТИЕ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ: УСТАНОВКА ПРИБОРОВ УЧЕТА ПАРА

На сегодняшний день повышение энергоэффективности является одним из приоритетных направлений экономической политики многих частных компаний и государственных учреждений, которые ориентированы на динамическое развитие в соответствии с общей направленностью государственных программ, нацеленных на снижение энергоемкости экономики страны.

Согласно статья 3. Основные направления государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергоэффективности Закона РК «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» с изменениями и дополнениями от «24» мая 2018 г.: Основными направлениями государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергоэффективности являются:

- 1) осуществление технического регулирования в области энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- 2) осуществление сбалансированной тарифной политики и ценообразования в области производства и потребления энергетических ресурсов;
- 3) стимулирование энергосбережения и повышения энергоэффективности, включая использование энергосберегающих оборудования и материалов;
- 4) осуществление государственного контроля за эффективным использованием энергетических ресурсов;
- 5) пропаганда экономических, экологических и социальных преимуществ эффективного использования энергетических ресурсов, повышение общественного образовательного уровня в этой области;
- 6) обеспечение соблюдения законодательства Республики Казахстан об энергосбережении и повышении энергоэффективности.[1]

Энергоэффективность — эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов. Использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий или технологических процессов на производстве. Достижение экономически оправданной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды.[2]

Цель моей работы - повысить энергосберегающий потенциал котельной при помощи установки приборов учета пара.

Для проведения мероприятия по повышению энергоэффективности предприятия проводят энергоаудит и визуальный осмотр производства.

Энергоаудит или энергетическое обследование предприятий и организаций предполагает оценку всех аспектов деятельности предприятия, которые

связаны с затратами на топливо, энергию различных видов, воду и некоторые энергоносители.[3]

В результате визуального осмотра тепловых сетей, было выявлено отсутствие приборов учета тепловой энергии в паре.

Узел учета тепловой энергии - комплекс приборов и устройств, обеспечивающих учет тепловой энергии, массы (объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров. Конструктивно узел учета представляет собой набор "модулей", которые врезаются в трубопроводы. В узел учета тепла входят: вычислитель, преобразователи расхода, температуры, давления, приборы индикации температуры и давления, а также запорная арматура. При установке приборов учета потребители тепловой энергии постоянно могут наблюдать за потреблением ресурса, тем самым узнавать: сколько они потребили и на сколько могут сократить потребление тепловой энергии.

Согласно Правилам учета отпуска тепловой энергии, пункту 2. Порядок учета отпуска тепловой энергии и теплоносителя, параграфа 2. Порядок учета тепловой энергии и теплоносителя, отпущенных в паровые системы теплоснабжения, подпункту 17. Узлы учета тепловой энергии пара источников теплоты оборудуются на каждом из его выводов: Приборы учета тепловой энергии рекомендуется устанавливать на границе балансовой принадлежности тепловых сетей, установленной согласно акта разграничения балансовой принадлежности.[4]

Потенциал энергосбережения составляет 724,8 Гкал/год.

В качестве энергосберегающего мероприятия предлагается установка приборов учета тепловой энергии в паре на паропроводе идущий на промышленную площадку Иртышского рудника. Приборы учета способны выполнять следующие функции: измерение, накопление, хранение, отображение информации о количестве тепловой энергии, массе (объеме) теплоносителя, температуре, давлении теплоносителя во время работы приборов.

Прибор учета тепловой энергии (теплосчетчик) состоит из двух основных функционально самостоятельных частей: тепловычислителя и датчиков (расхода, температуры и давления теплоносителя). Тепловычислитель представляет из себя микропроцессорное устройство, предназначенное для обработки сигналов от датчиков, преобразования их в цифровую форму, вычисления количества тепловой энергии в соответствии с принятым алгоритмом, индикации и хранения в энергонезависимой памяти прибора параметров теплопотребления.

Для установки на здание флотации и корпуса фильтрации и сушки были выбраны расходомеры-счетчики пара ИРВИС-РС4-Пар. Процесс измерения значений температур и давлений осуществляется в течение миллисекунд. Если измерения температур и давлений происходит в нормируемом диапазоне значений (от 0 до 150°C; от 0 до 2,5 МПа), то прибор отслеживает эти значения.

Основными достоинствами расходомеров-счетчиков пара ИРВИС-РС4-Пар являются: высокая точность измерения; широкий диапазон измерений;

стабильность метрологических характеристик; возможность работы на нестационарных потоках; нечувствительность к гидравлическим ударам; стойкость к загрязнениям; простота монтажа; простота и удобства в эксплуатации; отсутствие подвижных частей, подверженных износу.[5]

В составе теплосчетчиков используются электромагнитные расходомеры «Взлет ЭМ» на малые диапазоны трубопроводов. Проблемы, связанные с резким перепадом значений температур и давлений теплоносителя, присущи только ультразвуковым расходомерам на малые диаметры (до Ду – 100 мм).

Приборы учета ИРВИС-РС4-Пар состоят в реестре Республики Казахстан, следовательно поверку приборов можно проводить силами АТКС.

На рисунке 1 представлен вихревой расходомер-счетчик пара ИРВИС-РС4-Пар.



Рисунок 1 - Вихревой расходомер-счетчик пара типа ИРВИС-РС4-Пар.

Приборы учета тепловой энергии рекомендуется устанавливать на границе балансовой принадлежности тепловых сетей, максимально приближенных к головным задвижкам источников теплоты. Паровые сети проложены надземным способом, что обеспечивает возможность установки приборов учета.

Примем экономию от реализации мероприятия равной 3% от потребления тепловой энергии.

Исходные данные и результаты расчета потенциала энергосбережения приведены в таблице 1

Таблица 1 – Расчет потенциала энергосбережения

Отпуск тепловой энергии в виде пара за 2014 год, Гкал	Экономия тепловой энергии, %	Экономия тепловой энергии, Гкал
24 160,7	3	724,8

Экономический эффект в результате реализации мероприятия при стоимости тепловой энергии 2948,85 тг./Гкал составит 2137,38 тыс. тг./год.

Инвестиции на реализацию мероприятия составляют 3964,194 тыс. тенге. Основные финансовые показатели указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет потенциала энергосбережения

Период	IRR, %	NPV, тыс. тенге
5 лет	32,6%	4 345
10 лет	39,8%	9 987
15 лет	40,5%	13 547
Простой срок окупаемости	лет	1,87
Дисконтированный срок окупаемости	лет	2,23

Дисконтированный срок окупаемости мероприятия составляет 2,23 года.

Срок эксплуатации теплосчетчиков составляет 12 лет.

Таким образом мероприятие, полагаемое нами по повышению энергоэффективности котельной- это установка приборов учета пара ИРВИС-РС4-Пар, которые позволяют нам осуществлять контроль потребления тепловой энергии пара отдельными потребителями, рассчитывать фактическую экономию от реализации энергосберегающих мероприятий.

Экономия тепловой энергии составит 770,4693 Гкал/год.

Экономический эффект в результате реализации мероприятия по установке приборов учета тепловой энергии пара на каждого потребителя при стоимости тепловой энергии 2948,85тг./Гкал составит 2137,38 тыс. тг./год.

Дисконтированный срок окупаемости мероприятия по установке теплосчетчиков составляет 2,23 года, а срок эксплуатации расходомеров-счетчиков пара (приборов учета тепловой энергии пара) ИРВИС-РС4-Пар составляет не менее 12 лет.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Республики Казахстан об энергосбережении и повышении энергоэффективности-URL  
[https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31112351#pos=98;-49](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31112351#pos=98;-49)
2. Энергоэффективность-URL  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергоэффективность>
3. Энергоаудит-URL  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B0%D1%83%D0%B4%D0%B8%D1%82>
4. Правила учета отпуска тепловой энергии и теплоносителя-URL  
<https://egov.kz/cms/ru/law/list/P1300000869>
5. ИРВИС-РС4-Пар-URL  
<http://www.gorgaz.ru/products/ir-rc4/>

УДК 621.311

Тарлыков К.В. (18-МЭЛ-2п), Прохоренкова Н.В.(ВКГТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА

**Аннотация** — В условиях жесткой конкуренции на мировом рынке металлургической промышленности актуальны задачи снижения расхода электроэнергии на тонну продукции, сокращения времени расплава, повышения качества продукции, сокращения экологической нагрузки и приведения показателей качества электроэнергии к нормируемым величинам. Все это требует внедрения академических достижений и новых активно-адаптивных элементов в электрические сети предприятий.

Результаты данной работы базируются на анализе технологических процессов электролиза, а также результатах замеров опытно-промышленных установок. Предложены методы повышения КПД электролизных установок (кВт·ч/кг) путем охлаждения анодов и дополнительно некоторые мероприятия по монтажу и эксплуатации.

**Ключевые слова** — *металлургия, экономика предприятия, электролиз, энергосбережение.*

### I. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время тема технологий энергосбережения рассматривается на уровне международной и государственной политики. Постоянно обсуждаются вопросы об ограниченности природных ресурсов, изменениях в климате и прочих проблемах. Постоянное повышение цен и тарифов на энергоресурсы прямым образом отражается в производственном процессе каждого предприятия. Решение данной проблемы видится в одном – необходимость экономить энергию.

Энергосбережение подразумевает выполнение различных мер для привлечения возобновляемых источников энергии, снова в производственный процесс. Все мероприятия, направленные на энергосбережение, носят организационный, правовой, научный, экономический и технический характер. Говоря об энергосбережении мы также подразумеваем, сохранение природных ресурсов, что на сегодняшний день является более чем актуальной проблемой. На сегодняшний день энергосбережение является основным стимулом в развитии экономики рынков потребительских услуг и материалов.

Актуальной является задача создания электротермических агрегатов, решающих проблему уменьшения затрат электрической энергии на производство продукции, в связи нехваткой мировых запасов, при этом с улучшенными техническими и экологическими характеристиками, за счет полного использования запасенной в компонентах энергии, с полезным извлечением до 98%. Но совместное решение противоречивых задач делает их реализацию крайне сложной.

Анализ себестоимости продукции в металлургии, производимой с помощью процессов электролиза показывает, что из основных ее составляющих могут быть существенно уменьшены не все параметры, а только расход электрической энергии потребляемой на килограмм выпускаемой продукции и экономическая стоимость самой электролизной установки.

Расход электрической энергии постоянного тока на электролизе пропорционален напряжению между электродами установки и обратно пропорционален выходу продукции по току. Поэтому основным направлением исследовательских работ определяется создание высокопроизводительной электролизной установки с увеличенным сроком службы, со снижением расхода материалов при изготовлении, которая будет работать с высоким выходом продукции по току.

## II. СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК

При испытании различных систем охлаждения анодов предпочтительным выглядит водяное охлаждение. В пользу водяного охлаждения служит опыт зарубежных металлургических заводов, эксплуатирующих высокопроизводительные электролизеры с применением только водяного охлаждения, как более управляемого, эффективного и надежного. К тому же необходимостью ухода от устаревших видов охлаждения служат перебои в снабжении и качестве химической чистой водой. Как показано в таблице 1:

Таблица 1

Сравнение показателей электролизеров с испарительным охлаждением (СИО) и водяным охлаждением (СВО) на основе расчетов.

<i>№</i>	<i>Показатели</i>	<i>Ед.измерения</i>	<i>СИО</i>	<i>СВО</i>
1	Средняя сила тока	кА	190	226
2	Производительность электролизеров	кг/сут	1621	2012
3	Выход по току	%	76,8	82,4
4	Напряжение на шунте	В	4,85	5,64
5	Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/кг	0,32	0,39

Анализ работы электролизеров, оборудованных системой как испарительного, так и водяного охлаждения показал, что электролизеры имели сравнительно короткий пуско-наладочный период полторы-две недели. При водяном охлаждении отмечается более высокий выход по току. Производительность электролизеров с водяным охлаждением превышала производительность электролизеров с испарительным охлаждением более чем на 450 кг/сут. Как указано в таблице 2:



Таблица 2

Сравнение технологических показателей электролизеров с испарительным охлаждением (СИО) и водяным охлаждением (СВО) в режиме работы

№	Показатели	Через месяц после пуска		Через 3 месяца после пуска		Через 6 месяцев после пуска	
		СИО	СВО	СИО	СВО	СИО	СВО
	Вид охлаждения						
1	Сила тока, кА	197	231	194	233	192	232
2	Выход по току, %	75,3	78,1	74,9	85,4	78,2	83,7
3	Напряжение на шунте, В	4,91	5,55	4,87	5,6	4,88	5,9
4	Производительность, кг/сут	1565	1901	1537	2108	1569	2049
5	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг	147	115	140	103	140	96

При водяном охлаждении, в сравнении с испарительным получен прирост на 19% силы тока, в результате чего повысилась на 13% плотность тока на электродах. Однако при этом удельный расход электроэнергии, работавшими ранее на испарительном охлаждении анодов, повысился в среднем на 1,1 кВт·ч/кг выпускаемого сырья. В связи с переводом электролизеров в систему водяного охлаждения был выполнен большой объем работ по усилению питающей ошиновки и создание системы АСУТП, для контроля основных параметров и более качественного контроля технологического процесса.

За период первой кампании испытания электролизеров, оборудованных системой водяного охлаждения получены в среднем следующие основные технологические показатели:

- срок службы 40-45 месяцев
- напряжение на шунте 5,55-5,59 В
- удельный расход электроэнергии 15,1-15,4 кВт·ч/кг сырья
- выход по току 82-83%

Значительное повышение силы тока на электролизерах с водяной системой охлаждения привело не только к повышению производительности, но и к усилению циркуляции электролита, что послужило одной из причин разрушения футеровки. Выходящая из рабочей зоны с большой скоростью струя ударялась о переднюю стенку, размывает в ней кладочные швы и другие конструктивные элементы. Примерно через 12-18 месяцев эксплуатации возникает необходимость в проведении горячего ремонта передней стенки с заменой в ней нескольких рядов кладки в зоне колебания уровня электролита.

Учитывая значительное повышение силы и плотности тока контакт "медь-графит" начинает греться, что приводит к постепенному окислению меди и выгоранию графита. Периодически проводимые замеры показывают, что

перепад напряжения в контакте "медь-графит" постепенно увеличивается от исходной величины от 15-20 мВ до 430-480 мВ. Для снижения электросопротивления переходного контакта необходим надежный прижим медной шины к графиту с применением прижимных шпилек, не поддающихся термической деформации.

Расход электроэнергии на электролизере зависит от многих факторов:

- от выхода по току;
- от состояния анодов и катодов;
- межэлектродного расстояния;
- от температурного режима.

От состояния прижимного контакта между алюминиевой шиной отвода от магистрального шинпровода и шиной отвода от анодного блока, так же влияет на экономичность протекающего процесса. В обычных случаях перепад напряжения в данном контакте сравнительно невелик и составляет обычно 4-10 мВ. Исключением являются контакты у часто отключаемых анодов, как при пуске электролизеров, так и при их эксплуатации. Прижимные контактные шайбы, изготовленные из обычной стали, обладая большой массой сильно подвержены магнитному влиянию от ошиновки электролизера. При установке их на контактную поверхность алюминиевых шин они притягиваются к верхушке шин, не позволяя установить их в необходимое, нужное положение.

Некачественный прижим повышает перепад напряжения в контакте «алюминий-алюминий» до 45-65 мВ, а иногда и до 70-80 мВ. Для исключения этого и обеспечения более качественного контакта с малым перепадом напряжения в контакте шин необходимо некоторое количество прижимных шайб изготавливать из нержавеющей стали, не подверженной электромагнитному воздействию с использованием их только для часто отключаемых анодов.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С 1940-х годов в мировой практике производства металлических расплавов и их производных сложилась определенная традиция, в соответствии с которой для их производства применяется электротермический метод и, кроме того, для получения каждого сплава предназначена печь специальной конструкции. Не смотря на то, что классический подход значительно сужает возможность использования одной и той же электропечи для выплавки различных сплавов применение печей новых конструкций в настоящее время технико-экономически не обоснованно.

Тем не менее, варианты по улучшению технико-экономических показателей есть. Так расчеты автора, в ходе реализации ряда мероприятий по совершенствованию конструкций уже существующих установок, показывают, что производительность отдельных эксплуатируемых электролизеров можно

увеличить на некоторое числовое значение и в добавок получить толчков в направлении энергосбережения и энергоэффективности. Объем выплавляемых ими сплавов увеличивается за счет хорошей системы охлаждения, что позволяет лучше контролировать процессы протекающие при электролизе расплава, а так же более качественно отводить тепло.

На основании изложенного видно, что использование водяной системы охлаждения в работе электролизных установок является перспективным направлением решения поставленной задачи по сокращению показателя - кВтч/т.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Tangstad, Merete. Developments in manganese ferroalloy research and production in the last 25 years/ Tangstad Merete, Tronstad Ragnar //Extraction and Processing Division Symposium on Pyrometallurgy in Honor of David G.C. Robertson, held at the 143rd TMS Annual Meeting & Exhibition. San Diego, CA. FEB. 16-20, 2014. – P. 121-128.

[2] Арещенко, О.А. Вакуумная плазменная электротехнология для обработки порошковых материалов / О. А. Арещенко // Наука.– №4. – 2007. – С. 7.

[3] Безруков И.А. Полупроводниковые источники питания для электротермических установок / И.А. Безруков, М.П. Гусев, А.П. Кузнецов, А.И. Алиферов, С.Н. Малышев// Силовая Интеллектуальная Электроника. – №3 (5). – 2006. – С. 33-34.

[4] Безруков, И.А. Новые разработки НПП «ЭПОС» / И.А. Безруков, А.Г. Помещиков //Электрометаллургия. – №7. – 2008. – С. 46.

[5] Баймаков Ю.В. Электролиз в металлургии. т.3., «Металлургия», 1964

УДК 621.3

Темірхан Н.А. (18-МТЭК-2п), Масей С.К. (18-ЭЛК-2), Айгожанов Т.М. (19-МЭЛК-2п), Уазырханова Г.К. (ВКГТУ, доктор PhD)

## АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Неравномерность режима потребления энергии приводит к тому, что мощность энергоустановок наиболее полно используется лишь в момент максимума нагрузки. Неполное использование мощности энергосистемы может быть вызвано также:

- недостаточной зарегулированностью ресурса на гидроэлектростанциях;
- отсутствием маневренности регулирования мощности атомных электростанций;
- неравномерностью выдаваемой мощности солнечных и ветровых электростанций из-за суточных и сезонных колебаний интенсивности солнечной радиации и скорости ветра;
- другими факторами.

Повышение использования мощности системы и создание резервов энергии являются важнейшими проблемами проектирования и эксплуатации энергосистем [1, 2, 3, 4].

Значение аккумулирования возрастает при эксплуатации энергоустановок на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – энергии солнца, ветра и т. д.

Энергетические установки на основе ВИЭ должны обеспечивать непрерывную выработку энергии при изменяющейся интенсивности ее генерации. Это может быть осуществлено за счет включения в энергосистему аккумулирующих установок. Такое включение повышает надежность и стабильность энергоснабжения потребителей, дает возможность регулирования режима работы энергетических установок без жесткой зависимости от режима потребления энергии путем срезания пиков потребления разрядом аккумулятора и заполнения провалов потребления зарядом аккумулятора.

Разработка накопителей электрической энергии для регулирования графиков генерирования и потребления электроэнергии в сетевой и децентрализованной энергетике является актуальной научно-технической проблемой. Аккумуляторы энергии также необходимы для создания систем аварийного, резервного и бесперебойного электропитания потребителей.

Ключевая роль аккумуляторов энергии в энергоустановках, работающих на возобновляемых источниках энергии, определяется существенной нестабильностью генерации. Включение в систему аккумуляторов позволяет упростить технические проблемы подключения энергоустановок на ВИЭ к электрическим сетям, а также улучшить их технико-экономические показатели при обеспечении гарантированного энергоснабжения автономных потребителей.

Существуют различные виды аккумуляторов энергии.

К наиболее интересным и применяемым аккумулирующим установкам относятся [3, 6]:

- аккумуляторы тепла (холода) – в которых энергия сохраняется в виде тепла (холода) за счет теплоемкости, тепло фазовых переходов или эндотермических (экзотермических) реакций;
- аккумуляторы электрохимической энергии – в которых электроэнергия сохраняется и отдается в результате химических реакций;
- механические аккумуляторы – в которых энергия сохраняется в виде потенциальной и кинетической энергии физических тел;
- электрические аккумуляторы – в которых энергия сохраняется в виде электрической или электромагнитной энергии.

Среди широкого спектра технологий аккумулирования энергии для энергетики наибольший интерес представляют следующие технологии.

Принципы теплового аккумулирования и используемые теплоаккумулирующие материалы.

Одним из возможных мероприятий, которое позволяет в различных областях народного хозяйства более эффективно использовать тепловую энергию, является аккумулирование тепла посредством применения разных теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) и аккумуляторов тепла (АТ) различных конструкций.

Классификация теплоаккумулирующих материалов. Важнейшими характеристиками системы теплового аккумулирования энергии являются [1]:

- емкость на единицу объема или веса;
- рабочий интервал температур, т. е. температуры теплоносителя на входе и выходе из системы;
- способы подачи и отбора тепла и соответствующие перепады температур;
- температурная стратификация в аккумуляторе;
- мощность, требуемая для подвода и отвода тепла;
- объемы контейнеров, баков или других конструктивных элементов, связанных с системой аккумулирования;
- средства регулирования тепловых потерь аккумулятора;
- стоимость изготовления и эксплуатации.

Создание аккумуляторов тепла зависит от уровня температур, масштаба установки и длительности аккумулирования тепла.

Фазопереходные теплоаккумулирующие материалы

АТ с фазопереходными теплоаккумулирующими материалами (ФТАМ) основаны на том, что при зарядке аккумулятора теплота затрачивается на какой-либо фазовый переход (чаще всего на плавление) рабочего вещества. При отборе теплоты от аккумулятора рабочее вещество опять затвердевает. Такие аккумуляторы имеют два преимущества. Во-первых, они характеризуются большими значениями удельной энергии, чем теплоемкостные аккумуляторы переменной температуры [5]. Во-вторых, разность температур теплоносителя, передающего энергию потребителю, и источника теплоты, заряжающего аккумулятор, определяется здесь только желаемой интенсивностью

теплопередачи, тогда как в емкостных она в большинстве случаев включает еще само изменение температуры рабочего вещества аккумулятора. Недостатком аккумуляторов с фазовыми переходами является то, что для каждой задаваемой температуры в них надо использовать новое рабочее вещество, ибо температура плавления любого вещества представляет собой вполне определенное значение.

Обеспечение аккумулирования энергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии, является одной из важнейших проблем энергетики, для решения которой необходимы разработка соответствующих материалов, методов и создание экономичных и эффективных устройств.

Наиболее энергоемкими тепловыми аккумуляторами являются аккумуляторы с фазовыми переходами первого рода. Внедрение новых энергоемких материалов повысит надежность и стабильность энергоснабжения потребителей от ВИЭ. Разработка таких аккумуляторов является одной из основных задач настоящей диссертации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Даффи Дж., Бекман У. Основы солнечной теплоэнергетики: Пер с англ. О. С. Попеля, С. Е. Фрида, Г. А. Гухмана и др: учебно-справочное руководство //Под ред. Попеля О. С. -Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2013. -888 с.

2 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебн. пос. / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. -М.: КНОРУС, 2010. -232 с.

3 Попель О. С., Фортов В. Е. Энергетика в современном мире: Научное издание.-Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2011. -168 с.

4 Соренсен Б. Преобразование, передача и аккумулирование энергии: Учебно-справочное руководство. -Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2011. -296 с.

5 Бабаев Б. Д. Патент 2384735, РФ, МПК F03 G6/02, F03 G7/00. Тепловой двигатель / Б. Д. Бабаев (РФ). - №2009107653/06; Заяв.03.03.09; Опубл. 20.03.10, Бюл. № 8..

6 Бабаев Б. Д., Данилин В. Н. Энергоаккумулирующие установки. Учебн. пос. -Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2002.-199 с.

8 Алферов Ж.И. Перспективы фотоэлектрического метода преобразования солнечной энергии// АН СССР. –М.: –1981. –С. 7 – 70.

9 Алхасов А. Б. Возобновляемая энергетика. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. –256 с.

УДК 53.01

Тешебай А.Ә. (17-ТФК-1), Нуркенова Б.Д. (ШҚМТУ аға оқытушысы)

## ЖАНҒЫШ ЖӘНЕ МАЙЛАУ МАТЕРИАЛДАРЫНДАҒЫ МЕТАЛЛ МИКРОҚОСПАЛАРЫН ДИАГНОСТИКАЛАУ ӘДІСТЕРІ

Бұл тарауда майларды талдау үшін қолданылатын негізгі физикалық әдістер белгіленген:

- спектрлік-феррографиялық әдіс;
- феррографиялық әдіс;
- оптикалық әдіс;
- кондуктометриялық әдіс;
- рентгенофлуоресцентті әдіс

Барлық қарастырылған әдістер қолданылған майды диагностикалау үшін қолданылады, осылайша түйіннің ағымдағы жағдайын талдауға болады, алайда олардың артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Төменде өлшеу әдістері, құрылғылар мен аспаптар, сондай-ақ осы әдістермен алынған нәтижелер егжей-тегжейлі сипатталған.

Спектрлік-феррографиялық және феррографиялық талдау кезінде біз майдағы бөлшектердің сапалық және сандық құрамын, сондай-ақ олардың мөлшерін анықтай аламыз. Бірақ СФА-да борттық және зертханалық трибодиагностика бөлінеді. Борттық трибодиагностика зертханамен салыстырған-да тез талдау әдісі болып табылады, бірақ дұрыс нәтиже бермейді. Сонымен қатар борттық трибодиагностикада қолданылатын майдағы жаңқа сигнализаторларының, сүзгілердің-сигнализаторларының және магниттік тығындар-дың, олардың жеткіліксіз сезімталдығы мен ақпараттылығына байланысты жалған іске қосылулар мен ақаулықтардың өткізілуіне үлкен сан тән, бұл қауіпсіздіктің төмендеуіне және үлкен материалдық шығындарға алып келеді. Зертханалық трибодиагностика мұндай экспрессияға ие емес, және талдау жүргізу үшін торап немесе толық агрегатты, бірақ уақытша өндірістік үдерістен шығару талап етіледі, бұл да үлкен материалдық шығындарға әкеледі. Сондай-ақ, Сфа-да бөлшектердің магниттік өріспен өзара әрекеттесуі сияқты сипаттамасы қолданылады. Бірақ металдар әртүрлі өзара әрекеттеседі, немесе магнит өрісімен өзара әрекеттеспейді. Және бұл да талдау сапасына әсер етеді.

Оптикалық әдіс майлау материалдарындағы элементтердің сапалы құрамын бере алмайды, бірақ осы әдістің көмегімен ЖЖМ тазалық класын анықтайтын майдағы металл бөлшектердің санын анықтай аламыз. Сондай-ақ, осы әдісті пайдалана отырып, біз бөлшектердің кейбір сипаттамаларын анықтай аламыз: пішіні мен өлшемі, жарық ағыны арқылы бөлшектердің қозғалыс жылдамдығы (егер май ағынын талдау қолданылса).

Рентгенофлуоресцентті талдау жұмыс материалындағы металдардың жаппай құрамын анықтауға мүмкіндік береді. Яғни, РФА көмегімен майда металл бөлшектерінің сапалық құрамын анықтауға болады, бірақ бөлшектер-дің нақты

саны мен сипаттамаларын (пішіні, өлшемі және т.б.) осы әдіспен анықтауға болмайды.

### *Спектрлік-феррографиялық талдау әдісі*

Отандық және шетелдік тәжірибе газтурбиналық қозғалтқыштардың істен шығуының жалпы санының 25-тен 50% - ға дейін жағылатын үйкеліс тораптарына келетіндігін көрсетеді. Бұл жағдай үйкеліс түйіндерін диагностикалаудың жалпы жүйесінде майдағы тозу өнімдері (бұдан әрі-трибодиагностика) бойынша диагностика атқаратын маңызды рөлге негізделеді.

Трибодиагностика борттық және зертханалық болып бөлінеді.

Борттық трибодиагностика үйкеліс түйіндерінің ақаулары туралы оның пайда болғанға дейінгі аз уақыт ішінде ескерту үшін қажет. Қазіргі уақытта осы мақсат үшін майда жаңқа сигнализаторлары, сүзгі-сигнализаторлар және магнитті тығындар қолданылады. Алайда, олардың сезімталдығы мен ақпараттылығы жеткіліксіз болғандықтан, бұл құрылғылар үшін жалған іске қосылу мен ақауларды өткізу көп саны тән, бұл қауіпсіздіктің төмендеуіне және үлкен материалдық шығындарға әкеледі.

Зертханалық диагностика ақауларды ұзақ мерзімді болжауға және олардың орналасқан жерін анықтауға арналған.

Соңғы уақытқа дейін бұл мақсат үшін Ресейде негізінен майдағы металдардың концентрациясын анықтайтын спектралдық талдау қолданылды.

Алайда, тәжірибе көрсеткендей, тек спектрлік талдау нәтижелері үйкеліс тораптарының техникалық жай-күйін дұрыс бағалау үшін жеткіліксіз.

Үйкеліс тораптарының техникалық жай-күйін бағалау өлшемдері ретінде бөлшектердің нысаны, олардың бетінің жай-күйі, бөлшектердің өлшемдерінің бөлінуі, жеке бөлшектердің материалы, майдың деструкциясының бөг-де қоспалары мен өнімдерінің болуы сияқты тозу өнімдерінің басқа да сипаттамалары болуы мүмкін. Осы параметрлердің жиынтығы тозу түрін сәйкестендіруге, мүмкін істен шығу орнын анықтауға және пайда болған ақаудың қауіптілік дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді.

Мысалы, задир бөлшектеріне қозғалыс бағытында бороздтар тән.

Үйкеліс бетінде шаршаған микротрек пайда болған жағдайда майда тербеліс кезінде сфералық бөлшектер пайда болады.

Шаршаудың өсуі кезінде үлпек тәрізді бөлшектер пайда болады. Әдетте олардың бетінде көптеген микрожаралар бар.

Коррозиялық тозу кезінде май сынамасында мөлшері 2 мкм-ге дейінгі көптеген бөлшектер пайда болады.

Микрорезан кезінде жоңқалар түрінде бөлшектер пайда болады.

Жоғарыда келтірілген тозу бөлшектерінің параметрлері феррографиялық талдаумен бақылануы мүмкін.

Майдың феррографиялық талдауы кейіннен микроскоппен талдай отырып, шыны пластина бетіндегі магнит өрісінде майдың сынамасынан тозу



бөлшектерін тұндыру болып табылады. Магнит өрісінің градиенті шамамен 2000 Эрстед 1 мм кезінде пластина бетінде ферромагнетиктерді, парамагнетиктерді және диамагнетиктерді қоса алғанда, майдағы барлық бөлшектер іс жүзінде шөгеді, әрі соңғылары ферромагнетиктердің микроскопиялық қосылыстары болады. Бірдей магнитті қасиеттері бар бөлшектерден мөлшерге сәйкес алдымен үлкенірек, содан кейін ұсақ бөлшектер пластинаға тұнады. Бұл магнитті күштер бөлшектің орташа сызықтық өлшемінің текшесіне, ал майдың сынған кедергісі - оның квадратына пропорционалды.

Бірдей өлшемді бөлшектер, бірақ әртүрлі магниттік қасиеттері бар, олардың магниттік сезімталдығына сәйкес тұнады.

Зерттеу нәтижелері спектральды-феррографиялық талдауды қолдану арқылы қозғалтқыш бөлшектерінің атқарымдан тозу қарқындылығын бағалау, қозғалтқышта тозу орнын және осы тозудың ең маңыздысы, бұл әдіс қозғалтқыштың техникалық жай-күйін диагностикалау кезінде ғана емес, сонымен қатар присадкалар мен триботехникалық құрамдарды зерттеу бойынша ғылыми міндеттерді шешу кезінде де осы әдістің практикалық маңыздылығын анықтайды.

Сонымен қатар, майдағы тозу өнімдерін спектрлік-феррографиялық талдау әдістерінің жоғары ақпараттылығы мен еңбек сыйымдылығының төмендігіне қарамастан, қозғалтқыш бөлшектерінің тозу дәрежесін анықтау және оның қалдық ресурсын болжау міндеттерін шешу мақсатында оны дамыту жөніндегі жұмыстарды жалғастыру қажет.

### ***Кондуктометриялық әдіс***

Осы әдісті пайдалану кезінде жанар-жағар май материалдарының ластануы туралы ақпараттың негізгі көздері диэлектрлік өткізгіштігі және үлестік кедергісі болып табылады. Күшті электр өрістерін пайдалану майдың диэлектрлік өткізгіштігі және меншікті көлемді электр кедергісі сияқты электрофизикалық қасиеттерін зерттеу қажеттілігін негіздейді. Диэлектрлік өткізгіштігінің шамасы бойынша  $\varepsilon$  сынама көлемінде қандай элементтердің бар екенін айтуға болады. Меншікті көлемді электр кедергісі  $\rho$  автомобиль майы, бағалау критерийлерінің бірі болуы мүмкін:

- автомобиль майларының электрлендірілуі және антистатикалық присадкалардың болуы;
- нақты немесе адсорбциялық шайырлардың құрамы;
- термототықтырғыш тұрақтылық;
- автомобиль майларының ластану дәрежесі;
- автомобиль майларының тозуға қарсы қасиеттерін негіздейтін кейбір сипаттамалар;

Автомобиль майлары типтік диэлектриктер болып табылады және 2-ден 6-ға дейінгі шектерде диэлектрикалық өткізгіштігі бар.  $\varepsilon$  шамасы қоспаларға байланысты өзгеруі мүмкін. Жоғары дисперсті диэлектрлік сұйықтықтардағы

қоспаларды және олардың дисперсиялық құрамын анықтау әлі күнге дейін күрделі және қиын шешілетін міндет болып табылады.

Электр өрісіндегі бөлшектердің мінез-құлқын зерттеу техникалық сұйық диэлектриктердің ластану дәрежесін бақылау әдістері мен құрылғыларын әзірлеу кезінде де, сонымен бірге байқалатын әсерлерді түсіндіру үшін де қажет.

Автомобиль майларындағы ластану бөлшектері майдың диэлектрлік өткізгіштігінен ерекшеленетін диэлектрлік өткізгіштігі бар диэлектриктер немесе өткізгіштер болуы мүмкін. Ластанулардан диэлектриктерге кремний, алюминий және басқа да материалдар тотықтарының бөлшектері, өткізгіштер мен жартылай өткізгіштерге - темір, мыс және цинк қосылыстарының бөлшектері жатады.

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Степанов В.А. Диагностика технического состояния узлов трения трансмиссии газотурбинных двигателей по параметрам продуктов износа в масле. Рыбинск «НПО «Сатурн» », 2002г., 232 с.
2. Суранов Г.И. Уменьшение износа автотракторных двигателей при пуске. М. 2000г., 214
3. Иванов Л.А., Кизеветтер Д.В., Киселев Н.Н. и др. Оптический журнал. 2006 Т. 73. №1

УДК 696.463

Тлеубеков. А. А., Әскерқанова. Ж. Ә (17-ТЭК-1), А. Т. Нургалиева (ВКГТУ)

## ЖЫЛУ ЭНЕРГЕТИКА САЛАСЫНДА ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒА ЛАЙЫҚТЫ ӘДІС-ТӘСІЛДЕРДІ ШАҢДЫ АУЛАУДА ҚОЛДАНУ

Қазіргі уақытта Ертіс өңірінде коммуналдық және өнеркәсіптік құрылыстың қарқынды өсуі байқалады, жұмыс істеп тұрған өнеркәсіп кәсіпорындары қайта жанданып, толық өндірістік қуатқа шығады. Осыған байланысты жылу энергиясына қажеттілік артады, бұл жылу энергетикалық кәсіпорындардың кеңеюіне және атмосфераға Шаң-газ ағындарының шығарындылары санының едәуір артуына әкеледі. Осының барлығы аймақтағы экологиялық жағдайдың нашарлауына алып келеді және қышқыл жаңбыр тудыратын және қоршаған ортаға қолайсыз әсер ететін күкірт және азот қосылыстарынан шығарындыларды толық тазартуды талап етеді.

Қазіргі уақытта көмір жағу өнімдерінен SO<sub>2</sub> және NO<sub>x</sub> жою үшін бірнеше әдістер бар: дәстүрлі технологиялар SO<sub>2</sub> - мен ылғалды тазалау және NO<sub>x</sub>-каталитикалық қалпына келтіру арқылы жұмыс істейді. Шаң ұстау жөніндегі негізгі аппараттар:

Инерциялық шаң ұстағыштар-ауырлық күшінің әсерінен бөлшектердің шөгуіне негізделген бөлшектер >100 мкм тұндыру үшін ғана қолданылады

– Шаң-газ ағынының камера арқылы баяу қозғалысы кезінде бөлшектердің шөгуі

- 65-80% Инерциялық шаң ұстағыштар - газ-шаң ағыны қозғалысының бағытының күрт өзгеруіне негізделген

- 85-90% циклондар-жұмыс корпус ішінде газ-шаң ағыны айналғанда туындайтын ортадан тепкіш күштерді пайдалануға негізделген

- 60-90% батареялы циклондар

- құйынды шаң ұстағыштар-шаңды сепарациялау ротордың айналу салдарынан болады.[1]

Сүзгілер:

-75-95% тұманды ұстағыштар - сүзгіштер-ауырлық күшінің әсерінен жинақталуына қарай жойылатын сұйықтық үлдірінің талшықтарының бетінде пайда болуы

- мата (жеңдік) сүзгілер-шаң бөлшектерін тұндыру жіптердің бетінде орналасқан талшықтарда, сондай-ақ түктерде жүреді

- қатты талшықты сүзгілер

- 95% түйіршікті сүзгілер-үйінді қабат арқылы тазарту (құм, малтатас, қож, ұсақталған тау жыныстары, ағаш үгінділері, кокс, резина үгіндісі, графит және т. б. материалдар)

– ауа сүзгілері-желдету жүйелерінде атмосфералық ауаны шаңсыздандыру үшін арналған

Электр сүзгілері-газ шөгінді және коронациялайтын электродтар жүйесі арқылы өтеді, оларға жоғары кернеудегі түзетілген ток жүргізіледі, бөлшектер иондалады және электродтарда шөгіледі

- құрғақ электр сүзгілері 95-98%
- ылғал электр сүзгілері 95-98%

Ылғалды шаң ұстағыштар (скрубберлер) – әрекет принципі ауланатын бөлшектердің суармалы сұйықтықтың тамшыларымен өзара әрекеттесуіне негізделген, бөлшектер >10 мкм кезіндегі тиімділігі 99% - ға дейін.

Соңғы жылдар ішінде көмірді жағу өнімдерінен SO<sub>2</sub> және NO<sub>x</sub> жою үшін бірнеше әдістер әзірленді; дәстүрлі технологиялар ылғалды тазалау жолымен және NO<sub>x</sub> - каталитикалық қалпына келтіру арқылы SO<sub>2</sub>-мен жұмыс істейді, бірақ бұл екі әдіс де екі газдарды жою үшін де бейімделуі мүмкін.

Түтін газдарын электрондардың буымен өңдеу идеясы жиырма жыл бұрын алғаш рет ұсынылған болатын. Осы сәттен бастап Жапония, АҚШ, Германия және Польшадағы тәжірибелі қондырғыларда жүзеге асырылатын процесті зерттеу іс жүзінде орындала бастады. Кавежун электр станциясының тәжірибелік қондырғыларында және Чубу г. Наго электр станцияларында жүргізілген эксперименттерге негізделген жаңа деректер, бұл әдіс 21 ғасырдың басына дейін аяқтауға алып келетін дамытуға бағытталған. Қазір бұл әдіс Поморжандағы электр станциясының өнеркәсіптік платформасында бір топ Одра Дольна. Жапониядан хабарланғандай, басқа да әзірлемелер, негізінен сұйық-отын электр станцияларында, 1995 жылы Наго қаласындағы тәжірибелік қондырғыдағы эксперименттерден кейін Қытайда өнеркәсіптік көмір электр станциясы салынды, ал қуаттылығы 200 МВт болатын басқа демонстрациялық сұйық-отын электр станциясы жақында nago Chubu Electric Co-да іске қосылды.

Осы қондырғыларда қолданылған технологиялық және конструкторлық шешімдерде елеулі айырмашылықтар байқалады. Поморжандағы жобаны іске асырудың негізі Кавундағы тәжірибелік қондырғыда және Яхт зертханасында (ядролық Химия және технология институты) алынған нәтижелер болып табылады.[2]

Қазіргі уақытта екі өнеркәсіптік зауыт жұмыс істейді – біреуі Ченгду (Қытай), екіншісі (Польша). Сонымен қатар Жапония мен Қытайда екі өнеркәсіптік зауыт әзірленуде.

Бұл технология келесі артықшылықтарды көрсетті:

-SO<sub>2</sub> және NO<sub>x</sub> бір мезгілде жою

-өнім өндіру мүмкіндігі

-суды пайдаланбай өту

-бұл әдіс SO<sub>2</sub> және NO<sub>x</sub> жою бойынша ең қатаң талаптарды қанағаттандырады.

1991 жылы қалыпты жағдайда өнімділігі сағатына 20 000 м<sup>3</sup> тәжірибелік қондырғы МАГАТЭ мен Польшаның бірлескен техникалық жобасы бойынша салынған және Кавежундағы электр станциясында WP-120 типті қазандықтан түтін газдарының басты ағынының айналма арнасында орнатылған. Реакция камерасында қуаты 50 кВт, 700 килоэлектронвольт екі ELV-3A үдеткіші дәйекті түрде орнатылды. Сынақ өнеркәсіптік қондырғыда алғаш рет екі жақты газ сәулелендіргіштің бірізді қондырғысы қолданылды.

Түтін газдары "құрғақ негіз" жағдайында жұмыс істейтін жылжымалы салқындатқышта салқындатылады, содан кейін реакция камерасында екі кезеңде – ұзындығы 7 м және диаметрі 1,6 м цилиндрлерде сәулеленеді. Қос титан терезелерінің жүйесі қолданылады. Екінші терезені түтін газдарының коррозиялық әсерінен қорғау үшін ауа жапқышы орнатылған. Бұдан әрі түтін газдарының сәулеленуі кезінде газ тәрізді аммиак енгізіледі. Аэрозоль бөлшектері процесінде қалыптасқан "жабысқақ" және кішкентай, диаметрі 1 микроннан кем. Сүзгілердің үш түрі сыналды – жеңдік сүзгі, қиыршық тас негізіндегі сүзгі және электростатикалық ұстағыш. Пжзундағы ELWO SA фабрикасында құрастырылған электростатикалық ұстағыш тест процесін жақсы орындады.

Тәжірибелі қондырғы заманауи бақылау және бақылау жүйесімен және әдістерді таңдау жөніндегі нұсқаулықпен жабдықталған, сондай-ақ нәтижелерді салыстыру үшін пайдаланылатын.

Нәтижелер NOx алып тастау тиімділігі көп дәрежеде дозаға байланысты және SO<sub>2</sub> негізінен термиялық реакция алып тасталғанда NOx енгізу концентрациясына байланысты екенін көрсетті.

Түтін газдарын салқындату үшін жоғары жылу мен бу бар су пайдаланылады. Түтін газдарының ылғалдылығы массадан 15 пайызға дейін жоғарылауы мүмкін, ал газдың шығарылу температурасы 55-65 °C дейін төмендеуі мүмкін. Мұндай жағдайларда SO<sub>2</sub>-ді 98 пайызға дейін жою тиімділігіне қол жеткізу мүмкін. Термиялық реакцияның арқасында SO<sub>2</sub> жоюдың жоғары тиімділігіне жету үшін өте жоғары емес доза қажет. NOx жоюдың тиімді тиімділігі дәстүрлі технологиялармен электрондар шоғырының экономикалық бәсекеге қабілеттілігі үшін қажет болғанда, ол одан әрі көтеріледі; және SO<sub>2</sub> жоғары мазмұны процесті үнемді етеді, әсіресе NOx жою шығындарымен бірге алғанда.[3]

Түтін газдарын электрондардың шоғырымен тазалау кезінде алынатын жанама өнім – аммоний сульфаты – коммерциялық шикізат ретінде пайдаланылуы мүмкін. Басқа мүмкіндік-NPK тыңайтқышының компоненті ретінде жанама өнімдерді пайдалану. Польшада жүргізілген тесттер ингредиент ретінде жанама өнімдерді пайдалану кезінде алынған қоспа көрсетті, тыңайтқыштардың осы түрі үшін белгіленген стандарттарға сәйкес келеді. Қоспасыз жанама өнімдер үшін бағбандық тесттер жүргізілді. Нәтижелері өте белгілі болды-ауыр металдардың мөлшері коммерциялық тыңайтқыштар үшін рұқсат етілген мәндерден әлдеқайда төмен .

Бұл әдіс үшін маңызды мәселе-сәулелендіру камерасының жұмысы. Кавезунда тәжірибелік қондырғыда екі рет жүйелі сәулелендіру қолданылды. Одан әрі оңтайландыру сәулелену сатылары арасында жеткілікті үлестіру дозасымен орындалуы мүмкін екені анықталды.

Зертханалық және тәжірибелік тесттерде алынған тәжірибе келесі сатыға өту үшін жеткілікті болды – толық масштабты өнеркәсіптік қондырғы құруға дайындық. Нәтижесінде, аппарат Бенсон қазандықтарының түтін газдарын SO<sub>2</sub> және NOx бірлесіп жою үшін Солтүстік Польшада Поморжандағы электр станциясында орнатылған.

Жан-жақты талдаудан кейін қалыпты жағдайларда түтін газдарының максималды қуаты 300 000 м<sup>3</sup>/сағ болатын электрондармен өңдеу қондырғысын әзірлеу және құру шешілді. Бенсон қазандықтарының түтін газдарында NO<sub>x</sub> жоғары концентрациясы және салыстырмалы төмен құрамы SO<sub>2</sub> газдарды өңдеудің ерекше шарттарын орнатты. Электрондық бомбалау процесінің параметрлері NO<sub>x</sub> үшін 60-80 пайыз және SO<sub>2</sub> үшін 70-90 пайыз жою тиімділігін жету үшін іріктелді.

Электростатикалық шаң ұстағыштың жұмысын талдау оны өңір кәсіпорындарында тиімді пайдалану мүмкіндігін және оны азотты және күкіртті қосылыстардың шығарындыларын едәуір төмендетумен ірі және орта ЖЭО-да қолданыстағы жабдыққа жеткілікті жақсы бейімделу мүмкіндігін көрсетті. [4]

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Прокофичев Н.Н., Резник В.А. - Пылезолоулавливающее оборудование тепловых электростанций.- М.: 1981.
2. Рихтер Л.А. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций / Учеб. Для вузов.- М.: Энергоиздат, 1991.-296 с;
3. Альперт Л.З. Химиялық қондырғыларды жобалау тәсілдерінің негізі /Л.З. Альперт. – М: Жоғары мектеп, 2009. – 304 б.
4. Атмосфераға ЖЭС зиянды шығарындыларын төмендету әдістері бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстары туралы/ Турмановский А., Кропп Л.И., Ходаков Ю.С., Чеканов Т., Шмиголь И.Н. // Электрические станции. – 1991. – N7. - с, 54 – 57;

УДК 621.4

Төлеуғалиев Н. Б. (18-МТЭК-2п), Жакупов Т. М. (ЕНУ им. Гумелова)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНИ-ТЭЦ В СИСТЕМАХ ДЕЦЕНТРОЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Главная особенность и преимущество мини-ТЭЦ в том, что они размещаются в непосредственной близости от потребителей энергии. При таком расположении экономятся значительные средства из-за отсутствия передачи — транспортировки энергии. Близость мини-ТЭЦ к тепловым сетям также является немаловажным финансовым фактором. Диапазон электрической мощности мини-ТЭЦ достаточно широк и не имеет определенных значений: от 100 кВт до 50 МВт.

Основными преимуществами мини ТЭЦ являются, прежде всего: низкая стоимость вырабатываемой электроэнергии, тепла и соответственно, быстрый возврат инвестиций. Потребляя в среднем 0,3 куб. м газа, на мини-ТЭЦ у потребителя есть возможность получать 1 кВт электроэнергии и ~ 2 кВт тепла в час, при этом экономится значительная сумма на подключение к традиционной электросети.

В мини-тэц электроэнергия вырабатывается генераторами электрического тока. Генераторы используют механическую работу двигателей. Выхлопные газы и системы охлаждения двигателей мини-тэц отдают тепловую энергию в виде горячей воды или технического пара.

Мини-ТЭЦ, как правило, работает в двух основных производственных режимах:

- получение электричества и тепла (когенерация)
- получение электричества, тепла и холода (тригенерация).

Электрическая энергия, выработанная на автономной мини-ТЭЦ, в зависимости от выходного напряжения и технических задач, может передаваться на расстояние до нескольких десятков километров.

В зависимости от соотношений тепловой и электрической нагрузок потребителя определены зоны работы и разработаны эффективные схемы мини-ТЭЦ, работающие с максимальным КПД. В области NTep/N3JI4 - схема с баком-аккумулятором, а также котлом-утилизатором. Установлено, что вторая область является предпочтительной для поршневых мини-ТЭЦ с точки зрения номенклатуры оборудования и значения КПД. Разработана схема мини-ТЭЦ с баком-аккумулятором, позволяющая сглаживать неравномерность суточного потребления, иметь в запасе дополнительный объем воды, расходуемый при остановке мини-ТЭЦ. Разработана математическая модель конвективного теплопереноса при нагреве воды в мини-ТЭЦ с использованием теплообменника-утилизатора выхлопных газов и баков-аккумуляторов различной формы и размеров. Модель позволяет определить распределение температур, процесс зарядки баков-аккумуляторов при естественной циркуляции воды в зависимости от времени нагрева. Экспериментальные исследования подтвердили математическую модель, описывающую процесс

нагрева воды в элементах мини-ТЭЦ - теплообменник - утилизатор выхлопных газов - бак-аккумулятор. В ходе эксперимента получены эмпирические зависимости, позволяющие определить основные параметры процессов, происходящих в мини-ТЭЦ: процесс зарядки аккумулятора при различных нагрузках при естественной и принудительной циркуляции, а также изменение расхода топлива, температуры и скорости выхлопных газов на входе и выходе из утилизатора, температуры масла и воздуха после охлаждения цилиндров двигателя.

Общий КПД поршневых мини-ТЭЦ систем децентрализованного энергоснабжения на 25-35% выше существующих в настоящее время паро- и газотурбинных установок.

Мини-ТЭЦ можно эксплуатировать основным или резервным источником электроэнергии в коммунальном хозяйстве, для очистных сооружений, промышленных и сельскохозяйственных организаций, в учреждениях административной и медицинской специфики, жилых комплексах, а также в личных целях, например на приусадебном участке. Но в последнем случае это не очень дешевое удовольствие. Подобный вариант может быть оправдан только тогда, когда мини-ТЭЦ будет обслуживать одновременно несколько домов или небольшой дачный поселок. Следует отметить, что такие электростанции используются как в качестве автономного источника, так и в составной части централизованной системы электро- или теплоснабжения.

Итак, к основным достоинствам мини-ТЭЦ можно отнести низкую стоимость вырабатываемой тепло- и электроэнергии; быструю окупаемость; небольшое потребление топлива и долговечность в использовании; экологическую безопасность; возможность работы с различными видами топлива; гибкость конструкций; широкий выбор способов получения электроэнергии; показатели КПД выше в 2 раза, чем показатели традиционной ТЭЦ; максимальная близость производства электроэнергии к потребителю, соответственно – сокращение протяженности сетей, снижение затрат на их строительство и содержание.



УДК 621.18

Тураров Ж.Т. (18-МТЭ-2п), Седелев В.А. (ВКГТУ), Баденова Ж.Р. (18-МТЭ-2п).

## ОБЗОР СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСК

Город Усть-Каменогорск является одним из основных промышленных центров Республики Казахстан, представлен в виде уникальной урбанизированной системы, где сосредоточены крупные горно-металлургические промышленные предприятия с различными технологическими направлениями, в том числе по производству свинца, цинка, меди, титана, магния, урана, тантала, ниобия, бериллия, серной кислоты и плавиковой кислоты. Предприятия энергетики, такие как гидроэлектростанции, несколько ТЭЦ и котельных. Крупные комплексы редкометаллической и цветной металлургии, тепловой энергетики, транспорта и логистики, перерабатывающей и пищевой промышленности, коммунального хозяйства расположены на сравнительно небольшой территории.

Отпуск тепла в г.Усть-Каменогорск от теплоисточника ТОО «УК ТЭЦ» осуществляется через коллекторную ТЭЦ (тепловой магистрали ТМ-600, ТМ-700, ТМ-700/1, ТМ-600 УМЗ, ТМ-700 СЦК) и через насосную станцию горячего водоснабжения (тепловая магистраль ТМ-800 и ТМ-1000).

Схема централизованного теплоснабжения города Усть-Каменогорск двухтрубная с совместной подачей тепла на все виды теплопотребления: отопление, вентиляция, горячее водоснабжение.

Температурный график - 150/70°C со срезкой на температуру 110°C с качественным типом регулирования тепловой нагрузки.

Система горячего водоснабжения – открытая.

Общая протяженность тепловых сетей АО «УК ТС» составляет 398,8 км (в двухтрубном исчислении), в том числе: [1]

- Магистральных трубопроводов – 264,0 км;
- Внутриквартальных трубопроводов – 82,7 км;
- Паропровод – 1,1 км;
- Тепловые сети от котельных № 3,4,6,7,8 – 7,9 км.

С правого берега на левый по автодорожному мосту через р.Иртыш до котельной РК-2 проложена соединительная тепловая магистраль ТМ – 600 мм.

От котельной РК-2 отпуск тепла осуществляется в двух направлениях по двум магистралям:

- Тепловая магистраль Ду – 500 мм в сторону поселка Metallургов;
- Тепловая магистраль М-6- 2Ду – 500 мм к жилым микрорайонам КШТ.

На соединительной тепловой магистрали в Левобережном районе установлена подкачивающая насосная.

Климат г.Усть-Каменогорск резко-континентальный и характеризуется температурами наружного воздуха, указанными в таблице – 1. [4]

Таблица – 1 Температуры наружного воздуха г.Усть-Каменогорск

Средняя за год	+ 2,8°C
Средняя наиболее холодной пятидневки (расчетная температура для отопления)	- 39°C
Средняя наиболее холодного месяца	- 16,2°C
Средняя за отопительный период	- 7,5°C
Продолжительность отопительного периода	206 суток (4944 ч.)

Анализ данных из программы развития территории г.Усть-Каменогорска на 2016-2030 годы показывает, что основное строительство и развитие жилого фонда планируется производить в Левобережной части города и динамика роста жилой застройки составит 70%. [1] Основной рост многоэтажной жилой застройки до 2030 года планируется на территориях 19 и 16 жилых микрорайонов.[1] Увеличение тепловой нагрузки в системе горячего водоснабжения прогнозируется в Левобережной части города за счет реализации государственных программ: «Доступное жилье-2020», «Арендное жилье» «Занятость-2020», а также создания Индустриальной зоны «Оркен» с участием институтов развития АО «ИО «Казахстанская ипотечная компания», АО НФ СК «Самрук-Казына», через АО «НК «СПК «Ертіс».[1]

Таблица – 2 Обеспечение доступным жильем населения

Показатель	Факт 2014 г.	Факт 2015 г.	Прогноз				
			2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Общая площадь введенных в эксплуатацию жилых зданий, тыс.кв.м	102,3	140,9	181,5	185,7	225,1	255,5	281

На Левом берегу введены в эксплуатацию крупные общественные здания, такие как драмтеатр, дворец единоборств, футбольно-легкоатлетический манеж, торгово-развлекательный центр «Фрешмаркет», Назарбаев Интеллектуальная школа.

Таблица – 3 Динамика изменения присоединенных тепловых нагрузок потребителей в период 2013-2017г.г.

Присоединенная тепловая нагрузка ТОО «УК ТЭЦ», Гкал/час в горячей воде	2013г.	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.
		798,8	814,9	836,1	846,1

О характере изменения в сторону увеличения потребления тепловой нагрузки свидетельствует также изменения протяженности тепловых сетей: в 2015 году суммарная протяженность сетей теплоснабжения составляла 359,58 км, в 2016 году – 363,46 км, в 2017 году – 398,8 км. [1]

Подобный рост объемов циркуляции, совместно с повышенной температурой обратной сетевой воды, непосредственно влияет на перерасход электрической энергии собственных нужд станции при транспортировке теплоносителя и повышенные затраты топлива на производство тепловой энергии, а также на снижение коэффициента полезного действия оборудования. Также это негативно отражается на увеличении дефицита/разрыва между располагаемой тепловой мощностью для потребителей и присоединенной к станции тепловой нагрузке от самих потребителей, и соответственно с невозможностью соблюдения со стороны станции, установленных значений существующего температурного графика регулирования отпуска тепловой энергии в периоды низких отрицательных температурах наружного воздуха.

Таблица – 4 Информация по тепловым нагрузкам, по состоянию на 29.12.2018г.[2]

Теплоисточник	Располагаемая мощность, Гкал/час	Присоединенная нагрузка, Гкал/час	Действующие технические условия, Гкал/час	Остаток мощности теплоисточника по договорной и перспективной нагрузкам: профицит (+), дефицит (-), Гкал/час
ТОО «УК ТЭЦ», Котельная №2	948,9	923,6	452,9	-427,7
Котельная №3	41,8	18,1	5,2	18,5
Котельная №4	6,3	3,9	0,4	2,0
Котельная №6	3,7	3,6	0,04	0,03
Котельная №7	2,9	1,2	0,5	1,2
Котельная №8	1,9	1,5	-	0,4

Одним из существенных недостатков централизованной системы тепло и горячего водоснабжения г.Усть–Каменогорск является низкая надежность, что характеризуется отсутствием резервов тепловой мощности теплоисточников (котельные и ТЭЦ). К примеру, выход из строя котельного агрегата марки ТПЕ – 430 с паровой производительностью 500 т/ч при температуре наружного воздуха ниже – 18°С и циркуляции теплоносителя с

расходом 12 900 т/ч приводит к отклонению температуры теплоносителя на 28°C от заданного температурного графика и дефициту тепловой мощности 263 Гкал/час. А останов котла БКЗ – 320 – 140 на 21°C и тепловой мощности 240 Гкал/час.

К примеру, в городе Копенгаген помимо основных источников производства тепловой энергии имеется резервные котельные, которые могут покрыть 80 % всей тепловой нагрузки. [5] То есть дефицит тепловой энергии при выходе из строя, плановых и внеплановых остановках котлов на теплоисточнике покрывается пиковыми котельными.

Таблица – 5 Фактические максимумы пиковых тепловых нагрузок станции

Год	Тепловая нагрузка в горячей воде, Гкал	t°C наружного воздуха	t°C сетевой воды на прямом трубопроводе, факт	t°C сетевой воды на прямом трубопроводе, норма	Отклонения от температурного графика по прямому трубопроводу, %
2014	685,5	-22,6	109,8	115,0	-4,5%
2015	653,0	-31,9	106,4	115,0	-7,5%
2016	645,2	-23,1	110,5	115,0	-3,9%
2017	621,5	-22,0	106,2	115,0	-7,7%
2018	685,9	-29,9	110,8	115,0	-3,7%

Основные проблемы теплоисточников г.Усть-Каменогорск:

1. Интенсивный рост присоединенной тепловой нагрузки, связанной с непрерывным вводом жилищных и социальных объектов.
2. Работа на непроектном топливе, что приводит к снижению производительности котлов и, соответственно, разрыву между установленной и располагаемой тепловой мощностью.
3. Физический и моральный износ котельного оборудования, который приводит к снижению КПД и, соответственно, увеличению удельного расхода топлива на отпуск тепловой энергии.

Выводы

Непрерывный рост присоединенной тепловой нагрузки г.Усть-Каменогорск за счет развития промышленного сектора, роста жилищного и коммунального хозяйства города ведет у росту дефицита тепловой мощности в системе теплоснабжения города. Имеющиеся дефицит необходимо покрывать за счет строительства дополнительного теплоисточника или расширения уже функционирующих источников тепла. Одним из вариантов компенсации

дефицита тепловой мощности является строительство дополнительного котельного агрегата на ТОО «Усть – Каменогорская ТЭЦ». Ввод в эксплуатацию дополнительного котла с паровой производительностью 500 т/ч позволит не только покрыть дефицит тепловой энергии в системе теплоснабжения города, но и положительно повлияет на экологическое состояние города, так как ввод котла позволит вывести из эксплуатации морально устаревшие котлы среднего давления ЦКТИ – 75 – 31. Тем не менее, работы по энергосбережению и разработку ресурсосберегающих мероприятий в системе централизованного теплоснабжения города необходимо продолжать.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Программа развития территории города Усть-Каменогорска на 2016-2020 годы, №37/3-VI от 27 ноября 2018 г.
2. Программа индустриально-инновационного развития города Усть-Каменогорска на 2011-2015 годы;
3. Информационный сайт АО «Усть – Каменогорские тепловые сети», [www.ukteplo.kz](http://www.ukteplo.kz);
4. Строительные нормы СН РК 2.04-21-2004;
5. Ю.В. Яровой, Об опыте управления системами централизованного теплоснабжения в городах Дании, Журнал «Новости Теплоснабжения» № 10 (74) 2006;

УДК: 621.18

Харлов В.Е. (18-МТЭ-2п), Бакланов А.Е.(ВКГТУ им. Д. Серикбаева)

## УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДА АЗОТА ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТЕ БКЗ 220-100.

Установленное на электростанция Казахстана оборудование спроектировано и изготовлено в соответствии с уровнем знаний в энергомашиностроении 60-70-х годов прошлого столетия и имеет длительные сроки недоработки.

Повышение эффективности работы теплоэнергетического оборудования всегда являлось приоритетным направлением в развитии энергетической отрасли.

Появление современных научно-технических разработок, новых материалов и технологий должно найти свое отражение в энергетике. Необходимо учитывать также возможности современных мощных систем АСУТП, позволяющих моделировать, проектировать и производить различные расчеты для энергетических задач в большем объеме и с большей скоростью.

Выход из строя старого оборудования из-за его старения и практически единичные вводы новых энергетических мощностей- всё это более серьезно заставляет подойти к работе существующих станций.

При намечившемся в последние годы экономическом росте может возникнуть дефицит энергетических мощностей. Строительство новых станций требует больших капитальных вложений, при этом на многих станциях имеются внутренние энергетические резервы, выявление которых возможно при оптимизации работы теплоэлектроцентрали. Кроме того, решение задач по оптимизации работы теплоэлектроцентрали позволит повысить технико-экономические показатели станций, что приведет к повышению их конкурентоспособности на энергетическом рынке в условиях реструктуризации энергетической отрасли.

Дефицит электроэнергии требует строительства новых и расширения действующих мощностей, чего можно избежать за счет внутренних энергетических резервов.

Объектом испытания является котлоагрегат БКЗ 220-100. Компоновка котла выполнена по П-образной схеме. Топка является первым (подъемным) газоходом. В верхней части на выходе из топки расположен ширмовый пароперегреватель. Во втором (горизонтальном) газоходе расположены ступени конвективного пароперегревателя. В третьем (опускном) газоходе расположены ступени экономайзера и трубчатого воздухоподогревателя, установленные «в рассечку».

Объем топки	1153 м <sup>3</sup>
Водяной объем котла	70 м <sup>3</sup>
Паровой объем котла	36 м <sup>3</sup>
Номинальная паропроизводительность	220 т/ч;
Рабочее давление пара в барабане	11,17 МПа (113,9 кгс/см <sup>2</sup> );
Номинальное давление пара	9,8 МПа (100 кгс/см <sup>2</sup> );
Номинальная температура пара	540°С;
Номинальная температура питательной воды	215°С.

Допускается периодическая работа котла с температурой питательной воды 160°С, при этом паропроизводительность котла не должна превышать 89% от номинальной паропроизводительности.

Энергетический котельный агрегат типа БКЗ 220-100 предназначен для работы на каменных и бурых углях, сжигаемых в пылевидном состоянии с сухим удалением шлака.

Барабан котла с внутренним диаметром 1600мм, толщиной стенки 88мм выполнен из стали 22К. 50% питательной воды, поступающей в барабан после экономайзера, проходит по раздающим коробам на дырчатые листы барботажной промывки пара, остальные 50% сливаются в водяной объем барабана.

Пароводяная смесь, поступающая из экранов в барабан, проходит грубую очистку в центробежных циклонах, затем барботажную промывку питательной водой (более тонкая очистка), далее пар поступает в потолочный пароперегреватель. Барабан снабжен устройством парового разогрева при растопке.

Топка оснащена шестью вихревыми пылеугольными горелками, размещенными на боковых стенах "треугольником вниз" на отметках 9,5 м и 12,1м.

Растопочные мазутные форсунки встроены в основные горелки.

Конвективные поверхности пароперегревателя расположены в поворотном горизонтальном газоходе.

Первая ступень конвективного пароперегревателя выполнена из труб диаметром 35мм сталь 20 и 12Х1МФ (на выходе).

Регулирование температуры перегретого пара осуществляется впрыском конденсата, получаемого на специальной установке котла.

Первый впрыск выполнен «в рассечке ширм», второй впрыск – «в рассечке» выходного конвективного пароперегревателя, выполненного из труб 38x5 сталь 12Х1МФ.

Стены горизонтально и поворотного газоходов выполнены из кирпичной кладки.

Перед началом испытаний на остановленном котле было проведено визуальное обследование, которое выявило, в частности, существенные недостатки в конструктивном исполнении горелочных устройств.

Например, лопатки осевого аппарата в канале аэросмеси выполнены несимметрично, а расстояние между лопатками меняется от 20 до 80 мм. Зазор между внешней образующей канала аэросмеси и лопатками осевого аппарата в канале вторичного воздуха достигает 40 мм, при том, что углы поворота лопаток на всех горелках разные. Еще несколько важных недостатков: диаметр канала первичного воздуха у разных горелок меняется от 600 до 630 мм; диаметр амбразуры меняется от 900 до 1000 мм; обечайка канала первичного воздуха у одних горелок заглублена на 180 мм, а у других выступает в топку (относительно осей экранов) на 50 мм. Все это, безусловно, сказывается на организации топочного процесса и на возможности контроля процесса горения (балансовые опыты подтвердили это).

Для определения аэродинамических характеристик топочно-горелочного устройства котла были проведены холодные продувки с визуализацией потока искрами. Анализ полученной видеоинформации показал, что структуры факелов каждой горелки неидентичные. Это приводит к различному качеству горения в каждой горелке в результате конструктивной нетождественности их исполнения. Влияние взаимодействия крутки первичного и вторичного каналов не отмечено, что также говорит о конструктивных недостатках горелок. Полученные данные о характеристиках факелов каждой горелки, а также данные о структуре потоков в топке показали, что они могут быть использованы при проведении наладочных работ для нахождения оптимального положения лопаток в каждой горелке. Опыты, проведенные на работающем котле в диапазоне нагрузок от 150 до 200 т/ч, показали, что котел работает стабильно, однако потери тепла с уходящими газами в среднем составляют 9,4%, что выше проектного значения.

Содержание монооксида углерода при избытках воздуха, указанных в режимной карте, составляло 4-26 ppm (5 - 32 мг/м<sup>3</sup>), в результате чего потери с химнедожогом не превышали сотые доли процента. Содержание горючих в уносе составляло 1- 1,5%, а в шлаке - 2 - 4%. В результате потери с механическим недожогом в жилых районах Служба охраны окружающей среды требует более чем двухкратного снижения выбросов оксидов азота. Чтобы обеспечить такую степень снижения выбросов NO<sub>x</sub>, необходима реконструкция котла с целью внедрения таких технологий, как двух- или трехступенчатое сжигание, концентрическое сжигание, применение прямоточных горелок, азотоочистные установки. После анализа всех известных технологий было решено рекомендовать комплексное мероприятие: замену действующих горелок на прямоточные горелки и перевод котла на схему трехступенчатого сжигания (reburning process).

Для реализации этого мероприятия потребуется монтаж дополнительных воздушных коробов, разводок топочных экранов и системы подачи природного газа к дополнительным горелкам. Но все же затраты на эти работы будут существенно меньше, чем на азотоочистные установки с



использованием аммиака. Конструкция прямоточных пылеугольной горелки предполагает наличие двух каналов вторичного воздуха с возможностью регулирования расхода воздуха на каждый канал в отдельности. При этом появляется возможность контролировать смесеобразование между потоком аэросмеси и внутренним потоком вторичного воздуха с сохранением оптимальных избытков воздуха. Ранее проведенные исследования свидетельствуют о возможности значительного подавления топливных оксидов азота за счет торможения подмешивания вторичного воздуха по длине факела к потоку воспламенившейся аэросмеси.

Схема трехступенчатого сжигания, впервые опробованная в Европе специалистами на котле ТПП-312 Ладыжинской ГРЭС еще в 1992 г., предполагает организацию нескольких зон горения с разными температурными и стехиометрическими характеристиками (с разными избытками воздуха). По такой схеме примерно сжигается 85% топлива в виде угольной пыли, которая подается в основные горелки, а остальное топливо в виде природного газа (наиболее предпочтительный вариант) поступает в дополнительные горелки, расположенные выше основных. При этом в основные горелки топливо подается с избытком воздуха, обеспечивающим минимальные потери с механическим недожогом, а в дополнительные - газ с таким избытком воздуха, чтобы образовать восстановительную зону в средней по высоте части топочной камеры.

Выше дополнительных горелок необходимо будет установить сопла третичного воздуха: этот воздух будет окислять продукты неполного сгорания, образовавшиеся в восстановительной зоне.

Реконструкция котла по схеме трехступенчатого сжигания вполне реальна, так как используется резервное топливо в виде природного газа и установлен дымосос рециркуляции дымовых газов (ДРГ). После проведения соответствующих расчетов будут определены временные промежутки пребывания в каждой зоне (основной, восстановительной и зоне дожигания). Величины этих промежутков времени позволят оценить, будет ли снижение выбросов оксидов азота превышать ожидаемые 50% или окажется несколько ниже. Но и в последнем случае можно не сомневаться, что поставленная задача (снижение выбросов  $\text{NO}_x$  в 2,5 раза на номинальной нагрузке) будет выполнена, так как к эффекту от трехступенчатого сжигания будет добавлен эффект от внедрения прямоточных горелок.

К конструкции пылеугольных горелок предъявляются следующие требования: горелка должна обеспечивать равномерное распределение скоростей и концентрации пыли в пылевоздушной смеси в своем выходном сечении и скорости в выходном сечении вторичного воздуха, малое аэродинамическое сопротивление, удобное расположение и простая конструкция патрубков для присоединения пылепроводов и воздухопроводов, компактность с учетом места установки и конструктивная простота горелки,

удобство эксплуатации и ремонта, высокая износостойкость и надежность работы.

Процесс смесеобразования в пылеугольных топках можно разбить на два этапа: смесеобразование - в горелке и вторичное - в топке. Все современные промышленные пылеугольные топки построены на таком принципе, который позволяет активно регулировать только первичное смесеобразование (в горелке), предоставляя горению заканчиваться в вялой естественной форме в зонах затухающей турбулентности в топочной камере.

В прямоточных горелках поток угольной пыли подается в топку вдоль их оси без закрутки, а вторичный воздух может закручиваться в устройстве улиточного ввода или подаваться без закрутки. Горелки располагаются на стенках топки в один или несколько рядов по высоте либо по ее углам.

В прямоточных горелках топочные газы увлекаются в струю только по внешней границе и поэтому интенсивность эжекции, прогрева и воспламенения пыли в них меньше, чем в вихревых горелках. Повышение устойчивости достигают внешней подачей пылевоздушной смеси, повышением температурного уровня и аэродинамической организацией горения, соответствующей компоновкой горелок.

Для вихревых и прямоточных горелок характерны различные схемы воспламенения, дальнобойность факела и сопротивление горелочного устройства. В этих горелках улиточный подвод воздуха и наличие конуса-рассекателя обеспечивают выходящей пылевоздушной струе дополнительную составляющую скорости, перпендикулярную оси горелки. При этом выходящая из горелки струя имеет форму полого гиперболоида вращения. Образующаяся в центральной его части зона разрежения приводит к непрерывному подосу сюда высокотемпературных топочных газов, обеспечивающих интенсивное зажигание пылевоздушной смеси. Воспламенение струи по внешней поверхности конуса тормозится прослойкой относительно холодного вторичного воздуха, находящегося между пылевоздушной смесью и горячими топочными газами. Кроме того, здесь сказывается и охлаждающее влияние экранных поверхностей нагрева. В отличие от вихревых турбулентных горелок в прямоточных горелках разнос пылевоздушной струи отсутствует. Факел получается более дальнобойным. Для горелки с внешним вторичным воздухом зажигание струи происходит по внешней ее поверхности. Наличие здесь вторичного воздуха, охватывающего пылевоздушную струю, несколько затрудняет прогрев и воспламенение смеси. Более целесообразна схема прямоточной горелки с внутренним подводом условия воспламенения пылевоздушной смеси.

Котлы БКЗ-220-100 проектировались в 60 - 70-е годы, когда вопрос о выбросах оксидов азота не был еще актуален для энергетиков. Именно этим объясняется то обстоятельство, что эти котлы не отвечают современным, постоянно ужесточающимся требованиям по охране окружающей среды.

Проведенная ранее реконструкция горелок при переводе котлов на сжигание газа дополнительно внесла отрицательные моменты в работу топки при сжигании и газа, и угля. В результате выбросы оксидов азота на котле при сжигании газа составили 600 мг/м<sup>3</sup>, на угле - 1000 мг/м<sup>3</sup>.

Проведенные испытания показали, что режимными методами невозможно добиться такого снижения выбросов NO<sub>2</sub>, которое требуется для обеспечения 11ДКч, в приземном слое атмосферы. Для решения проблемы выбросов оксидов азота необходима реконструкция топочно-горелочных устройств, причем снижение выбросов оксидов азота должно быть получено как при работе котла на угле, так и на газе.

Для достижения поставленных целей на котлоагрегате рекомендуется замена действующих горелок на прямоточные горелки при одновременном переводе котлов на схему трехступенчатого сжигания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Тепловой расчет котельных агрегатов. Н.В. Кузнецова
2. Способ автоматического регулирования подачи воздуха в топку котла, Г.Т.Кулаков
3. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. Энергоиздат.
4. Кнорре Г.Ф. Топочные процессы.
5. Кулагин Л.В., Охотников С.С. Сжигание жидкого топлива.
6. Штым А.Н., Рудницкий В.А. Топка котла.
7. Суслов А.Д., Иванов С.В., Мурашкин А.В., Чижиков Ю.В. Вихревые аппараты. Машиностроение.

УДК 533

Хожанов А.Р. (19-ДФФ-3а), Алонцева Д.Л. (ВКГТУ), Герт С.С. (ВКГТУ)

## ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТАНТАЛА МЕТОДОМ РОБОТИЗИРОВАННОГО МИКРОПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

В настоящее время наряду с широко используемым титаном и его сплавами, наиболее перспективными материалами для изготовления медицинских имплантатов являются тантал (Ta) и цирконий (Zr) [1 - 4]. Из-за высокой прочности, химической стабильности и устойчивости к износу Zr и Ta, сплавы на их основе очень перспективны как ортопедические биоматериалы. Цирконий и тантал устойчивы к коррозии за счет образования поверхностного оксидного слоя. Устойчивость к коррозии, как правило, коррелирует с биосовместимостью (хотя и не всегда), потому что более стабильные оксиды металлов менее активны химически и, таким образом, они не так активно участвуют в биологических процессах. Биосовместимость Zr и Ta достигается за счет относительно толстого (порядка 5 мкм) поверхностного оксидного слоя и твердости, сравнимой твердостью керамических материалов [3]. Однако, из-за весьма трудоемких и дорогостоящих процессов производства, как самого тантала, так и имплантатов из него, этот материал до сих пор не используется повсеместно для производства медицинской продукции. В настоящее время для повышения биосовместимости медицинских имплантатов используются различные методы обработки их поверхности, в том числе нанесение методами плазменного напыления покрытий из биосовместимых материалов [2,5,6-8]. В работе [5] сравниваются результаты получения биосовместимых покрытий путем холодного и термического напыления в пользу термического напыления.

Однако, несмотря на преимущества и относительную экономическую эффективность метода термического плазменного напыления, его использование для изготовления покрытий для медицинских имплантатов пока не получило повсеместного распространения. Это обусловлено опасением возможного нагрева основной массы имплантата до высоких температур и связанных с этим нагревом изменений в структуре и свойствах имплантата в результате процесса термического напыления покрытия из биосовместимого материала на поверхность имплантата. Микроплазменное распыление (МПН) позволяет избежать проблемы перегрева, поскольку МПН оказывает очень незначительное тепловое воздействие на подложку за счет малого пятна распыления и ограниченного времени воздействия плазменной струи. Покрытия, полученные методом МПН, благодаря развитой морфологии поверхности и наличию в них развитой сети пор сложной формы, могут способствовать срастанию костной ткани и покрытия, что обеспечивает надежную вторичную фиксацию эндопротеза в костях. Использование роботизированного МПН позволяет обеспечить прецизионное напыление покрытий на имплантаты сложной конфигурации, такие как эндопротезы локтевых и тазобедренных суставов. Исследования [6- 8] доказали, что путем

роботизированного микроплазменного напыления можно получить на медицинских имплантатах покрытия из биосовместимых материалов титана и гидроксипатита с желаемым уровнем пористости и удовлетворительной адгезией к подложке.

Целью данной работы было сформировать покрытия из тантала на медицинских имплантатах локтевого сустава методом роботизированного микроплазменного напыления танталовой проволоки.

Материал и методы исследований. Микроплазменное напыление танталовых покрытий с толщиной, варьирующейся от 100 мкм до 500 мкм в зависимости от режима напыления, на подложки из титанового сплава и непосредственно на эндопротез локтевого сустава (рис. 1а) было произведено в секторе высокоскоростной воздушно-плазменной резки и напыления Центра опережающего развития VERITAS ВКГТУ им. Д. Серикбаева, оборудованном промышленным роботом Kawasaki RS-010LA (Kawasaki Robotics, Япония) и микроплазматроном MPN-004 производства Института электросварки им. Е.О. Патона (Украина). Проволока диаметром 0.3 мм из тантала высокой чистоты (ТВЧ) наносилась на подложки из титанового сплава марки Grade 5 ELI, стандартного состава в мас.%(max): Ti – основа, Fe -0.25-0.40, N - 0.05% , O – 0.13-0.20, Al – 5.50- 6.75, C - 0.08, V- 3.50-4.50, H - 0.015.

Параметры микроплазменного напыления определялись на основе многофакторного эксперимента с вариацией параметров: сила тока, расход плазмообразующего газа, дистанция напыления и скорость подачи проволоки [8]. Скорость перемещения плазмотрона подбирали экспериментально. Плазмообразующим и перемещающим газом служил аргон, дополнительный нагрев подложки не проводился. В процессе напыления плазменная струя перемещалась перпендикулярно обрабатываемой поверхности. В таблице 1 приводятся параметры, при которых осажденные на титановую подложку Ta-покрытия оказывались визуально прочными с сильной адгезией к подложке.

Таблица 1. Параметры микроплазменного напыления Ta-покрытий

Наименование параметра, (единицы измерения)	Значение параметров	
	Режим 1	Режим 2
Сила тока, (А)	45 ± 1	35 ± 1
Расход плазмообразующего газа Ar (литр/час)	300 ± 20	300 ± 20
Дистанция напыления, (мм)	80 ± 10	80 ± 10
Расход проволоки (м/мин)	6 ± 0,3	6 ± 0,3
Скорость перемещения плазмотрона, (мм/с)	50 ± 10	50 ± 10
Число проходов плазменной струи	3	2

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) и металлографический анализ были использованы для изучения микроструктуры покрытий. Исследование проводилось с использованием металлографического микроскопа

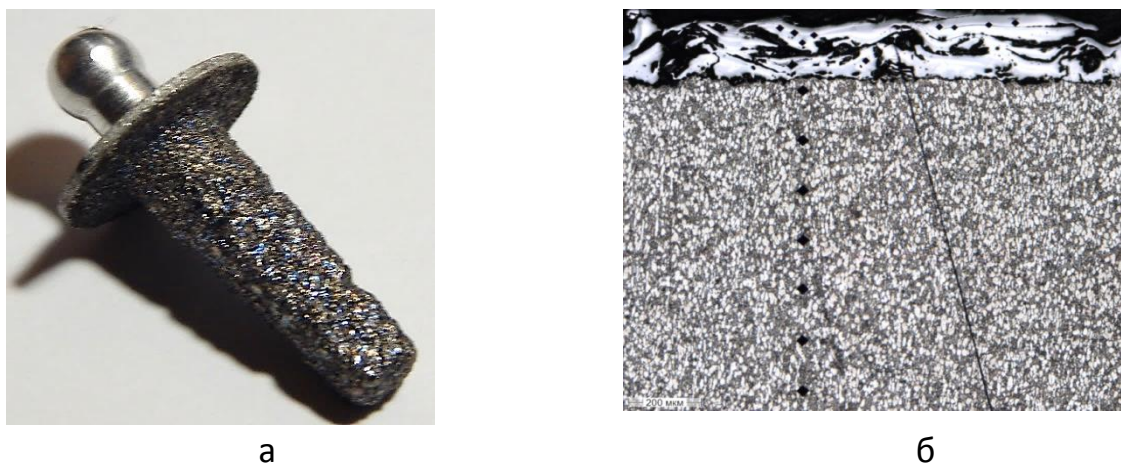
ВХ-51 (OLYMPUS, Япония) и сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV (JEOL, Япония) с приставкой энергодисперсионного анализа (EDX) INCA ENERGY (Oxford Instruments, Великобритания).

Чтобы выявить микроструктурные особенности, образцы механически отполированных поперечных сечений титана с танталовым покрытием дополнительно подвергали химическому травлению в течение 5 секунд, используя раствор  $\text{HNO}_3 + \text{HF} + \text{H}_2\text{O}$ . Для оценки пористости покрытий изображения их микроструктуры обрабатывали с использованием компьютерной программы ImageJ, которая позволяет измерять по стандарту ASTM E2109-01 [9] размеры пор и пористость покрытия (т.е. процентное содержание пор в покрытии по площади, приходящейся на обнаруженные поры, относительно всей площади шлифа покрытия), выделяя включения, отличающиеся по оттенкам серого цвета или яркости.

Измерения микротвердости по Виккерсу были проведены с использованием микротвердомера DuraScan-20 (EMCO TEST, Австрия) по глубине от поверхности покрытия на поперечных сечениях Ti-образцов с Ta-покрытием с использованием нагрузки 200 г. с выдержкой при максимальной нагрузке 5 с., с расчетом среднего значения по результатам 10 измерений. Чтобы отследить диффузию, которая может происходить на границе раздела между Ta-покрытием и Ti-подложкой, проводили ряд вдавливающих индентора у границы, используя тестер микротвердости по Виккерсу при нагрузке 200 г. с выдержкой при максимальной нагрузке 5 с., с шагом между соседними вдавливаниями 0,15 мм.

Результаты и обсуждение. Как показано на рисунке 1, Ta-покрытия демонстрировали хорошее сцепление с эндопротезом локтевого сустава (рис.1 а) и между отдельными слоями покрытия без каких-либо трещин или дефектов плавления (рис. 1 б), что указывает на то, что в процессе напыления было достигнуто плавление частиц Ta-проволоки, обеспечивающее прочное соединение с Ti-подложкой. Покрытия имеют слоистую структуру, образованную расплавленными и деформированными при ударе о подложку частицами Ta-проволоки (рис. 1 б). Средняя микротвердость покрытий Ta, нанесенных по режиму 1 составила  $573 \pm 37$  HV, по режиму 2 составила  $851 \pm 30$  HV, что выше средней твердости подложки Ti  $329 \pm 14$  HV. Значительная вариация значений микротвердости Ta-покрытия обусловлена наличием пор в покрытии и границ разделов между слоями покрытия. Профиль твердости по глубине (поперек) покрытия, нанесенного по режиму 2 (Табл.1) и подложки, показал, что твердость Ta постепенно увеличивается от 738 HV на поверхности покрытия до 930 HV в самом покрытии, что, очевидно, связано с присутствием открытых пор на поверхности покрытия. Высокая твердость Ti ( $390 \pm 2$  HV) чуть ниже границы раздела покрытий обусловлена упрочнением твердого раствора в результате растворения Ta в Ti. Плавный характер профиля твердости покрытия, нанесенного по режиму 1 (Табл. 1) без резкого увеличения твердости на каждой стороне границы раздела указывает на отсутствие образования нежелательной фазы из-за реакции между Ta и Ti. Можно утверждать, что при нанесении покрытий не происходило нагрева подложки до

высоких температур, так как отсутствует пористость на границе, обусловленная кипением титана. Как отмечается в работе [4], присутствие остаточной пористости в приграничных областях покрытий из Ta на титане, по-видимому, связано с кипением Ti, так как температура кипения Ti (3287°C) близка к температуре плавления Ta (3017°C). Полученные результаты демонстрируют, что МПН производит покрытия, плотно прилегающие к подложке.



а – эндопротез локтевого сустава из титанового сплава с микроплазменным покрытием из тантала;  
б - поперечное сечение образца с покрытием, напыленным по режиму 2 (Табл.1) с отпечатками индентора твердомера

Рисунок 1 – Изображения танталового микроплазменного покрытия на титановом имплантате (а) и микроструктуры покрытия (б)

Измерения пористости покрытий показали, что она варьируется в широком пределе от 3% до 20% и определяется параметрами МПН. Для установления зависимости пористости от параметров напыления требуется дополнительное исследование, однако, очевидно, что можно управлять этим параметром покрытия, что очень перспективно для развития технологии создания покрытий из тугоплавких биосовместимых материалов. Размер пор в покрытии варьируется в диапазоне от 50 мкм до 300 мкм на поверхности покрытия (открытые поры), что согласуется с рекомендациями для пористых материалов ортопедических имплантатов, приведенными в обзорной работе [10].

**Выводы.** Осуществлено роботизированное микроплазменное напыление танталовой проволоки на сложной формы имплантаты локтевого сустава из титанового сплава. Установлено, что микротвердость микроплазменного танталового покрытия в среднем в 2 раза выше, чем у подложки из титанового сплава. Установлены параметры микроплазменного напыления, обеспечивающие надежное сцепление танталового покрытия с титановой подложкой и наличие пор размерами до 300 мкм непосредственно в покрытии. Наличие пор такого размера в покрытиях эндопротезов будет способствовать

прорастанию сосудов в поры покрытия, что положительно повлияет на формирование и питание костной ткани, а значит и на закрепление и остеоинтеграцию эндопротеза в организме человека. Результаты исследования имеют большое значение для широкого круга исследователей, разрабатывающих технологии плазменного напыления для производства биосовместимых покрытий

Благодарность. Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP05130525).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Saini, M., Singh, Y., Arora, P., Arora, V., Jain, K. Implant biomaterials: A comprehensive review// World journal of clinical cases, vol. 3, no. 1, 2015. - P. 52–57. doi:10.12998/wjcc.v3.i1.52
2. Cizek J., Matejicek J. A Review of Patents// J. Therm. Spray Tech., vol. 27, no. 8, pp, 1251–1279, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11666-018-0798-8>
3. Hallab N. J., Jacobs J.J. Orthopedic Applications, in Biomaterials Science (Third Edition), 2013. – P. 841-882
4. Balla V.K., Banerjee S., Bose S., Bandyopadhyay A. Direct laser processing of a tantalum coating on titanium for bone replacement structures// Acta Biomater, vol.6, no. 6, 2010. – P.2329–2334. doi:10.1016/j.actbio.2009.11.021
5. Fotovvati B., Namdari N., Dehghanhadikolaei A. On Coating Techniques for Surface Protection: A Review// J. Manuf. Mater. Process, vol.3. no.1, 2019. - P. 1-22. doi:10.3390/jmmp3010028
6. Алонцева Д.Л., Қантай Н., Русакова А.В., Герт С.С., Джес А.В., Садибеков А.Б. Роботтандырылған микроплазмалық тозаңдау технологиясымен титан имплантанттарына биоүйлесімді жабындарды қаптау//Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева, № 2, 2019. - С.73-78.
7. Алонцева Д.Л., Русакова А.В., Прохоренкова Н.В. Разработка роботизированной технологии микроплазменного напыления биосовместимых покрытий на медицинские имплантаты //Известия ВУЗов. Физика, Том 61, № 6/2, 2018. – С. 163-167.
8. Alontseva D., Ghassemieh E., Voinarovych S., Kyslytsia O., Polovetskyi Y., Prokhorenkova N., Kadyroldina A. Manufacturing and Characterization of Robot Assisted Microplasma Multilayer Coating of Titanium Implants// Johnson Matthey Technol. Rev., vol.64, no.2, April 2020. In print.
9. ASTM E2109-01(2014) Standard Test Methods for Determining Area Percentage Porosity in Thermal Sprayed Coatings, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.
10. Matassi F, Botti A, Sirleo L, Carulli C, Innocenti M. Porous metal for orthopedics implants// Clin Cases Miner Bone Metab, vol.10, no. 2, 2013. - P. 111-115.



УДК 69.728

Шәкерханова А.А. (18-МСС-2п), Гольцев А.Г. (ВКГТУ)

## РЕКОМЕНДАЦИИ УСТРОЙСТВА ДВУХСЛОЙНОГО ПОЛА С ВЕРХНИМ СЛОЕМ ИЗ ФИБРОБЕТОНА

Для достижения намеченной цели научно-исследовательской работы требуется произвести ряд экспериментов связанных с проектированием сталефибробетона с гарантированными физико-механическими характеристиками достаточными для проектирования строительных конструкций. Экспериментальная часть включает в себя подготовку образцов с армированием разными видами стальной фибры: заводская и фибра из отработанных канатов. Это необходимо для сравнительного анализа влияния вида фибры на основные физико – механические характеристики сталефибробетонных конструкций. Для определения оптимального объема фибры в составе сталефибробетона, образцы изготовлены с разным процентом армирования 1% ; 1,5%; 2%.

В ходе эксперимента был подобран оптимальный состав СФБ смеси, методика ее приготовления, а также проведены испытания по определению основных прочностных характеристик сталефибробетона.

Состав смеси для бетонной матрицы приведен в таблице 1

Таблица 1. Состав смеси для бетонной матрицы на 1 м<sup>3</sup>

Компонент	Количество (кг/м <sup>3</sup> )	Соотношение компонентов
вяжущее (Ц - цемент), М400	Ц = 661	Ц = 1,0
мелкий заполнитель (П - песок), М <sub>кр</sub> =2,5	П = 1283	П/Ц ≈ 1,941
затворитель (В - вода)	В = 285	В/Ц ≈ 0,4312
Пластификатор (Пл – пластификатор), Rheobuild 181А	Пл = 4 кг	0,6% от Ц

Для приготовления смеси использовали имеющиеся на территории области и в целом на территории Республики Казахстан компоненты.

Пластификатор вводился в смесь для повышения подвижности смеси и предотвращения ее расслоения на отдельные компоненты, т.к. при добавлении фибры любой марки в бетонную смесь снижается ее подвижность.

Состав и пропорции сталефибробетона определены опытным путем, согласно действующим нормативам Республики Казахстан в расчете на 1 м<sup>3</sup> смеси в количестве:

- песок = 1283 кг;
- цемент = 661 кг;

- вода = 285 л;
- пластификатор = 1% от веса цемента;
- фибра при 1% от требуемого объема смеси.

В ходе эксперимента применялись для сравнения три вида фибры ТОО «Иннотех», «Dramix» и «Hendix».

Технические характеристики заводской фибры «Hendix»:

Длина – 50 мм, диаметр – 1 мм, временное сопротивление – 1150 н/мм<sup>2</sup>. Коэффициент анкеровки – 0,9.

Технические характеристики заводской фибры «Dramix»:

Материал: сталь. Тип: рубленая, анкерная. Длина: 60 мм. Диаметр: 0,75 мм. Средний расход: 15-25 кг/м<sup>3</sup>.

Был произведен входной контроль проволоочной фибры из отработанных канатов «Иннотех»: Для выборки было взято 4 пробы из разных мест общего объема фибры. В ходе замеров были выявлены отрезки фибры диаметрами 0,4 мм, 2 мм и 1,5 мм. Средние длины фибр отобранных проб приведен в таблице 2.

Таблица 2. Средние длины фибр из отработанных канатов

№ Пробы	Длина при Ø0,5мм	Длина при Ø1,0мм	Длина при Ø1,5мм
№1	6,35 см	6,35 см	6,57 см
№2	6,33 см	6,37 см	6,57 см
№3	6,34 см	6,38 см	6,12 см
№4	6,26 см	6,41 см	6,56 см

Таковы основные характеристики материалов, которые использовались для приготовления смеси и изготовления экспериментальных образцов.

В процессе проведения эксперимента были определены основные характеристики сталефибробетонной (СФБ) смеси:

Удобоукладываемость СФБ смеси при 2% армирования: Осадка конуса 5 см – марка П2.

Жесткость СФБ смеси при 2% армирования:

- прибор Вебе = 5 с;
- прибор Скрамтаева = 9 с;
- прибор Красного = 5 с. – марка Ж1.

Средняя плотность – 2420 кг/м<sup>3</sup>

Коэффициент расслаиваемости при 2% армирования:

- 3 с вибрирования,  $k_p = 0,938$ ;
- 6 с вибрирования,  $k_p = 0,882$ .

что отвечает требованиям п.6.1.40 РТМ-17-03-2005 [4], ( $K_p \geq 0,85$ ).

Коэффициент однородности при 2% армирования:

Первая проба,  $k_o = 0,87$ ; 2 проба,  $k_o = 1,0$ ; 3 проба,  $k_o = 0,98$ , что также отвечает требованиям п.6.1.40 РТМ-17-03-2005 [4], ( $1,1 \geq K_o \geq 0,9$ ).

В ходе экспериментальной части определялись следующие прочностные характеристики сталефибробетона:

- прочность на растяжение при изгибе;
- ударная вязкость;
- определение прочности покрытия из фибробетона при действии динамических нагрузок;

Для определения прочности на растяжение при изгибе были изготовлены контрольные образцы, призмы квадратного сечения размерами 100\*100\*400. Испытание образцов производилось в возрасте 28 суток. Испытательное оборудование, применяемое при определении прочности на растяжение при изгибе – гидравлический пресс 2ПГ-10. Образец установленный на двух опорах пресса, нагружался вплоть до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки (0,05±0,01) МПа/с. Нагрузка прикладывалась в середине пролета и равномерно распределялась по ширине образца.

Прочность бетона на растяжение при изгибе  $R_{tb}$ , Мпа, определялась согласно ГОСТ 10180-2012 [1].

$$R_{tb} = \delta \frac{Fl}{ab^2} \quad (1)$$

$F$  – разрушающая нагрузка, Н;

$a, b, l$  – ширина, высота поперечного сечения призмы и расстояние между опорами соответственно, мм;

$\delta$  – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы.

Для испытания кубиков на ударную вязкость были проведены исследования серии из 8 кубов 100x100x100 мм.

Ударостойкость оценивалась энергией, затраченной на образование трещин [2]:

где  $P$  — масса молота;

$g$  — ускорение свободного падения;

$H$  — высота падения молота;

$n$  — количество ударов;

$L_{тр}$  — длина образовавшихся трещин (усредненное значение по всем граням образца). Результаты экспериментальных данных представлены на рисунках 1 и 2.

Для определения прочности покрытия из фибробетона при действии динамических нагрузок (ударная вязкость) была отработана технология проведения испытаний:

- прибор располагают так, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно к образцу;
- положение прибора при испытании конструкции относительно горизонтали рекомендуется принимать таким же, как при испытании образцов для установленной градуировочной зависимости;

– при другом положении необходимо вносить поправку на показания в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;

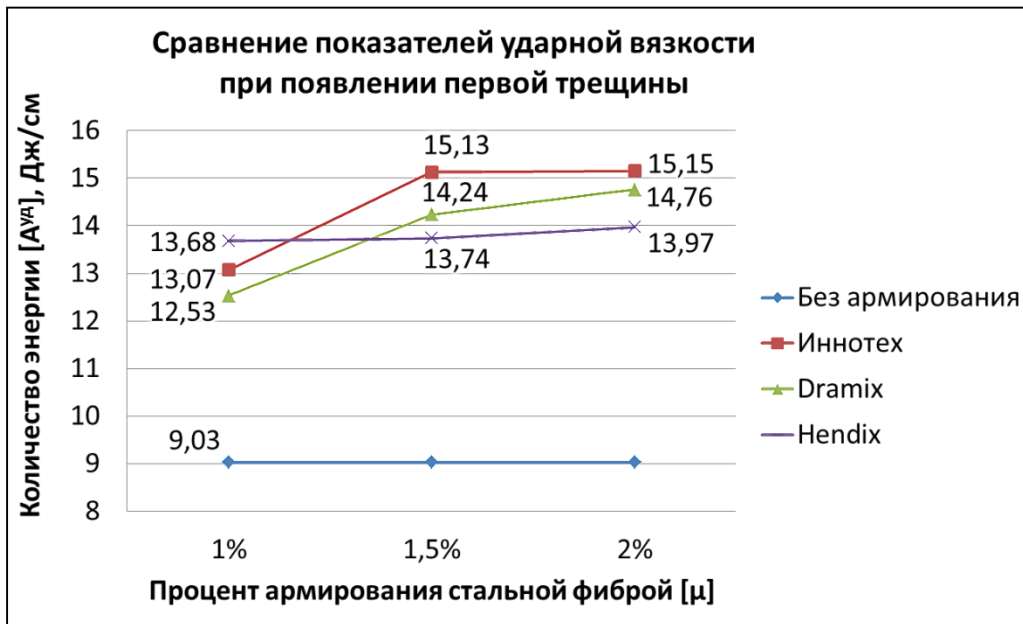


Рисунок 1 – Определение параметров ударной вязкости до появления первой трещины.

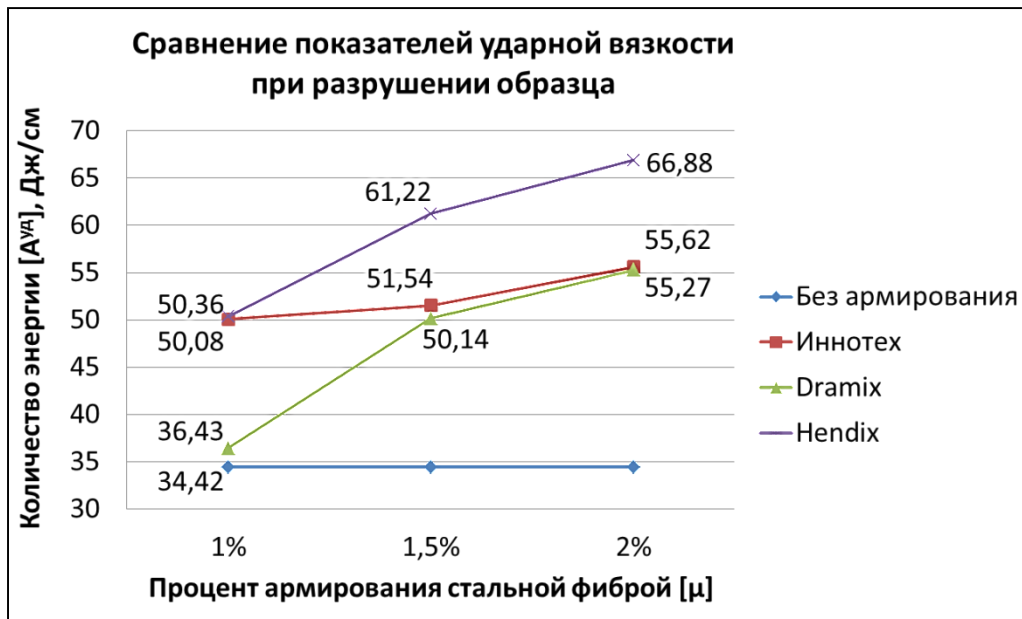


Рисунок 2 – Определение параметров ударной вязкости при разрушении образцов.

– фиксируют значение косвенной характеристики в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;  
 вычисляют среднее значение косвенной характеристики на участке конструкции.

В ходе эксперимента удалось определить, что наибольшее количество ударов до разрушения образца выдержали образцы с использованием фибры фирмы «Hendrix» при 2% армировании (рис.3).

Практически идентичные показатели оказались у образцов с армированием фирмы «Иннотех» (при 2% армировании) и фирмы «Dramix» (при 1,5% армировании).

Таким образом, можно сделать вывод, что при 2% армировании бетона фиброй фирмы «Hendrix» прочность жесткого аэродромного покрытия при действии динамических нагрузок будет наиболее высокой.

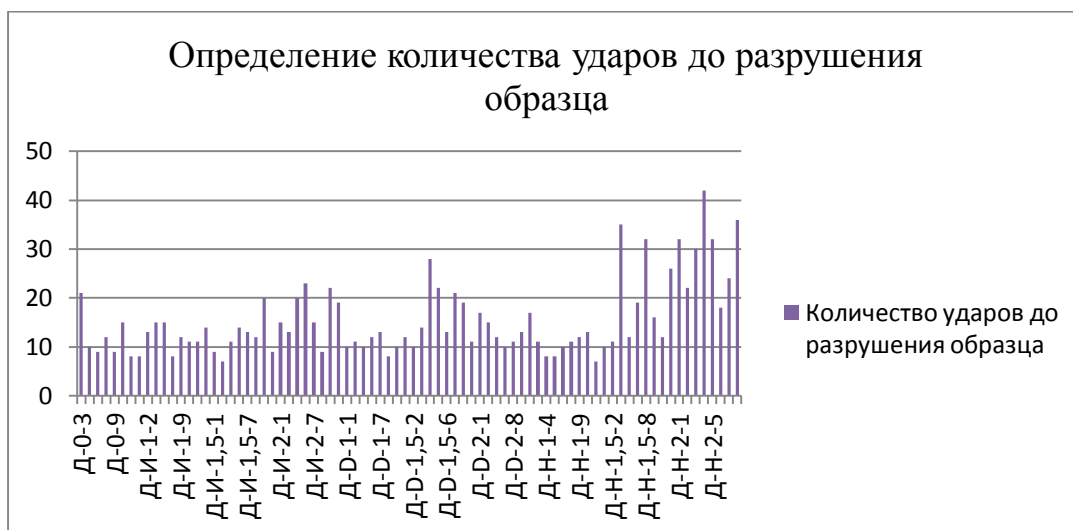


Рисунок 3 – Определение количества ударов до разрушения образцов.

**Вывод:** Анализ проведенных испытаний по определению прочности на растяжение при изгибе и на кубиковую, а так же на ударную вязкость показал, что армирование образцов стальной фиброй повышает среднее значение прочности. Наибольшую прочность на растяжение при изгибе имеют образцы, изготовленные с применением заводской фибры “Dramix” с 2% армирования, прочность образцов с данным видом армирования выше прочности бетонных образцов в 2,3 – 2,8 раза. Образцы, армированные фиброй из отработанных канатов “Иннотех” и заводской фиброй “Hendix” показали схожие результаты и повысили прочность в 1,5 – 2,2 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Войлоков И.А. Классификация промышленных полов по типу армирования//, Популярное бетоноведение №2(28)2009,с.128-132
2. Войлоков И.А. Дисперсное армирование бетонов// Популярное бетоноведение №6(20)2007,с. 118-124.

УДК 620.91

Шарипова А.А. (18-МТЭК-2п), Прохоренкова Н.В. (ВКГТУ им. Д.Серикбаева)

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ГОРОДА УСТЬ–КАМЕНОГОРСКА

В настоящее время в секторе централизованного теплоснабжения в Казахстане идет процесс реформирования. На протяжении последних 15 лет сектор испытывал недостаток в инвестировании, что привело к ухудшению состояния значительной части сооружений инфраструктуры и, как следствие, снижению качества услуг централизованного теплоснабжения. Правительство Республики Казахстан заявило о своем намерении способствовать повышению энергоэффективности, а также повышать эффективность и стабильность коммунальных услуг, ключевым элементом которых является централизованное теплоснабжение.

Основной целью инвестиционной программы является улучшение теплоснабжения города, включая реконструкцию сетей теплоснабжения, реорганизацию источников теплоснабжения, в том числе закрытие двух малоэффективных котельных, некоторые усовершенствования инфраструктуры.

В рамках проекта «Модернизация системы теплоснабжения города Усть-Каменогорска», финансируемого за счет Европейского Банка реконструкции и развития (далее ЕБРР) и Правительства РК, в Акционерном обществе «Усть-Каменогорские тепловые сети» планируется реализация мероприятий с 2018 по 2020 год. Реализуемые проекты:

1. Реконструкция магистральных тепловых сетей (замена 2225 м тепловых сетей диаметрами 350-700 мм с применением изолированных в заводских условиях труб в ППУ изоляции).

2. Модернизация систем электроснабжения и автоматики насосных станций и тепловых пунктов (модернизация систем электроснабжения 20 насосных станций и тепловых пунктов дает возможность управления насосными станциями в одном пункте) [1].

В данной статье рассмотрены проблемы котельной №2 и модернизации системы теплоснабжения с использованием энергоэффективных мероприятий. В качестве мероприятий по повышению эффективности тепловых сетей можно рассмотреть следующие мероприятия:

- Переход на грузы котельных (эффекты: снижение расходов на топливо, снижение расходов на персонал и ремонтно-техническое обслуживание, усовершенствование экологических условий);

- Замена тепловой изоляции на надземных участках тепловой сети (эффекты: сокращение потерь);

- Использование полимерных трубопроводов при плановой замене тепловых сетей малых диаметров на низких температурных графиках (эффекты: сокращение затрат на перекладку и ремонт);

- Создание системы мониторинга и анализа режимов и состояния тепловых сетей (эффекты: сокращение потерь тепла и теплоносителя с утечками, сокращение расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя);
- Совершенствование математической модели тепловых сетей в ГИС ZULU.

В летний период горячее водоснабжение микрорайона КШТ и поселка имени Куленова производит ТЭЦ. Котельная №2 находится в режиме резерва, что позволяет сэкономить трудозатраты, энергоресурсы. а также положительно влияет на экологическую обстановку микрорайона КШТ и поселка имени Куленова.

Рассмотрим более подробно предполагаемый эффект от предложенных событий рассмотрению мероприятия по замене, существующей минераловатной тепловой изоляции на надземных участках тепловой сети на современную и энергоэффективную пенополиуретаном (далее ППУ). тепловую изоляцию с покровным слоем из оцинкованной стали. Согласно проведенным диагностическим обследованиям существующих тепловых сетей были определены участки тепловых сетей, подлежащих замене в общей сложности длиной трубопровода от 40 до 2063 м, условный диаметр трубопроводов от 30 до 300 мм.

Основные эффекты от замены изоляции:

- увеличение жизненного цикла изоляции;
- меньшее снижение теплоизоляционных свойство с течением времени;
- снижение потерь за счёт более высоких теплоизоляционных свойств ППУ по сравнению с минеральной ватой.

В настоящее время при строительстве ГУ «Отдел строительства города Усть-Каменогорска» тепломагистрали производится прокладка ППУ труб. В последние годы наблюдается быстрый прогресс в производстве полимерных труб, происходит улучшение характеристик длительной прочности, рост предельных температур и давлений, при которых работают полимерные трубы.

Применительно к системам теплоснабжения, можно выделить следующие основные преимущества полимерных труб при строительстве сетей:

- Отсутствие необходимости установки компенсаторов и неподвижных опор, что приводит к сокращению объёмов земляных работ, уменьшению стоимости и увеличению скорости прокладки труб;
- Кратное сокращение количества стыков на трубопроводах малых диаметров за счёт использования рулонов труб, что приводит к повышению надёжности системы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Интернет ресурс: <https://ukteplo.kz/company/projects/proekt-modernizatsii-sistemy-tsentralizovannogo-teplosnabzheniya-g-ust-kamenogorsk/>

УДК 621.318

Шаяхмет Д.Р. (19-ЭЛ-1), Галкин С.В. (ВКГТУ)

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ

Слово «левитация» происходит из латинского языка: *levitas* - «легкость», *levatio* - «поднятие», «подъем». Левитация - это устойчивое положение объекта в гравитационном поле без непосредственного контакта с другими объектами. Необходимо отметить, что левитацией не является полет за счет механического отталкивания от воздуха или иной текучей окружающей среды, а также за счет реактивной тяги. Технически левитация объекта обеспечивается двумя условиями:

- 1) наличие силы, компенсирующей силу тяжести;
- 2) наличие возвращающей силы, обеспечивающей устойчивость объекта.

Магнитная левитация - это левитация, реализуемая за счет сил магнитного поля. В некоторых случаях подъемная сила обеспечивается магнитным полем, но при этом есть механическая поддержка, дающая устойчивость. В этих случаях явление называется псевдолевитацией.

Теорема Ирншоу доказывает, что, используя только ферромагнетики, невозможно устойчиво удерживать объект в гравитационном поле. Но несмотря на это, с помощью сервомеханизмов, диамагнетиков, сверхпроводников и систем с вихревыми токами возможно достичь состояния левитации. Рассмотрим существующие технологии магнитной левитации.

**Электромагнитная левитация с системой слежения.** Применив схему на базе электромагнита и фотореле можно заставить левитировать небольшие металлические предметы. Предмет будет парить в воздухе на некотором расстоянии от неподвижно закрепленного на стойке электромагнита. Электромагнит получает питание, пока фотоэлемент, закрепленный в стойке, не затенен парящим предметом, пока на него попадает достаточно света от неподвижно закрепленного контрольного источника, это значит, что объект нужно притянуть. Когда объект достаточно приподнят, электромагнит отключается, поскольку в этот момент тень от перемещенного в пространстве объекта падает на фотоэлемент, перекрывая свет источника. Объект начинает падать, но упасть не успевает, так как снова включился электромагнит. Так, отрегулировав чувствительность фотореле, можно добиться эффекта, при котором объект будет как бы висеть на одном месте в воздухе. На самом деле объект непрерывно то падает, то вновь немного приподнимается электромагнитом. Получается иллюзия левитации. На этом принципе основана работа «левитирующих глобусов», а также аналогичных сувениров, в которых к парящему предмету прикреплена магнитная пластина, взаимодействующая с электромагнитом, скрытом в подставке.

**Диамагнитная левитация.** Диамагнетики - это вещества, намагничивающиеся против направления внешнего магнитного поля. В определенных условиях происходит полное вытеснение магнитного поля из материала диамагнетика. Например, графитовый грифель обладает высокой



магнитной восприимчивостью, и начинает парить над неодимовыми магнитами даже при комнатной температуре. Для устойчивости эффекта магниты следует собрать в шахматном порядке (полюса магнитов), тогда графитовый стержень не выскользнет из «магнитной ловушки» и будет левитировать. На рисунке 1 представлена пластина из пиролитического углерода, парящая над неодимовым магнитом.

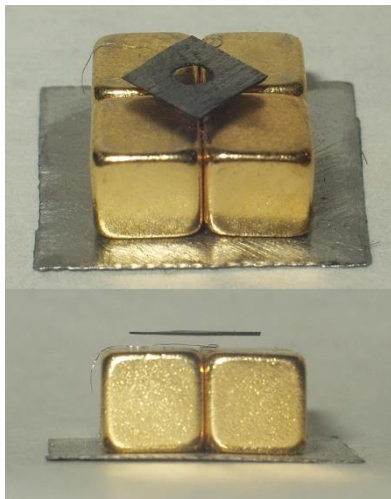


Рисунок 1 - Пиролитический углерод, парящий над неодимовым магнитом

**Левитация магнита над сверхпроводником (эффект Мейснера).** Одним из свойств сверхпроводника является выталкивание магнитного поля из области сверхпроводящей фазы. При размещении над ним магнита сверхпроводник создает собственное «ответное» магнитное поле, которое компенсирует силу тяжести магнита. В результате этого магнит парит в воздухе. Практически это можно реализовать с помощью пластины из оксида иттрия-бария-меди, которая охлаждается до температуры жидкого азота. В этих условиях пластина становится сверхпроводником. Если положить неодимовый магнит на подставку над пластиной, а затем подставку из под магнита вытащить, то магнит будет левитировать (рисунок 2).

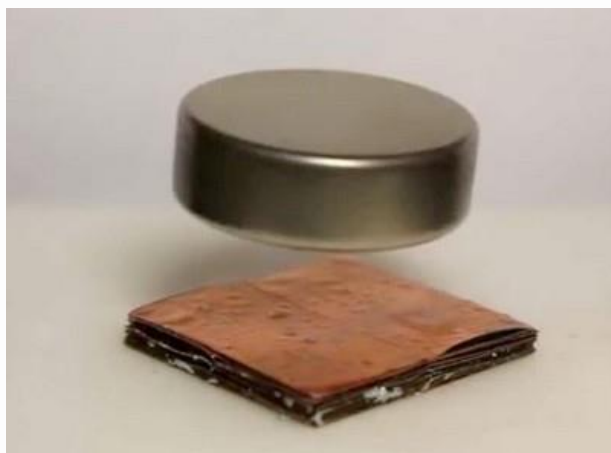


Рисунок 2 - Левитация магнита над сверхпроводником

**Вихретоковая магнитная левитация.** Еще одним способом создания магнитной левитации является использование вихревых токов и массивных проводников. Катушка, выдающая вихревой ток может левитировать над замкнутым кольцом из цветного металла. Аналогичная ситуация наблюдается и с дисками из данного металла, уложенными над большими катушками. Это обусловлено тем, что по закону Ленца индексируемый цветной металл будет создавать магнитное поле противоположное тому, что на него воздействует. Иными словами, в каждый период колебания переменного тока в катушке будет создаваться противоположное по направлению магнитное поле.

Рассмотрим примеры практического применения эффекта магнитной левитации.

**Поезд на магнитной подушке,** магнитоплан или маглёв - это поезд, удерживаемый над полотном дороги, движимый и управляемый силой электромагнитного поля. Такой состав, в отличие от традиционных поездов, в процессе движения не касается поверхности рельса. Так как между поездом и поверхностью полотна существует зазор, трение между ними исключается, и единственной тормозящей силой является аэродинамическое сопротивление. Один из первых прототипов маглева был построен в Германии в 1984 году компанией Transrapid. Данный прототип представлен на рисунке 3. Испытательная дорога была пролежана между населенными пунктами Дёрпеном и Латеном, общей длиной 31,5 км. Дорога имеет одну колею с оборотными петлями на каждом конце. Поезд беспилотный, всё управление движением осуществляется из диспетчерского пункта. Максимальная скорость движения, которую удавалось достичь на прямом участке дороги во время испытаний, составила 501 км/ч.



Рисунок 3 - Поезд на магнитной подушке (маглев)

В настоящее время в Шанхае (Китай) функционирует единственный в мире коммерческий поезд на магнитной подушке. Высокоскоростная магнитная дорога проложена от шанхайского аэропорта Пудун до первой

станции метро Шанхая. Линия построена немецким консорциумом Transrapid, включавшим компании Siemens и ThyssenKrupp. Она была открыта в 2004 году. В качестве подвижного состава используются модифицированные поезда Siemens Transrapid 08. Длина трассы 30 км; максимальная скорость поезда - 431 км/час; цена билета - 40 юаней (примерно 6 долларов США).

Достоинства маглева:

- самая высокая скорость из всех видов общественного наземного транспорта,
- достаточно низкое потребление электроэнергии (энергия у маглева расходуется в три раза эффективнее, чем у автомобиля и в пять раз - чем у самолёта),
- снижение эксплуатационных затрат в связи со значительным уменьшением трения деталей.

Недостатки маглева:

- высокая стоимость создания и обслуживания колеи (стоимость постройки одного километра маглев-колеи сопоставима с проходкой километра тоннеля метро закрытым способом).
- электромагнитное загрязнение: возможны помехи в работе электроприборов, а также негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей.

**Магнитный подшипник** - элемент опоры осей, валов и других деталей, работающих на принципе магнитной левитации. В результате опора является механически бесконтактной. Магнитные подшипники все чаще используются в промышленных механизмах, таких, как компрессоры, турбины, насосы, моторы и генераторы. Магнитные подшипники используются при генерации электроэнергии, в переработке нефти, в работе станков и при передаче природного газа. Также они используются в газовых центрифугах, для обогащения урана и в турбомолекулярных насосах, где механические подшипники со смазкой были бы источником нежелательного загрязнения.

Достоинства магнитного подшипника:

- очень низкое и предсказуемое трение;
- возможность работы без смазки и в вакууме;
- высокая износостойкость;
- возможность использования подшипника в агрессивных средах, при высоких или низких температурах (на Луне, на Марсе).

Недостатки магнитного подшипника:

- на случай исчезновения магнитного поля необходимо обеспечить страховочные подшипники во избежание аварийного разрушения системы;
- вследствие того, что магнитное притяжение включает в себя определенную неустойчивость, используют довольно сложные и громоздкие системы управления, которые затрудняют ремонт и эксплуатацию подшипника.
- обмотка подшипника интенсивно нагревается вследствие прохождения через нее тока, поэтому зачастую требуется дополнительная установка системы охлаждения.

В данном обзоре рассмотрены основные физические принципы создания левитации за счет магнитного поля, а также представлены практические технологии, которые базируются на данном явлении. Указанные недостатки сдерживают их широкое применение в настоящее время. Однако развитие прецизионной и космической техники, необходимость работы подвижных механизмов в крайне агрессивных условиях, а также современные тенденции внедрения энергоэффективных устройств обуславливают необходимость совершенствования и более широкого применения технологий магнитной левитации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

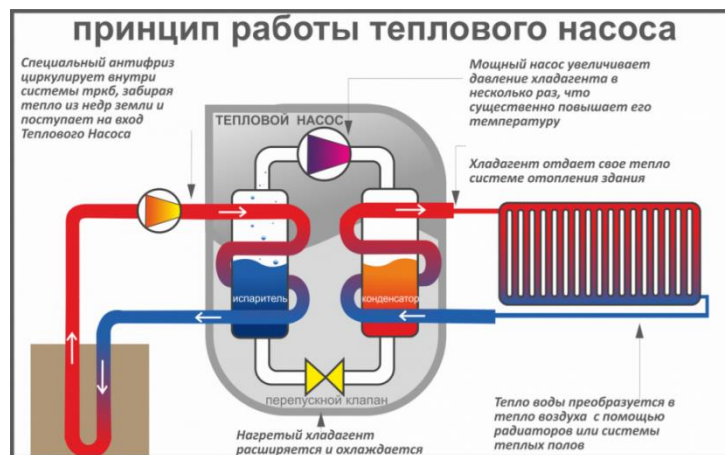
1. Мартыненко Ю.Г. О проблемах левитации тел в силовых полях // Соросовский образовательный журнал. - 1996. - № 3. - С. 82-86.
2. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. -М.: Высшая школа, 1983. - 463 с.
3. Антонов Ю.Ф. Зайцев А.А. Магнитолевитационная транспортная технология. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. - 476 с.
4. <http://elektrik.info/main/fakty/1259-magnitnaya-levitaciya.html>
5. <https://hi-news.ru/eto-interesno/kak-rabotaet-maglev.html>

ОӘЖ 621. 65

Бақытбекова Ш.Е., Мұхамеди М.А. (17-ТЭК-1), Дуйсембаева Г.С. (ВКГТУ)

## ЖЫЛУ СОРҒЫЛАРЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Жылу сорғылары (ЖС) бастапқы энергияны қайталама энергетикалық ресурстармен алмастыру жолымен органикалық отынды пайдалануды азайтуға ықпал ететін технология ретінде қазіргі заманғы энергетиканы дамытудың перспективалық бағыттарының бірі болып табылады және шетелдік және отандық зерттеушілердің назарында болады. Еуропа және Америка елдерінде тұрғын және кеңсе ғимараттарын, сондай-ақ әр түрлі үй-жайларды жылумен жабдықтау үшін 30 жылдан астам уақыт жұмыс істеп келеді. Ірі энергетикалық компаниялар жобалаумен, дайындаумен және енгізумен ЖС. Халықаралық энергетикалық агенттік (ХЭА, IEA латын аббревиатурасы) энергетикалық дамыған 28 ел кіреді және оның қызметінің мақсаты энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету және экологиялық жағдайды жақсартуды іздеу болып табылады [1].



1-сурет. Жылу сорғының жұмыс істеу тәртібі

Жылумен жабдықтаудың қазіргі заманғы жүйелерін жобалау және қайта құру кезінде жылу сорғылары технологиясын пайдалану мүмкіндігін ескеру қажет.

Жапония мен АҚШ-та қоғамдық ғимараттарды салуға рұқсат алу кезінде ЖЭК, атап айтқанда жылу сорғыш жүйелерді пайдалану міндетті шарт болып табылады. Ірі объектілердің жылыту, Кондиционерлеу және желдету жүйелері үшін дәстүрлі жылумен жабдықтау жүйесі кешенінде ЖС қолдану дәстүрлі энергия көздерін пайдаланған кезде де реттеу аймақтарының толық дербестігін және отын-энергетикалық ресурстарды едәуір үнемдеуді қамтамасыз етеді. Жүйе геотермальды көмегімен температураны ұстап тұратын жылу тасымалдағыштың тұйық контурынан тұрады қазандық (немесе ЖЭО, қазандық, бойлер, күн су жылытқыштар көмегімен), ал әр аймақтағы температуралық режим жылу сорғыларының көмегімен қамтамасыз етіледі.

Мұндай жүйелермен Жапонияда; АҚШ-та барлық көп қабатты ғимараттар жабдықталған.

Қазақстанда ЖС қолдану кеңеюде және кеңейтілетін болады, бұл үшін үлкен әлеует бар, сондықтан осы саладағы барлық ғылыми зерттеулер перспективалы.

ЖС артықшылықтарының бірі-ол жылыту және кондиционерлеу режимдерінде жұмыс істей алады және бұл технологиялар табысты заманауи аквапарктерді жобалау кезінде пайдалануға болады. Жабық аквапарк-бұл күрделі гидротехникалық құрылыс барлық жастағы адамдарды сауықтыру және демалуға арналған жасанды климат. Жобалау кезінде аквапарк салу және жобаның барлық бөліктерінің құндық көрсеткіштерін оңтайландыру мәселелері шешіледі, жобаның рентабельділік деңгейі анықталады. Жобаның құндық көрсеткіштерін оңтайландырудың негізгі міндетін шеше отырып, жобалаушының алдында көпкритериалды проблема туындайды және оның басты құраушысы жылу жүйесін құру тәсілінде жатыр.

Бассейндердің су бетінен орташа температурада тәулік бойы қарқынды булану жүреді, ауа температурасы 270 С және салыстырмалы ылғалдылығы 60%, әрбір 1 м<sup>2</sup> бассейн айналары 230г су/ сағ бөлінеді.

Нәтижесінде қолайсыз микроклиматтық жағдайлар жасалады және салыстырмалы суық қоршау конструкцияларында су булары конденсацияланады. Бұл терезелердің жылуына, қабырғалардың сулануына, үй-жайлардың ішкі әрленуінің бұзылуына, зеңнің пайда болуына, коррозияға әкеледі. Темір бетон арматурасының коррозиясы әсіресе қауіпті сондай-ақ әрекетпен өтетін ылғал қатқан кезде кірпіш қалауында және шлак бетонды қалауда жарықтардың пайда болуы сыртқы қоршаулардың қалыңдығындағы конденсация зиян. Ғимарат пен оның конструкцияларының толық немесе ішінара бұзылуы, сондай-ақ одан әрі пайдалануға жарамсыздығы орын алады. Маңызды міндеттердің бірі аквапарк ылғалды аймағының ішінде ауаны құрғату болып табылады. Артық ылғалдылықпен күресудің ең үнемді және тиімді тәсілі-конденсациялық деп аталады [2].

Жалпы ауданы 2000 м<sup>2</sup> астам ауадағы акваториялар үшін өнімділігі үлкен орталық кондиционер қондырғылары қолданылуы тиіс, шамамен 100 000м<sup>3</sup>/сағ. Реверсивті режимде жұмыс істейтін жылу сорғысы. Конструктивтік жылу сорғысы қысымнан жазға және жазға жұмыс режимін өзгертуге мүмкіндік береді. Мұндай өнімділік кезінде 4:1 көрсеткішімен энергетикалық тиімділік коэффициентіне қол жеткізу қажет, яғни тұтынылатын энергияның әрбір кВт-на берілетін қуат 4 кВт құрауы тиіс. Аквапарктер нысандар екенін ескере отырып тиісті пайдалану шығындарының 4 еселік төмендеуіне әкелетін көрсетілген тиімділік көрсеткіштері бірнеше жылға қажетті капиталды салымдардың өтелу мерзімімен айтарлықтай елеулі жылдық үнемдеуді береді.

Әрбір жобада техникалық-экономикалық көрсеткіштер негізінде ЖС пайдаланудың орындылығы туралы шешім нақты жағдайлар мен төмен әлеуетті жылу көзі үшін қабылданады. Нарық үшін күрес ЖС пайдалану сипаттамаларын үздіксіз жетілдіруге, олардың сенімділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыруға әкеледі.

Жылу сорғысының (ЖС) тиімділігінің негізгі көрсеткіші конверсия коэффициенті немесе қыздыру коэффициенті COP (жұмыс коэффициенті) болып табылады, ол жылу сорғының жылу шығынын компрессор тұтынатын қуатқа қатынасы ретінде анықталады.

ЖС жетілдіру: энергияны түрлендірудің тиімділігі, өндірілетін салқындатқыштың температурасын жоғарылату, қондырғының қуаттылығын арттыру, жылу сорғыларына салынатын капиталды азайту жетілдірумен сипатталады.

Жылу алу көзіне байланысты жылу сорғыларына бөлінеді:

- Геотермалдық (жердің, жер асты немесе жер асты суларының жылуын пайдаланыңыз)

- Ауа (жылу көзі ауа)

- туынды (екінші) жылуды пайдалану (мысалы, орталық жылу құбырынан шыққан жылу). Бұл опция тастауды қажет ететін ыстық жылу көздері бар өнеркәсіптік объектілер үшін өте қолайлы.

Жылу сорғысы технологияларын (ЖСТ) қолданған кезде, пайдаланылған отынның бірлігіне ЖС және компрессор жетегінің түріне қарамастан тұтынушы жанармайдың тікелей жануынан 1,2-2,5 есе көп жылу алады. Мұндай жоғары тиімділікке жылу сорғысының температурасы төмен табиғи жылуды (топырақтың, жер асты суларының, табиғи су қоймаларының, күн энергиясының) және техногендік көздердің (өндірістік қалдықтар, тазарту қондырғылары, желдету және т.с.с.) температурасы төмен «жылу» кіретіндігінің арқасында қол жеткізіледі. +3 °С -тен + 40 °С-қа дейін, яғни. жылумен қамтамасыз ету үшін қолдануға болмайтын жылу [3].

Жылу сорғылары пайдалануға ыңғайлы – олар тұрақты бақылауды және қымбат тұратын тұрақты қызмет көрсетуді талап етпейді. Орнатылған ауа райына тәуелді жылу сорғысын басқару жүйесі олардың жұмысын ғана емес, жүйенің барлық компоненттерін де бақылайды, ең үнемді және ыңғайлы жұмыс режимін қамтамасыз ете отырып. Жүйелер толығымен автоматты режимде жұмыс істейді, бұл ретте оларды Интернет немесе телефон арқылы басқару мүмкіндігі бар. ЖС-ның осы және басқа да артықшылықтары жылумен қамтамасыз ету мұқтаждары үшін өнімділігі әр түрлі импорт алмастыратын бу компрессиялық ТНУ құру, жобалау, әзірлеу бойынша неғұрлым өзекті міндеттерді жасайды.

## ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Мусабеков Р.А. Сығымдағыштар мен бу турбиналары: Оқу құралы. – Алматы: АЭЖБИ. 2005 – 84 бет.

2 Нагнетатели и тепловые двигатели. /В.М.Черкасский. – М.:Энергоатомиздат,1997.-384 с.

3 Паровые и газовые турбины. Под ред. Костюкова А.С.и ФроловаВ.В. . – М.:Энергоатомиздат, 2008.-350 с.

4 Бақытжанов И.Б. Бу және газ турбиналары: Оқу құралы. – Алматы: АЭЖБИ. 2005 – 84 бет.

УДК 697.94

Кендиржанов Е.Р. (18-МТЭК-2п), Талипов О.М. (ДокторPhD, ПГУ им. С.Торайгырова).

## УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗОЛОВЫХ ЧАСТИЦ ПУТЕМ ВЛАЖНОСТНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Одним из способов снижения удельного электросопротивления золовых частиц это химическое кондиционирование, т.е. ввод в поток уходящего газа перед электрофильтрами растворов химических реагентов. Увеличение содержания сернистых газов в виде солей до 20-30 мкг/л повышает степень улавливания золы на электрофильтрах с 80-85% до 99% [1].

При подаче солей натрия в различных формах во всех случаях степень улавливания золы возрастет. Недостатком этого способа является необходимость создания складов для хранения кислот и солей, организация узла подачи реагентов и организации обслуживания этого узла.

Учитывая, что исходная степень улавливания электрофильтрами на не модернизированных блоках Аксуской ГРЭС около 95-96,5%, дозировку химических реагентов можно значительно снизить и использовать для этих целей сбросные воды схем подготовки воды станции.

Для апробации методики кондиционирования была разработана и смонтирована опытно-промышленная установка на Аксуской ГРЭС.

### Описание опытно – промышленной установки

Схема установки представлена на рисунке 1. Сбросные воды, после выполнения всех операций по восстановлению ионообменной способности материала, направляются в баки-нейтрализаторы 1. Откуда насосом 2 стоки подаются по трубопроводу 3 в коллектор 4 установленный перед четырьмя газоходами ГЗ 1-4 корпуса А блока №2. От коллектора к каждому газоходу подведены по три форсунки 5.

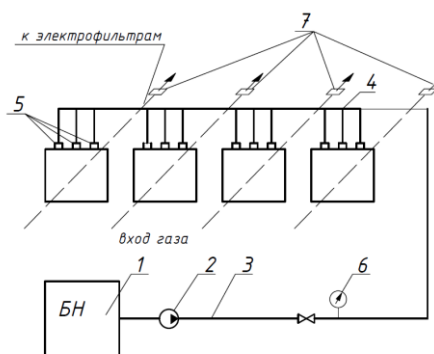


Рисунок 1 - Схема опытно-промышленной установки

В нижней точке каждого газохода установлены бункеры для осмотра газоходов и удаления возможных отложения золы.

Диапазон изменения давления в подающей линии можно менять от 0,2 до 0,6 МПа и измеряется в схеме манометром 6.



Влажность и каплеунос определяется в общем газоходе перед электрофильтром (позиция 7)

Современная тепловая электростанция является источником производственных сточных вод.

Количество стоков и степень их загрязненности зависят в основном от мощности ТЭС, типа установленного оборудования, вида сжигаемого топлива, схема сбора и очистки сточных вод, состояния оборудования и технического уровня его эксплуатации.

На Аксуской ГРЭС сточные воды ХВО, БОУ и др. можно использовать для повышения степени улавливания золы в электрофильтрах. Впрыскивая воду в газоходы перед электрофильтрами, снижая температуру газов на 10-15 °С, повышаем степень улавливания твердых частиц, а учитывая, что сбросные воды имеют преимущественно щелочную реакцию, одновременно повышается степень улавливания кислых составляющих газов, преимущественно  $SO_3, SO_2, NO_2$ . Химические стоки поданные в горячие газы газохода испаряются и удаляются в атмосферу, а упаренные соли удаляются с золой на золоотвалы.

При остаточных высоких температурах (120-125 °С), уходящих на электрофильтр газов, исключается повышение скорости коррозии газоходов и узлов электрофильтра.

На Аксуской ГРЭС установка полного химического обессоливания работает по следующей схеме: коагуляция воды в осветлителе, фильтрация на механических фильтрах, водород-катионирование и анионирование (три ступени). Проектная производительность ХВО после реконструкции 305 т/час обессоленной воды. Все блоки имеют блочные обессоливающие установки рассчитанные на 100% очистку собственного конденсата по схеме: фильтрации на механических фильтрах, одноступенчатое ионирование конденсата. Подпитка тепловых сетей выполнена по схеме с И-голодной регенерацией производительностью 75 т/час умягченной воды.

Основное количество сбросных вод после выполнения всех операций по восстановлению ионообменной способности материала (после регенерации), а так же продувочные воды осветлителей ХВО после баков – нейтрализаторов направляются в систему гидрозолоудаления, переполняя золоотвал.

Анализ технической документации Аксуской ГРЭС показывает, что за год в среднем на ХВО выполняется 1430 регенераций катионитовых фильтров 1-й ступени и 64 регенераций фильтров 11-й ступени, количеств анионитовых фильтров 1-й ступени 382 и 344 для 11-й ступени. На всех фильтрах БОУ за год выполняется в среднем 415 регенераций, из них: в 1 квартале – 100, во 2-м квартале – 103, в 3-м квартале – 116, в 4 квартале – 96 регенераций. Выполняется 502 гидрорегенерации ионообменного материала на фильтрах БОУ за тот же период. В среднем за год выполняется 110 регенераций фильтрам подпитки теплосети (схема с И-голодной регенерацией).

При средней нагрузке ХВО по обессоленной воды 280 т/ч и собственных нуждах ХВО 25%, количества сбросных вод находится в пределах 70 т/ч. При фактической нагрузке станции и расходах на собственные нужды БОУ 0,2%, количество сбросных вод БОУ находится на уровне 14 т/ч. При

гидроперегрузке фильтрующего материала на БОУ, с учетом использования воздуха, количества сбросных вод составляет 10-20 тонн на 1 гидроперегрузку (в среднем 1,5 т/ч).

Общее количество сбросных вод на станции, которые можно использовать для повышения степени очистки уходящих газов, не проводя больших реконструктивных работ 90 т/ч.

На Аксуской ГРЭС функционирует схема подготовки химически очищенной воды для подпитки теплосетей и котлов низких параметров, установленная на пусковой котельной, фактической производительностью 100 т/ч, а так же блок фильтрованной станции, общий поток сточных вод которые составляет 40-43 т/ч.

Таким образом, общее количество сточных вод ГРЭС, которые можно использовать для впрыска в газоходы с целью повышения степени улавливания золы и кислых составляющих (в основном  $SO_3, SO_2, NO_2$ ) составит около 130 т/ч.

Использования сбросных вод значительно улучшит баланс золоотвала, предотвратит его переполнение.

Химический анализ воды из баков – нейтрализаторов показывает, что солесодержание стоков находится на уровне 2600 мг/л и может повышаться до 8000 мг/л, периодически понижаясь до 1100 мг/л. Величина рН колеблется от 3,1 до 11,2. однако, следует отметить, что в сбросных водах ХВО количество щелочи превышает количества сбросных кислот, за счет того, что кислые сбросные воды частично используются повторно в цикле регенерации Н-катионитовых фильтров.

Сбросная вода БОУ, БФС и Na-катионитовой установки пусковой котельной практически нейтральна.

Влажность и зольность топлива в пересчете на рабочую массу была соответственно 6,2% и 40,5%. Низшая теплота сгорания топлива бралась равной 15846,58 кДж/кг. Значения  $Q_n^p, W^p, A^p, \Gamma_{cp}, \Gamma_{yn}$  определялись в лаборатории топлива станции. Величина  $g_0''$  характеризует количество уносимой золы за дымососом, улавливаемое пылеотбойной трубкой.

Параметры  $t_{yx}, t_{xв}, N_{эн}$  снимались на блочном щите. Значение  $\alpha_{yx}$  рассчитывалось по результатам показаний кислорода на щите и непосредственного газового анализа за регенеративным воздухоподогревателем.

Количество золы поступавшей в электрофильтр и уносимой в окружающую среду производилось расчетным путем.

Результаты испытаний показывают, что после введения химстоков температура уходящих газов понижается до 131<sup>0</sup>С. При этом эффективность пылеулавливателя, стабильно повышалась за время испытания. Необходимо отметить и значительное снижение составляющих в отходящих газах. Отсутствие каплеуноса перед электрофильтрами показывает о полном испарении химстоков в газоходе.

Таким образом, можно говорить о следующем механизме взаимодействия паровой фазы химстоков, ионов образовавшихся солей и золовых частиц. При гетерогенной абсорбции пар абсорбирует на золовых частицах и ионах. Само по себе наличие только золовых частиц не является еще достаточным условием абсорбции.

Образование ионов солей интенсифицирует процесс абсорбции влаги и, следовательно, повышает электропроводность среды. Несмотря на сравнительно небольшой расход стоков (3,5 т/час), за счет указанного механизма, наблюдается заметный рост КПД электрофильтра.

При анализе результатов второго испытания необходимо прежде всего отметить нестабильность режимов работы котельной установки, что нашло отражение в колебаниях основных параметров процесса очистки газов.

Таким образом, испарительное кондиционирование дымовых газов химстоками позволяет, во-первых, исправить их, а во-вторых, повысить эффективность системы газоочистки.

При данных условиях проведения эксперимента, удалось получить повышение КПД очистки до одного процента. Поэтому, заслуживает внимания пути увеличения КПД на  $2 \div 2,5\%$ . В связи с тем, что химическое кондиционирование можно выполнять при достаточно высоких температурах (порядка  $1200^\circ\text{C}$ ), необходимым условием является перекрытие всего потока газа в газоходе потоком дозирующих химических реагентов, что может гарантировать «опыление» подавляющего большинства твердых частиц золы растворами химических реагентов, на которых после испарения воды останется слой химических реагентов значительной повышающий электропроводность частиц золы. Та часть золы, которая не вошла в контакт с растворами химических реагентов не подвергается «опылению» и остается с неизменной электропроводностью частиц.

Рассмотрим схему перекрытия сечения газохода при распыле химстоков (рисунок 2).

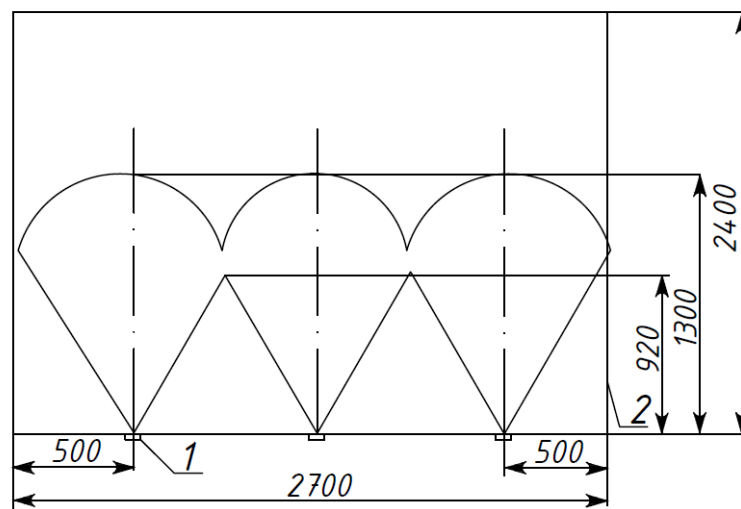


Рисунок 2 - Схема распыла жидкости по сечению газохода.

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1) Схема установки форсунок, используемая в опытах, в зависимости от давления перед форсунками, позволяет перекрывать сечение потока газа на 40-60%. При этом степень улавливания золы повышается до 1% абсолютных, при полном испарении химстоков. Для перекрытия сечения на 95-100% необходимо установить дополнительно еще 2 форсунки на противоположной стенке газохода, в связи, с чем температура уходящих газов снизится еще на 8-10<sup>0</sup>С, а степень улавливания золы повысится до 2-2,5% абсолютных.

2) Расход стоков на испарительное кондиционирование при проведении испытаний составил 3,5 т/ч на корпус. При монтаже дополнительных форсунок расход стоков на корпус увеличивается до 6 т/ч. Таким образом, при промышленном внедрении испарительного кондиционирования количества сбросных вод Аксуской ГРЭС достаточно для орошения 7 блоков, что в свою очередь снижает сброс стоков в золоотвалы на 90 т/ч и позволит прекратить переполнение золоотвалов.

3) Температура уходящих газов перед электрофильтром, с учетом установки дополнительных форсунок, остается достаточно высокой (117-125<sup>0</sup>С), что исключает возможность, так как испытания показали отсутствие каплеуноса.

4) В связи с использованием сбросных вод ХВО и БОУ в схеме испарительного кондиционирования, одновременно решается актуальный природоохранный вопрос бессточной схемы ХВО на Аксуской ГРЭС.

5) Применяя для кондиционирования сбросных вод ХВО и БОУ, имеющие щелочной характер, следует ожидать улавливание из газов кислых составляющих и в первую очередь  $SO_3, SO_2, NO_2$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кропп Л.И., Шмиголь И.Н., Палатки И.Б., Когай Г.Н. О применении температурно-влажностного кондиционирования для повышения улавливания высокоомной пыли в электрофильтре. В сб.: «Пути снижения пылегазовых выбросов тепловых электростанций». М., 1983.. с. 60-66.

2. Отчет ПИИ № гос.регистр. 01.830010551, Павлодар 1985.

3. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Под редакцией Кузнецова Н.В., М., Энергия, 1973.

Вегенер П.П., Мак Л.М. Проблемы механики. М., ил., 1961, вып. 3., 254

УДК 397.326

Жакибаев С.Ж.(18-МТЭК-2п), Байдилдина А.Т (ВКГТУ)

## РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ КОТЛА БКЗ-160-100-ФБ ТОО «СОГРИНСКАЯ ТЭЦ»

Котел БКЗ-160-100ФБ вертикальный, водотрубный, однобарабанный с естественной циркуляцией, с камерным сжиганием топлива, компоновка П-образная. Расчетный уголь Кузнецкого месторождения марки "СС".

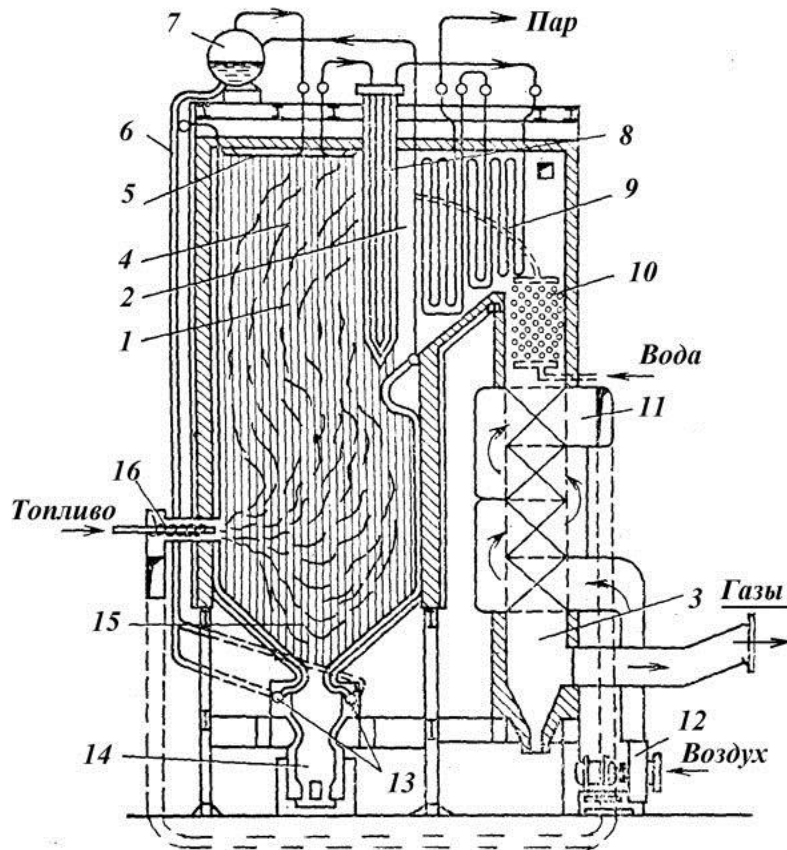
Барабан котла - сварной конструкции и является первой ступенью испарения, т.е. чистым отсеком, в нем установлено внутри барабанное сепарационное устройство, которое состоит из:

- циклонов в кол-ве - 38шт;
- промывочного щита;
- дырчатого листа;
- поддона.

Кроме того барабан оборудован трубой для фосфатирования, устройством аварийного слива, успокоительными решетками на опускных трубах, соплами для разогрева.

Стены топочной камеры изготовлены из труб  $\varnothing 60 \times 5$  (ст.20). Экраны котла разделены на 12 самостоятельных циркуляционных контуров (по числу топочных блоков). Каждый экран имеет два коллектора  $\varnothing 273 \times 26$  (ст.20). Обмуровка топки облегченная и крепится непосредственно к трубам. Фронтной и задней экраны состоят из трех блоков. В каждом блоке по 37 труб  $\varnothing 60 \times 5$  с шагом 64 мм. В нижней части топки фронтная и задняя стенки образуют "холодную воронку", которая с помощью гидрозатвора соединяется с установкой непрерывного механизированного шлакоудаления. Установка непрерывного шлакоудаления состоит из шлакового шнека с электрическим приводом. Шлаковый шнек помещен в шлаковый бункер, в верхней части которого приварен короб гидрозатвора, заполняемый водой. К коллекторам холодной воронки приварены сплошным швом листы из стали  $b=5$  мм. Свободный конец листа погружен в воду гидрозатвора, что позволяет исключить присосы воздуха в нижней части топки.

Внутренняя поверхность шлакового бункера футеруется шамот бетоном, толщиной 100 мм или выкладывается кирпичом ШБ-5 с последующей футеровкой шамот бетоном. Внизу бункера установлен шлаковый шнек, вращающийся на подшипниках скольжения, выполненных из текстолита или капролопластана, в качестве смазки используется вода. Привод шлакового шнека расположен на специальной площадке. Шнек приводится во вращение от электродвигателя мощностью 4,5 кВт. Число оборотов шнека 7 об/мин. Вода на заполнение шлакового бункера и гидрозатвора подается из коллектора технической воды. Падающий из топки шлак попадает в бункер с водой и ванну шнека, где гранулируется и подается шнеком в верхнюю часть, откуда лопатой установленной на шнеке, выбрасывается через течку в канал гидрозолоудаления.



1 - основной барабан; 2 - барабан конвективного пучка; 3 - выносной циклон (третья ступень испарения); 4 - конвективный пучок; 5 - передняя панель боковых экранов (вторая ступень); 6 - средняя панель боковых экранов, (третья ступень испарения); 7 - задняя панель боковых экранов (первая ступень); 8, 9 - коллекторы заднего и фронтального экранов (первая ступень); 10 и 11 - нижняя и верхняя части экономайзера; 12 - петля пароперегревателя; 13 - выходная камера пароперегревателя

Рисунок 1 - Циркуляционная схема котла БКЗ-160-10ФД

На котлах ст. №1,3 установлена система ПВКд, 8 прямооточных горелок расположенных по углам топki в два яруса. Оси противоположных горелок смещены от осевой линии, так, что при работе котла в центре топki образуется факел диаметром 950 мм. На котле ст. №2 установлена система ПВКд, 4 прямооточных горелки расположенных по углам топki в один ярус.

Для растопки котла и поддержания устойчивого режима горения при малых нагрузках и ухудшенном качестве топлива в топке котла установлено две мазутные форсунки. Задний экран в верхней части выполнен с аэродинамическим порогом.

-Пароперегреватель комбинированный радиационно-конвективного типа, состоит из 4 ступеней. Радиационная часть пароперегревателя выполнена в виде ширмовых поверхностей и потолочных труб топki. Первая ступень

состоит из потолочной радиационной и конвективной частей, выполненных из труб  $\text{Ø } 38 \times 4$  (ст. 20).

-Вторая ступень состоит из 12 ширм. Трубы  $\text{Ø } 38 \times 4,5$  выполнены из стали 12Х1МФ.

-Третья ступень пароперегревателя – конвективная изготовлена из труб  $\text{Ø } 38 \times 4,5$  ст. 12Х1МФ.

-Четвертая ступень выполнена из стали 12ХМФ  $\text{Ø } 38 \times 4,5$ .

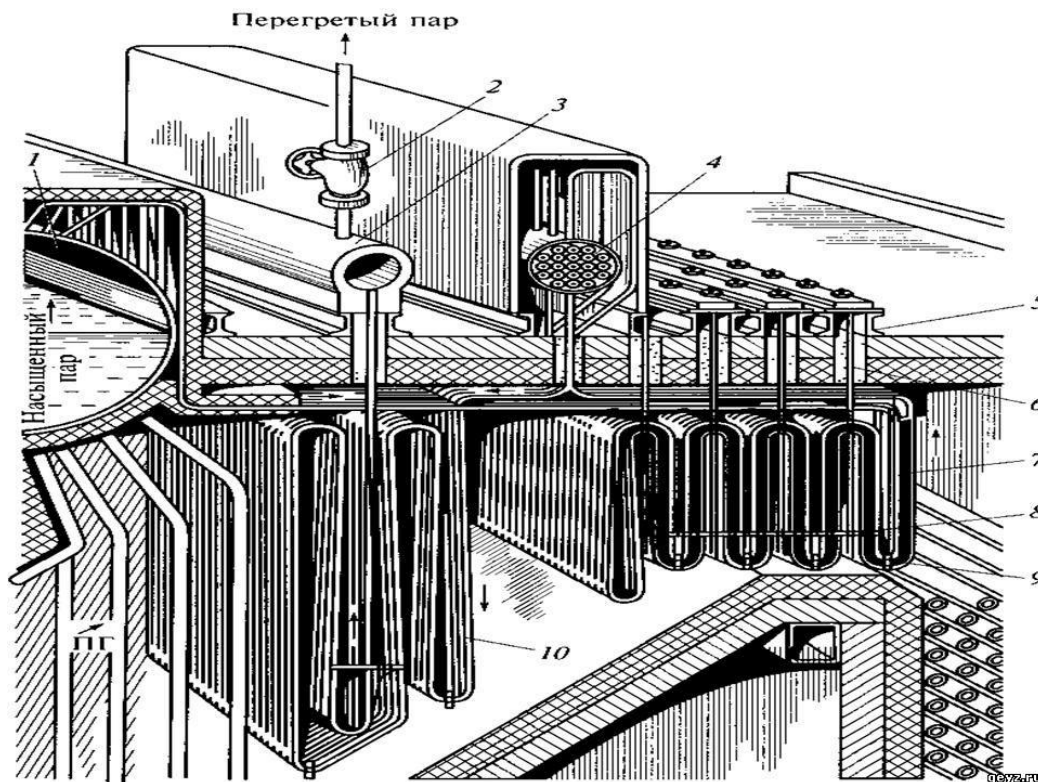


Рисунок 2 - Пароперегреватель комбинированный радиационно-конвективного типа

Пар из барабана котла с температурой 317 0С по 6 пароперепускным трубам поступает в потолочную часть I ступени, пройдя которую попадает в конвективную часть I ступени и перегревается до 382 0С. Из I ступени перегретый пар идет в коллектор пароохладителя I ступени впрыска, затем во 2-ю ступень, где перегревается до температуры 417 0С. Из второй ступени пар поступает в 3-ю ступень конвективного пароперегревателя, откуда с температурой 513 0С попадает во вторую ступень пароохладителя. Из пароохладителя второй ступени пар поступает в 4-ю ступень, где перегревается до номинальной температуры 540 0С. Из выходного коллектора 4-й ступени поток пара по шести пароперепускным трубам подается в парозаборную камеру, а из нее в главный паропровод.

На паросборной камере установлены главные предохранительные клапана для защиты котла от повышения допустимых давлений, с импульсами от барабана котла (рабочий клапан) и парозаборной камеры (контрольный

клапан). Импульсные клапана настроены на срабатывание при давлении 1,08 Р в барабане и 1,05 Р в парозаборной камере. Коллектора и пароперепускные трубы пароперегревателя, кроме первой ступени, выполнены из ст. 12Х1МФ. Первая ступень изготовлена из ст.20. Поверхность нагрева I ступени пароперегревателя 620 м<sup>2</sup>, второй – 387 м<sup>2</sup>, третьей и четвертой – по 245 м<sup>2</sup>.

Водяной экономайзер кипящего типа, гладкотрубный, змеевиковый, изготовлен из труб Ø 32 x 4 ст. 20; двух ступенчатый в рассечку с воздухоподогревателем и находится в опускном газоходе конвективной части. Поверхность нагрева I ступени водяного экономайзера 800 м<sup>2</sup>, второй – 506 м<sup>2</sup>. Поверхность нагрева I ступени воздухоподогревателя 7140 м<sup>2</sup>, второй – 2880 м<sup>2</sup>.

Питательная вода подается из химводоочистки в баки ХВО котельного отделения, откуда насосами ХВО перекачивается в деаэратор № 3 атмосферного типа. Пройдя первичную деаэрацию, питательная вода перекачивается в шести атмосферные деаэраторы, где происходит окончательное удаление СО<sub>2</sub> и О<sub>2</sub>. Из деаэраторов 6 ата вода подается во всасывающий коллектор питательных насосов, куда врезана линия консервации котлов избыточным давлением. Питательные насосы ПЭ-270 подают воду с температурой 1500С в подогреватели высокого давления, турбин, где она нагревается до 2150С и по горячему стояку перекачивается на питание котлов. Из выходных коллекторов второй ступени водяного экономайзера вода с температурой 2880С по 12 трубам 60x5 поступают в барабан котла. Уходящие газы во вторую ступень поступают с температурой 520-6000С, затем последовательно направляются во вторую ступень воздухоподогревателя, первую ступень экономайзера и I ступень воздухоподогревателя.

Котел имеет двухступенчатую схему испарения с промывкой пара питательной водой. Второй ступенью испарения являются средние блоки боковых стенок экрана, выполненные из 29 труб Ø 60x5 и выносные циклоны Ø 426x35 мм. Выносные циклоны соединены с барабаном котла по воде трубой Ø 133x10, по пару – двумя трубами Ø 133x10 каждый. Для выравнивания перекаса по солесодержанию в солевых отсеках установлены линии рециркуляции, соединяющие нижний коллектор правого среднего блока с левым циклоном и нижний коллектор левого среднего бокового экрана с правым циклоном. Непрерывная продувка производится из выносных циклонов.

Уходящие газы, пройдя первую ступень воздухоподогревателя поступают в трубы "Вентури", где происходит коагуляция золовых частиц. После труб "Вентури" газы с золой поступают в скруббера МПВТИ, где происходит очистка дымовых газов до 97.5-98.0%. Из скрубберов дымовые газы поступают в дымосос, затем в дымовую трубу.

Результаты теплового расчета котла БКЗ-160-100ФБ приведены в таблицах 1, 2.



Таблица 1 - Объемы продуктов сгорания в поверхностях нагрева

Наименование величин и расчетные формулы	Топка с фестом	П/П 1ст.	П/П 2ст.	ВЭК 2ст.	ВЗП 2ст.	ВЭК 1ст.	ВЗП 1ст.
Коэффициент избытка воздуха за поверхность нагрева $\alpha'' = \alpha_T + \sum \alpha_i$ , м <sup>3</sup> /кг	1,2	1,225	1,25	1,27	1,32	1,34	1,39
Средний коэффициент избытка воздуха $\alpha_{срi} = \alpha_{i-1}'' + \alpha_i/2$ , м <sup>3</sup> /кг	1,2	1,212	1,237	1,26	1,295	1,33	1,365
Объем водяных паров $V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0.016 * (\alpha_{ср} - 1) * V_B^0$ , м <sup>3</sup> /кг	0,51	0,515	0,517	0,519	0,521	0,524	0,527
Полный объем газа $V_T = V_T^0 + 0.016 * (\alpha_{ср} - 1) * V_B^0$ , м <sup>3</sup> /кг	5,81	5,87	5,58	6,092	6,25	6,41	6,57
Объемная доля 3- х ат. газов $r_{го2} = V_{го2} / V_T$	0,143	0,141	0,139	0,136	0,134	0,129	0,126
Объемная доля водяных паров $r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_T$	0,0883	0,087	0,086	0,0853	0,0834	0,0817	0,08
Суммарная объемная доля $r_H = r_{H_2O} + r_{го2}$	0,231	0,229	0,225	0,221	0,216	0,211	0,206
Безразмерная концентрация зольных частиц	0,0355	0,034	0,033	0,033	0,0325	0,032	0,0315

Таблица 2 -Энтальпии продуктов сгорания

	Подогрев на воздухе	Подогрев на углекислом газе
Выходная температура угольной эмульсий	80 градусов	95 градусов
Понижения температуры уходящих газов в атмосферу	123 градусов	112 градусов
Уменьшение затрат горячего воздуха на СН котла	50 000 куб. метр	49500 куб. метр
Уменьшение золы в процессе горения	70 тонн	65 тонн
Уменьшения хлопков пылесистемы	30 процентов	5 процентов

Вывод:

Произведенный расчет наглядно показывает энергоэффективность предложенных решений в экономическом плане достигаемую за счет применения вторичных ресурсов которые при существующей схеме выбрасывались в атмосферу и в свою очередь нагревали окружающую среду.

В результате данного расчета реконструкции системы подогрева угля на стадий пылеприготовления в котлах БКЗ-100-160ФБ и их внедрение позволит:

- Обеспечить устойчивое горение твердого топлива при различных нагрузках котла и снизить расход горячего воздуха.
- Повысить КПД брутто котла на 2,5% за счет снижения потерь с механическим недожогом.
- Уменьшить выбросы оксидов азота, а также твердых веществ в атмосферу.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Программа развития электроэнергетики до 2030 года/ Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 09.04.1999 года N 384
- 2 Степанов В.С., Степанова Т.Б. Эффективность использования энергии и энергосбережение: Учебное пособие. Иркутск: ИрГТУ, 2002. - 145 с.
- 3 ГУ «Управления энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Восточно-Казахстанской области», «О состоянии и перспективах развития энергетического комплекса ВКО». <http://energyvko.gov.kz/>

УДК 697.326

Тусупқанов С.Т. (18МТЭК-2п), Уазырханова Г.К.(ВКГТУ)

## К ВОПРОСУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Сегодня перед строительным комплексом Республики стоит широкий спектр задач, которые охватывают как технические, экономические, так и социальные проблемы, от своевременного решения которых будет зависеть успех проведения реформ и в жилищно-коммунальном комплексе. Одним из возможных путей является повышение энергоэффективности, энергообеспечения жилищно-коммунальной сферы, охватывая территорию и каждый дом от источника до потребителя.

Одной из причин кризисного состояния системы теплоснабжения ЖКХ является низкая степень коррозионной устойчивости всей трубопроводной сети, транспортирующей тепло. Потери тепла через тепловые сети сегодня достигают 30%, а в некоторых случаях и 50%, плюс возрастание количества аварий тепловых сетей. Для повышения надежности тепловых сетей должны быть приняты необходимые меры для санации существующих сетей и строительства новых из более коррозионностойких материалов и применения технологий, повышающих их коррозионную устойчивость.

Однако существует и другая энергосберегающая технология теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства, позволяющая существенно сократить протяженность тепловых сетей, а иногда и вовсе отказаться от них. Использование автономного теплоснабжения в районах с развитой системой газификации дает возможность строить не магистральные, а внутриквартальные тепловые сети, причем запроектировать параметры теплоносителя 115-70°C, что позволяет вывести стальные трубы тепловых сетей из зоны температур активной коррозии.

В результате рассмотрения технико-экономических и экологических показателей схем теплоснабжения появился вариант автономного теплоснабжения путем строительства пристроенных автономных источников тепла (АИТ). При использовании АИТ ликвидируется необходимость строительства магистральных тепловых сетей с сооружением на них узлов расщечек насосных станций, что позволяет уменьшить капитальные затраты. Помимо этого полностью исчезают потери, даже расчетные, объективно присущие тепловым сетям и повышается энергетическая эффективность всей системы. Соответственно, исчезает источник роста этих потерь в процессе эксплуатации, сокращается расход воды на подпитку тепловых сетей и расход электроэнергии на перекачку теплоносителя.

Более рациональным и, тем не менее, подлежащим экономической и экологической оценке решением ликвидации ненадежного звена системы теплоснабжения является устройство крышных АИТ, при которых ликвидируется необходимость строительства и потери, связанные с ними не только магистральных, но и внутри квартальных тепловых сетей. В этом

случае, увеличение стоимости строительства на 10-15% по сравнению с пристроенными АИТ оправдывается еще большим увеличением энергетической эффективности системы, что происходит за счет ликвидации промежуточных непроизводительных потерь и сокращения экологического ущерба на окружающую среду вследствие существенного уменьшения количества сжигаемого топлива и применения экологически безопасного оборудования.

Однако в проектировании и строительстве крышных АИТ накопилось достаточное количество негативных оценок. Продолжается практика применения в крышных АИТ громоздкого, тяжеловесного оборудования. Такое оборудование характеризуется достаточно большим удельным весом от 5 до 10 кг/кВт мощности, высоким уровнем шума и вибрации, а шумоподавляющие, виброизолирующие мероприятия и устройства в этих проектах не используются. Все это приводит к утяжелению несущих конструкций жилых зданий, наличию шума и вибрации в жилых помещениях.

И это несмотря на то, что существуют котлы с малым удельным весом от 0,8 до 1,5 кг/кВт мощности, малозумные, без вибрации с горелками с низкой эмиссией  $\text{Nox}$ . Все это свидетельствует о некачественном подходе к проектированию и, к сожалению, проходит мимо внимания инспектирующих и надзорных органов.

Существенно повышается энергетическая эффективность системы теплоснабжения (оценивается только КПД котла 92-96%) и исключается полностью трубопроводная сеть при применении в экономически оправданных случаях поквартирного теплоснабжения на основе двухконтурных настенных газовых котлов с закрытой топкой. Такие котлы характеризуются малым удельным весом до 0,5 кг/кВт мощности, бесшумностью низкой эмиссией  $\text{Nox}$  и не оказывают влияние на воздушный баланс в жилых помещениях. Но, к сожалению, у нас серийное производство таких котлов еще не освоено.

При проектировании систем также необходимо учитывать особенности, влияющие на выбор оборудования, устройства дымоудаления, воздухоподачи и безопасности. Некачественный подход к этим вопросам может привести к негативным последствиям, которые уже имели место в практике проектирования. Поэтому целесообразно эти системы проектировать на основе территориальных строительных норм, учитывающих местные условия.

Таким образом, в экономически и экологически оправданных случаях появляется возможность исключения ненадежного звена системы теплоснабжения, каковым является трубопроводная сеть, с одновременным повышением энергетического эффекта системы за счет уменьшения или устранения непроизводительных потерь. Тем не менее, это не исключает необходимость использования в системах тепло-, водоснабжения трубопроводов из коррозионностойких материалов с достаточно эффективной теплоизоляцией. Следует отметить, что хотя уже давно назрела необходимость, трубы из полимерных материалов с большим сроком службы для температурных условий выше  $95^{\circ}\text{C}$  пока отсутствуют.

Низкое качество теплозащиты отапливаемых зданий приводит к недопустимому уровню теплопотерь через ограждающие конструкции и

перерасходу тепла на отопление. Одной из основных причин несоответствия фактического количества теплоизоляции объектов нормативным требованиям является отсутствие таковых к качеству теплоизоляции ограждающих конструкций готового объекта, полученных в результате натурных обследований с последующим оформлением теплоэнергетического паспорта.

Повышение уровня теплозащиты и воздухопроницаемости ограждающих конструкций зданий в последние годы принималось без учета особенностей и взаимосвязи систем инженерного оборудования (отопления, вентиляции) с конструкциями здания. Повышение уровня теплозащиты зданий за счет увеличения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и снижения воздухопроницаемости окон, с одной стороны, обеспечило снижение расхода тепла на отопление, а с другой - ухудшило условия работы вентиляции. В современных зданиях практически отсутствует инфильтрация, вытяжная вентиляция не работает, создавая дискомфортные условия проживания. Поэтому необходимо использовать устройство вытяжной вентиляции с механическим побуждением через саморегулирующиеся вытяжные решетки, реагирующее на повышение влажности или содержания СО в помещениях. При этом должна быть организована и подача наружного воздуха системой приточной вентиляции или через приточные отверстия в наружном ограждении, в том числе путем устройства таких отверстий в конструкциях современных герметичных окон, которые работают за счет разности давлений внутри и вне помещений.

Вероятно, пора решить эту проблему хотя бы экспериментальным путем, используя зарубежный опыт, а заводам, выпускающим стеклопакеты, освоить их производство с такими устройствами. Тем более что в зарубежной практике применение устаревшей схемы вентиляции при строительстве и реконструкции жилого фонда запрещено строительными нормами. При этом современная схема вентиляции дает возможность не только экономить тепло и создавать комфортные условия для проживания, но и ликвидировать вредные воздействия повышенной влажности на имущество и строительные конструкции, снизить потери тепла на 15-20%.

До сих пор в жилых зданиях массовой застройки проектируются и используются типовые системы отопления. Использование же регулируемых поквартирных систем отопления дает более эффективное использование тепловой энергии, обеспечивающее комфортные условия для проживания. Поквартирные системы отопления имеют ряд существенных преимуществ:

- обеспечивают большую гидравлическую устойчивость системы отопления жилого здания;
- повышают уровень комфорта в квартирах за счет обеспечения температуры воздуха в каждом помещении по желанию потребителя;
- обеспечивают возможность учета тепла в каждой квартире и сокращение расхода тепла за отопительный период на 10-15% при автоматическом или ручном регулировании тепловых потоков;
- удовлетворяют требования заказчика по дизайну (возможность выбора типа отопительного прибора, труб, схемы прокладки труб в квартире);

- обеспечивают возможность замены трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры и отопительных приборов в квартирах при перепланировке или при аварийных ситуациях без нарушения режима эксплуатации систем отопления в других квартирах;

- дают возможность проведения наладочных работ и гидро статических испытаний в отдельной квартире.

В практике проектирования и строительства жилых и общественных зданий до сих пор применяются элеваторные узлы в индивидуальных тепловых пунктах. Необходимо нормативно запретить их применение, перейдя полностью на автоматизированные тепловые пункты с многоскоростными насосами смешения и погодозависимыми регуляторами, позволяющими поддерживать температурный график для каждого жилого дома.

Внедрение перечисленных энергосберегающих технологий дает возможность снизить потребление тепла на отопление и вентиляцию жилых зданий более чем в 2 раза. Применение домовых автоматизированных насосных станций водоснабжения и организация учета потребляемой холодной и горячей воды также позволяет вдвое сократить потери тепла и воды, создавая мотивацию населению на экономное использование этих ресурсов.

Однако следует заметить, что зачастую широкому внедрению энергосберегающих технологий препятствует существующая концепция архитектурно-планировочных решений жилого здания. Поэтому архитекторам и инженерам следует подумать над новыми решениями современных жилых зданий, чтобы создать не только инженерные, но и организационно-правовые условия для внедрения энергосберегающих технологий.

Только комплексный подход к решению поставленных задач может дать положительный результат.

#### ИСТОЧНИКИ ЛИТЕРАТУРЫ

1) [www.rocteplo.ru](http://www.rocteplo.ru) Шарипов А. Я. Пути повышения энергоэффективности в сфере инженерного обеспечения ЖКХ

2) Бухаркин Е. Н. Возможности повышения экономичности систем теплоснабжения с газовыми водогрейными котельными//Журнал "Новости теплоснабжения", № 8 (24), август, 2002, С. 26 - 29

УДК: 697

Полторацкая В.Н. (18-МТЭ-2п), Прохоренкова Н.В. (ВКГТУ им. Д.Серикбаева)

## ПОКВАРТИРНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

В статье рассмотрена система поквартирного отопления ее преимущества и возможные схемы систем. Представлено обоснование выбора поквартирной системы для жилых многоквартирных домов нового поколения.

Ключевые слова: поквартирная система отопления, отопительные приборы, энергосбережение, энергоэффективность.

В Республике Казахстан вопрос энергосбережения и повышения энергоэффективности всегда остается открытым. Разрабатываются и внедряются различные Программы для всех отраслей экономики, но в связи с тем, что основным потребителем энергетических ресурсов в стране является промышленность, вопросу энергоэффективности жилых и общественных зданий в Казахстане уделяется мало внимания.

Создание комфортных условий для жизнеобеспечения человека требует больших затрат энергетических ресурсов, которые используются крайне неэффективно. Решением этой проблемы может стать проектирование и строительство жилых зданий нового поколения, при возведении которых будет использован комплексный подход: применение альтернативных источников энергии, тщательный выбор объемно – планировочных, конструктивных решений и инженерных систем.

В климатических условиях Казахстана, а в частности Усть – Каменогорска, системы отопления жилых зданий являются наиболее энергоемкими из инженерных систем, поэтому актуальна проблема рационального потребления и распределения тепловой энергии системами отопления.

На основании теоретических расчетов, проектных данных и опыта эксплуатации пилотных энергоэффективных зданий, их теплопотребление может быть снижено на 30 – 50%. Ниже представлена таблица (Таблица 1) в которой указаны основные направления энергосбережения в системах отопления и возможные результаты энергосберегающих мероприятий. [1]

Таблица 1. Комплексный анализ энерго- и ресурсосберегающих мероприятий [1]

№ п/п	Наименование энергосберегающих мероприятий	Эффективность
1	Установка радиаторных термостатов	6-7%
2	Пофасадное регулирование	10-11%
3	Программный отпуск тепла	3%
4	Установка квартирных теплосчетчиков	10-40%
5	Применение неметаллических трубопроводов	Снижение расхода металла до 60%
6	Создание систем лучистого отопления	25%
7	Проектирование воздушных систем отопления	10-15%

Таким образом, для создания зданий с более эффективным использованием тепловой энергии, обеспечивающих комфортные условия для проживания человека, необходимы современные, энергоэкономичные системы отопления. Регулируемые поквартирные системы отопления вполне отвечают этим требованиям.

Поквартирная система отопления – система с разводкой трубопроводов в пределах одной квартиры, обеспечивающая поддержание заданной температуры воздуха в помещениях этой квартиры. [2]

Анализ ряда проектов показывает, что поквартирные системы отопления имеют ряд преимуществ по сравнению с центральными системами (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Преимущества поквартирной системы отопления

Поквартирные системы отопления:

- обеспечивают большую гидравлическую устойчивость системы отопления жилого здания;
- повышают уровень комфорта в квартире за счет обеспечения температуры воздуха в каждом помещении по желанию потребителя;
- обеспечивают возможность учета тепла в каждой квартире и сокращение расхода тепла за отопительный период на 10 – 15% при автоматическом или ручном регулировании тепловых потоков;
- удовлетворяют требования заказчика по дизайну (возможность выбора типа отопительного прибора, труб, схемы прокладки труб в квартире);
- обеспечивают возможность замены трубопроводов, запорно – регулирующей арматуры и отопительных приборов в отдельных квартирах при перепланировке или при аварийных ситуациях без нарушения режима эксплуатации систем отопления в других квартирах, возможность проведения наладочных работ и гидравлических испытаний в отдельной квартире. [2, 3]

В качестве теплоносителя в системах поквартирного отопления, как правило, применяется вода. При технико – экономическом обосновании допускается применять другие теплоносители.



Параметры теплоносителя для систем поквартирного отопления в зависимости от источника тепла, типа используемых труб и способа их прокладки приведены в таблице 2. [2]

Таблица 2. Параметры теплоносителя систем поквартирного отопления [2]

Система отопления	Параметры, °С	
	допустимые	рекомендуемые
С отопительными приборами и трубопроводами из стальных и медных труб	не > 95	80 – 65 80 – 60
С отопительными приборами и трубопроводами, выполненными частично или полностью из полимерных или металлополимерных труб	не > 90	80 – 65 80 – 60
С нагревательными змеевиками (в полу) из любых труб	не > 55	-
С квартирными и автономными источниками тепла	не > 90	60 – 80

Системы поквартирного отопления могут выполняться по следующим схемам (Таблица 3). [2, 3]

Таблица 3. Схемы систем поквартирного отопления

	<p>Двухтрубные горизонтальные (тупиковые или попутные) с параллельным подсоединением отопительных приборов. Трубы прокладываются у наружных стен, в конструкции пола или в специальных плинтусах – коробах.</p>
---	---

Продолжение таблицы 3

	<p>Двухтрубные лучевые с индивидуальным подсоединением трубопроводами (петлями) каждого отопительного прибора к распределительному коллектору квартиры. Допускается подсоединение «на сцепке» двух отопительных приборов в пределах одного помещения. Трубопроводы прокладываются в форме петель в конструкции пола или вдоль стен под плинтусами. Система удобна для монтажа, т.к. используются трубопроводы одного диаметра, отсутствуют соединения труб в полу.</p>
	<p>Однотрубные горизонтальные с замыкающими участками и последовательным подсоединением отопительных приборов. Значительно сокращается расход труб, но поверхность нагрева отопительных приборов увеличивается приблизительно на 20% и более. Схема рекомендуется к применению при более высоких параметрах теплоносителя и меньшем перепаде температур (например 90 – 70°C). За счет увеличения количества затекающей в прибор воды уменьшается поверхность нагрева прибора. Расчетная температура воды, выходящей из последнего прибора, не должна быть ниже 40°C.</p>
	<p>Напольные с укладкой нагревательных змеевиков из труб в конструкции пола. Напольные системы обладают большей инерционностью, чем системы с нагревательными приборами, менее доступны для ремонта и демонтажа.</p>

Здания спроектированные и возведенные исходя из комплексного подхода имеют повышенную тепловую защиту ограждающих конструкций. В этих зданиях поквартирные системы отопления создают дополнительные возможности и стимулы для более эффективного использования тепловой энергии самими потребителями. Связано это с тем, что эти системы отопления обычно проектируют с автоматическими терморегуляторами у отопительных приборов и счетчиками расхода теплоты как на вводе в здание, так и для каждой квартиры. Потребители сами заинтересованы в том, чтобы меньше потреблять и соответственно меньше платить за отопление.

В Республике Казахстан в настоящее время отсутствует опыт проектирования и строительства жилых домов с поквартирной системой отопления. Возможно, это связано с отсутствием какой – либо нормативной базы и рекомендаций по проектированию. Также некоторые сложности могут возникать из – за необходимости присоединение поквартирных систем к тепловым сетям по независимой схеме, т.е. через теплообменники в квартальном ЦТП или индивидуальном тепловом пункте (ИТП), а это дополнительные затраты.

Благодаря автоматическому регулированию теплоотдачи отопительных приборов при изменении тепловой нагрузки в помещениях и возможности жильцов регулировать теплоотдачу отопительных приборов с учетом режима проживания семьи (снижение температуры воздуха в помещениях на время отсутствия жильцов, уменьшение теплопотерь) может быть достигнута экономия тепловой энергии от 20 до 30%. [1,2]

Согласно [3], стоимость устройства поквартирной системы отопления, исходя из опыта проектирования ряда объектов, ненамного превышает стоимость стандартных схем с вертикальными стояками, однако срок службы поквартирной системы отопления примерно в 2 раза выше, таким образом, использование данной схемы даже экономически целесообразнее.

Исходя из вышесказанного и из условия максимального энергосбережения для жилых зданий нового поколения целесообразно принять горизонтальную поквартирную систему отопления с прокладкой труб у наружных стен. В дальнейшем для магистерской работы будут выполнены расчеты исходя из выбранной системы отопления.

#### Список литературы:

1. Подолян Л.А. Энергоэффективность жилых зданий нового поколения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва – 2005г.;
2. Садовская Т.И. Система поквартирного отопления [Электронный ресурс], URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=1954](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1954);
3. Колубков А.Н., Никитин С.Г., Шилкин Н.В., Белов А.Л., Бочкалов Д.А. Опыт проектирования и эксплуатации поквартирных систем отопления высотных жилых зданий [Электронный ресурс], URL: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2964](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2964).

УДК 544.6.018.49

Токтарбаева Г.М. (18-МФЗ-2п), Р.О. Сейсебаева (18-МФЗ-2п), Рахадиллов Б.К. (ВКГУ им. С. Аманжолова)

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ СТАЛЕЙ

Образование устойчивой сплошной парогазовой оболочки вокруг активного электрода является необходимым условием для осуществления электролитно-плазменного азотирования. На образование устойчивой сплошной парогазовой оболочки влияют не только параметры электрической цепи, но и молекулярные свойства жидкости, которые зависят от состава электролита и его концентрации [1, 2]. Кроме того, основные показатели качества электролитно-плазменной обработки, к которым можно отнести твердость, толщину модифицированного слоя и износостойкость, зависят от ряда факторов: состав электролита, плотность тока, напряжения, температуры электролита, времени обработки. Среди этих факторов важнейшая роль принадлежит составу электролита. Для поверхностной закалки сталей наиболее широко применяются водные растворы карбоната натрия [3]. Как известно [4, 5], для катодного процесса наиболее оптимальным компонентом, обеспечивающим устойчивый разряд является карбонат натрия. В связи с этим, для проведения поверхностной закалки был выбран электролит на основе карбоната натрия. С целью предотвращения процесса обезуглероживания в состав электролита был добавлен карбамид. Выбор карбамида связан с тем, что данное вещество является источником углерода, а так же характеризуется дешевизной и экологической безопасностью. Важно также отметить, что карбамид хорошо растворим в воде: при 20°C растворимость карбамида 51,83 % (масс) [6]. Кроме того карбонат натрия хорошо взаимодействует с карбамидом. В связи с этим в качестве компонента, обеспечивающего оптимального значения электропроводности электролита, выбран карбонат натрия, а в целях предотвращения обезуглероживания поверхности выбран карбамид.

На основе полученных ВАХ нами были выбраны для ЭППЗ следующие электролиты, содержащие карбамид и карбонат натрия с различными концентрациями: №1 - 10% карбоната натрия, 15% карбамида, 75% вода; №2 - 10% карбоната натрия, 20% карбамида, 70% вода; №3 - 15% карбоната натрия, 15% карбамида 70% вода; №4 - 15% карбоната натрия, 10% карбамида, 75% вода; №5 - 20% карбоната натрия, 10% карбамида, 70% вода.

С целью выбора оптимального состава электролита из выбранных электролитов, который не приводит поверхностный слой конструкционных сталей к эрозии, окислению и обезуглероживанию, нами была проведена серия экспериментов. Процесс ЭППЗ образцов сталей проводили в следующем

режиме: подаваемое напряжение между анодом и образцом при нагреве до температуры закалки – 320 В, время нагрева электролитно-плазменным воздействием 3 секунды, при этом образцы нагревались до ~950°C.

Полученные вольт-амперные характеристики для рассматриваемых электролитов показали, что величина плотности тока для всех электролитов, кроме №1, имеет приблизительно одинаковое значение, т.е. величина тока, проходящего через образец не сильно зависит от концентрации карбоната натрия в электролите в рассматриваемом диапазоне концентрации.

Тем не менее, насыщающий характер воздействия электролитной плазмы в рассматриваемых электролитах может быть различаться, так как насыщающая способность электролита сильно зависит от содержания в нем насыщаемого вещества, в нашем случае им является углерод и азот. Кроме того, в разных электролитах процессы эрозии и окисления могут быть по разному.

Для изучения влияние состава электролита на процессы эрозии и окисления была проведена электролитно-плазменная поверхностная закалка образцов стали 40ХН в рассматриваемых электролитах.

На рисунке 3.1 приведены зависимости микротвердости стали 40ХН от состава электролита. ЭППЗ осуществляли воздействием электролитической плазмы в течение 3 сек с последующем охлаждением в проточном электролите. Температура электролита была -  $\square 40^{\circ}\text{C}$ . Видно, что микротвердость образцов возрастает с повышением концентрации карбамида в электролите и доходят до 4420 МПа. Высокая твердость наблюдается у образцов, обработанных в электролитах, содержащих 15% и 20% карбамида. А образцы обработанные в электролитах, содержащих 10% карбамида и 15-20% карбоната натрия, показали наименьшая твердость. Это, возможно, связана с обезуглероживанием поверхностного слоя. Так, в составе карбамида имеется углерод и азот в большом количестве чем карбонат натрия, что позволяет модифицировать поверхность и предотвращает процессы обезуглероживания поверхности. При этом изменение концентрации карбоната натрия не приводит к значительному изменению твердости поверхности.

Исследования морфологии поверхности, проведенные на атомно-силовом спектрометре, показали, что электролитно-плазменной закалки на поверхности наблюдается микронеровности (рисунок 3.2). Для качественной оценки микронеровностей была определена шероховатость поверхности.

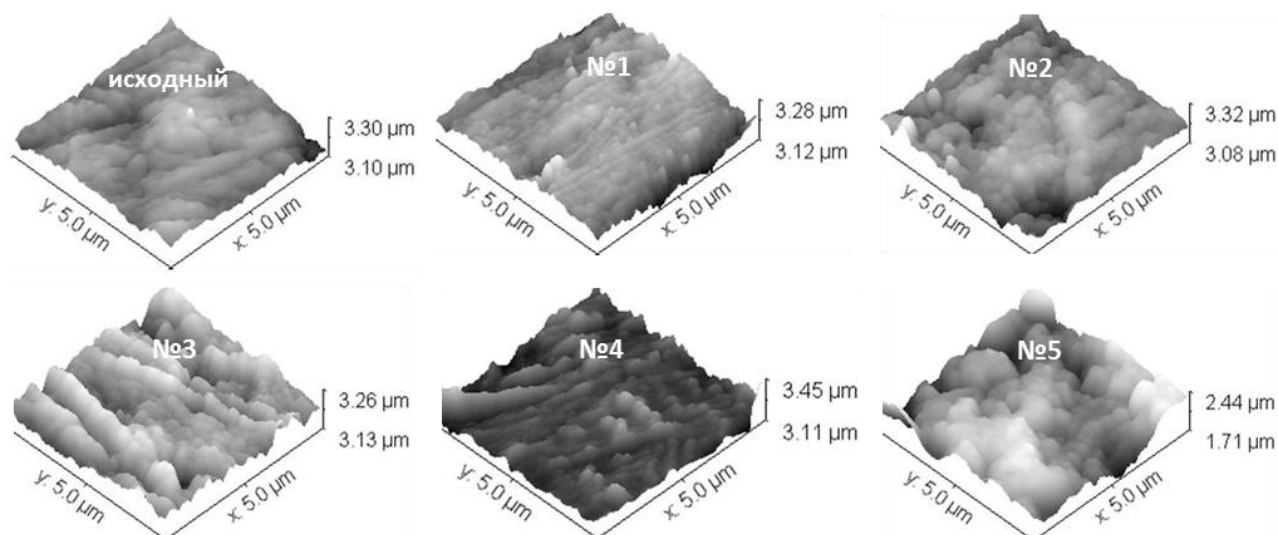


Рисунок 3.2 - Изображения рельефа поверхности образцов стали 40ХН до и после ЭППЗ

Как известно, шероховатость относится к микрогеометрии твёрдого тела и определяет его важнейшие эксплуатационные свойства. Прежде всего, износостойкость от истирания, прочность, плотность (герметичность) соединений, химическая стойкость, внешний вид. На рисунке 3.3 показана зависимость параметра шероховатости поверхности образцов стали 40ХН от состава электролита. Видно, что после ЭППЗ параметр шероховатости увеличивается. При этом увеличение концентрации карбоната натрия приводит к повышению параметра шероховатости. Возможно, это связано с более интенсивным нагревом при высокой концентрации карбоната натрия в электролите.

Металлографический анализ поверхности стали 40ХН подтвердил неровности поверхности после ЭППЗ и показал, что ЭППЗ в электролитах с большим содержанием карбоната натрия и меньшим содержанием карбамида, сопровождается образованием мелких пор на некоторых участках поверхности (Рисунок 3.4). Большое количество таких пор наблюдается особенно в образцах, обработанных в электролите №5. Возможно, это связано со сравнительно интенсивным нагревом поверхности за счет низкого электросопротивления электролита, содержащего 10 % карбамида и 20 % карбоната натрия.

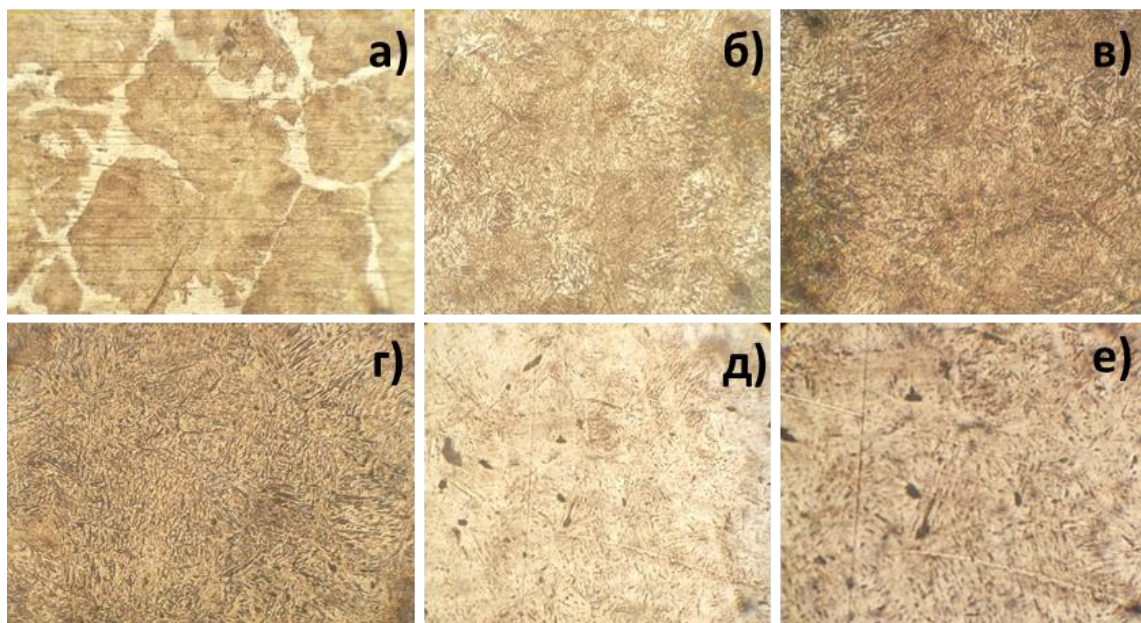


Рисунок 3.4 - Микроструктура поверхности стали 40ХН до (а) и после ЭППЗ в электролитах №1 (б), №2 (в), №3 (г), №4 (д), №5 (е)

Таким образом, можно заключить, что наиболее оптимальным составом электролита для проведения электролитно-плазменной поверхностной закалики сталей, который не приводит поверхностный слой к эрозии, окислению и обезуглероживанию, являются электролит, содержащий до 15 % карбоната натрия и 15% карбамида. Кроме того, при использовании этого электролита образуется стабильный, устойчивый разряд.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Суминов И.В., Белкин П.Н., Эпельфельд А.В. и др. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов / под ред. И.В. Суминова; в 2-х т. – М: Технофера, 2011. – Т.1. - 464 с.
- 2 Yerokhin A.L., Nie X., Leyland A., Matthews A., Dowe S.J. Plasma electrolysis for surface engineering // Surface and Coatings Technology. - 1999. - Vol. 122. P. 73–93.
- 3 Белкин П.Н. Анодная электрохимико-термическая модификация металлов и сплавов // Электронная обработка материалов. – 2010. Т.46(6). - С. 29–41.
- 4 Дураджи В. Н., Парсаданян А. С.Нагрев металлов в электролитной плазме. Кишинев: - Штиинца, 1988. - 216 с.
- 5 Tyurin Y. N., Pogrebnyak A. D., Electric Heating Using a Liquid Electrode, Surface and Coatings Technology, 142–144, 2001. – P. 293–299.
- 6 А. А. Соколовский, Е. В. Яшке. Технология минеральных удобрений и кислот : учебник для химико-технологических техникумов: доп. М-вом высш. и сред. спец. образования СССР / - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Химия, 1979. - 384 с

УДК 544.6.018.49

Рахымжанова К.Б. (18-МФЗ-2п), Еркинов Е.Е. (18-МФЗ-2п), Рахадиллов Б.К.

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКОЙ

В последнее время достаточно интенсивно ведутся исследования по влиянию электронно-лучевой обработки на структуру и свойства полимеров. Вместе с тем, недостаточно изучен механизм структурно-фазовых превращений в полимерных материалах при обработке вневакуумной электронно-лучевой обработкой в промышленных импульсных ускорителях. Все эффекты облучения, воздействующие на полимерные материалы, сложно предсказать. Несмотря на простую полимерную структуру, все протекающие в структуре изменения являются достаточно сложными. Поэтому исследования, касающиеся изучения свойств материалов на основе полимера, подвергнутых облучению электронным пучком, являются актуальными. В связи с вышеизложенным, нам представляется необходимым изучить особенности формирования структуры и свойств сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) при электронно-лучевой вневакуумной электронно-лучевой обработке.

В соответствии с поставленными задачами в качестве объекта исследования был выбран СВМПЭ РЕ-UHMW. Образцы размером толщиной 3 мм вырезались из прутка полимера (диаметр прутка 30 мм). Электронно-лучевая обработка (ЭЛО) проводилась на промышленном импульсном ускорителе ИЛУ-10 в АО «Парк ядерных технологий» (г. Курчатов). Ускорители типа ИЛУ являются достаточно специфическими линейными высоко-частотными ускорителями – это однорезонаторные машины, работающие в режиме стоячей полуволны (в отличие от большинства линейных ускорителей). В состав ускорителя входят: ускоряющая система с выпускным устройством, вакуумной системой и высокочастотным генератором; импульсный источник питания; стойка управления. Рабочие частоты ускорителя ИЛУ-10 118 МГц, длина ускоряющего промежутка ускорителя ИЛУ-10 26 см.

Образцы устанавливаются на стол ускорителя электронов, который перемещается относительно пучка электронов. Образцы облучались электронами с энергией 2,5 МэВ, 3,5 МэВ и 4,5 МэВ. При этом варьировалась доза облучения от 2 МГр до 9 МГр. Заготовки перемещались в продольном направлении относительно выпускного отверстия. При этом обрабатываемая площадь составила 1000x80 мм<sup>2</sup>. Режимы ЭЛО полимерных материалов представлены в таблице 1.



Таблица 1 – Режимы ЭЛО образцов полимеров РА6, РЕ-UHMW и РЕI на ускорителе ИЛУ-10

№ режим а	Энергия пучка, МэВ	Ток пучка, мА	Время экспозиции, с	Количество прогонов	Доза облучения, МГр
1	2,5	6,84	30	6	3
2	3,5	6,84	30	6	3
3	4,5	6,84	30	4	2
4	4,5	6,84	30	6	3
5	4,5	6,84	30	8	4
6	4,5	6,84	30	10	5
7	4,5	6,84	30	12	6
8	4,5	6,84	30	14	7
9	4,5	6,84	30	16	8
10	4,5	6,84	30	18	9

После облучения образцов была исследована морфология структуры поверхности на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV, оснащенный приставкой энергодисперсионного анализа. Исследования фазового состава и кристаллической структуры образцов осуществляли методами рентгенофазового анализа на дифрактометре X'PertPro с использованием  $\text{CuK}\alpha$ -излучения. Химический состав и структура полимеров были изучены с помощью инфракрасного спектрометра с преобразованием Фурье FTIR-801 Simex Инфракрасный спектр был получен в результате 50 сканирований при длине волны 450-4700  $\text{см}^{-1}$ , разрешении 1  $\text{см}^{-1}$ ,  $t=25\text{ }^\circ\text{C}$ . Образцы были микротоммированы в толщину 200 мкм срезов с поверхности образца. Термические характеристики полимеров были изучены методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК). Измерения проводили согласно требованиям ГОСТ Р 55134-2012 в интервале температур 20-500  $^\circ\text{C}$ ). Антифрикционные свойства полимеров изучены с помощью трибометра ТНТ-S-AX0000 на основе результатов коэффициента трения и площадей треков износа. Измерение площади трека износа после испытаний на износостойкость и морфология поверхности исследовалось с применением бесконтактного 3D-профилометра MICROMEASURE 3Dstation. Для измерения твердости образца по методу Роквелла в соответствии с ГОСТ 4670-91 на твердомере ТК-2М в соответствии с ГОСТ 4670-91.

Механические испытания образцов полимера на растяжение при комнатной температуре проводили на универсальной установке для испытаний WDW-5E, в соответствии с требованиями ГОСТ 11262-80 для полимеров РЕI, РЕUHMW, РА6 и после облучения электронами.

Одним из способов повышения механических и трибологических свойств полимеров является их облучение пучками заряженных частиц. При облучении

пучками заряженных частиц в полимерах возникают промежуточные образования, обладающие высокой реакционной способностью - свободные радикалы, ионы, возбужденные молекулы. Они являются источниками дальнейших химических превращений, приводящим к изменениям химического строения, а следовательно и свойств полимеров [1].

Измерение твердости образцов полимера проводили на приборе ТК-2М в соответствии с ГОСТ 4670-91 по методу Роквелла. На рисунке 1 приведен результат измерения твердости полимеров до и после ЭЛО. Исследование полимеров РА6 и РЕ-UHMW, облученных при дозах выше 4 МГр (энергия пучка 4,5 МэВ) не представлялось возможным в результате радиационного старения полимеров.

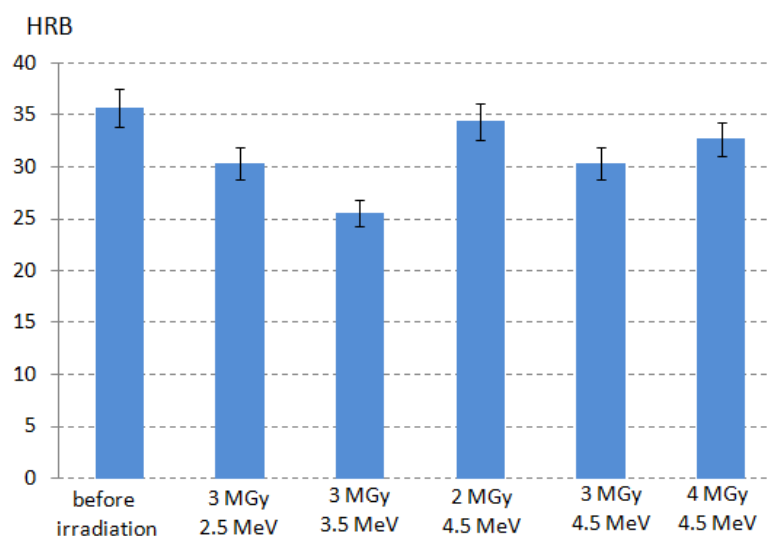


Рисунок 1 – Твердость полимера РЕ-UHMW до и после ЭЛО

На основе анализа полученных результатов обнаружено, что твердость РЕ-UHMW сравнительно незначительно меняется в исследуемом режиме ЭЛО. Во всех исследуемых режимах облучения при энергиях 2,5 МэВ, 3,5 МэВ, 4,5 МэВ и доза облучения от 2 МГр и до 4 МГр твердость полимера РЕ-UHMW незначительно меняется по сравнению с исходным образцом.

С технологической точки зрения динамическая кристаллизация полимеров представляет большой интерес, потому что большинство технологических процессов происходят в этих условиях. Чтобы оценить возможное влияние ЭЛО на кристаллизационные свойства полимерной матрицы образцы были подвергнуты анализу дифференциальной-сканирующей калориметрии (ДСК). Методом ДСК определены термические характеристики РЕ-UHMW. Измерения проводили согласно требованиям ГОСТ Р 55134-2012 и описанным в инструкции по эксплуатации прибора «Labsys Evo» (Setaram, Франция) в интервале температур 20-500 оС. Образцы весом приблизительно 10 мг взвешивали и герметизировали в алюминиевых чашках для образцов. Перед сканированием при нагреве и охлаждении полимеров плавил при 500 °С и

выдерживали при этой температуре в течение 5 мин. Затем их охлаждали от 500 °С до 20 °С со скоростью 10 °С/мин в потоке азота, а затем нагревали от 20 до 500 °С со скоростью 10 °С/мин.

Результаты изменения температуры плавления, оценка данных для PE-UHMW показаны на рисунке 2. Данные температуры плавления показывают, что доза облучения почти не влияет на температуру плавления PE-UHMW. Это означает, что эффект образования сшивок не является существенным в отношении кристаллической структуры (толщины ламелей) и является практически одинаковым для всех образцов независимо от дозы облучения, что демонстрируется однородной температурой плавления полимера.

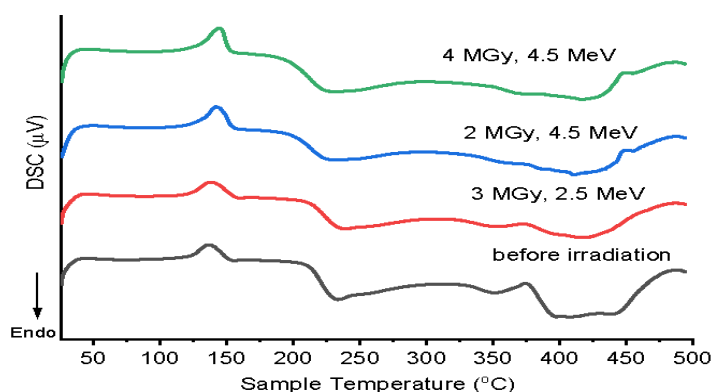


Рисунок 2 – Термограмма ДСК полимера PE-UHMW до и после ЭЛО

На рисунках 3 и 4 показаны инфракрасные спектры необлученных и облученных образцов полимеров полимера PE-UHMW. ИК-спектр был записан в режиме пропускания с разрешением 0,1 см<sup>-1</sup>. Чтобы обнаружить возникновение сшивания, была проанализирована область спектра между 4000 см<sup>-1</sup> и 600 см<sup>-1</sup>, особенно в области двойных винильных связей (растяжение =C=C= для винилиденовой группы около 1647 см<sup>-1</sup>) и области транс-виниленовых групп (около 965 см<sup>-1</sup>). Пик при 718 см<sup>-1</sup>, комбинированная полоса, связанная с вибрацией качания в плоскости =CH<sub>2</sub> [2].

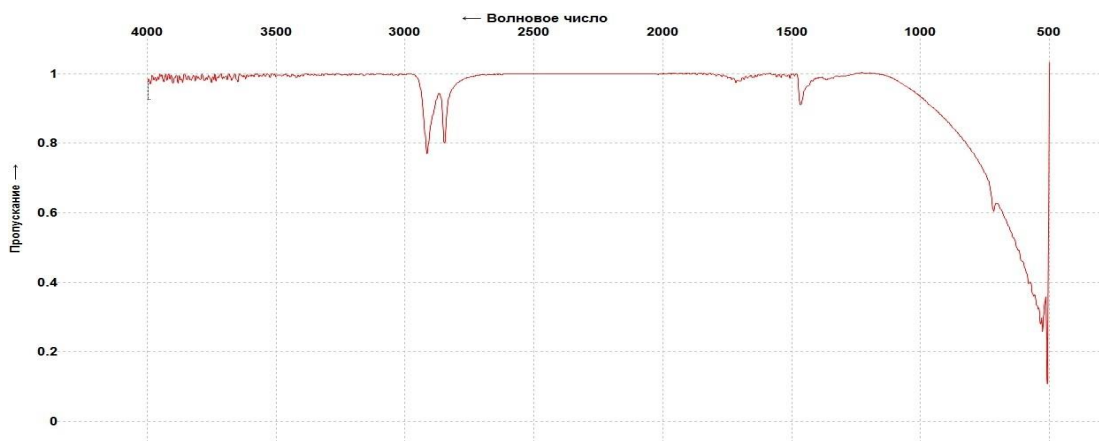


Рисунок 3 – ИК спектры необлученного образца PE-UHMW

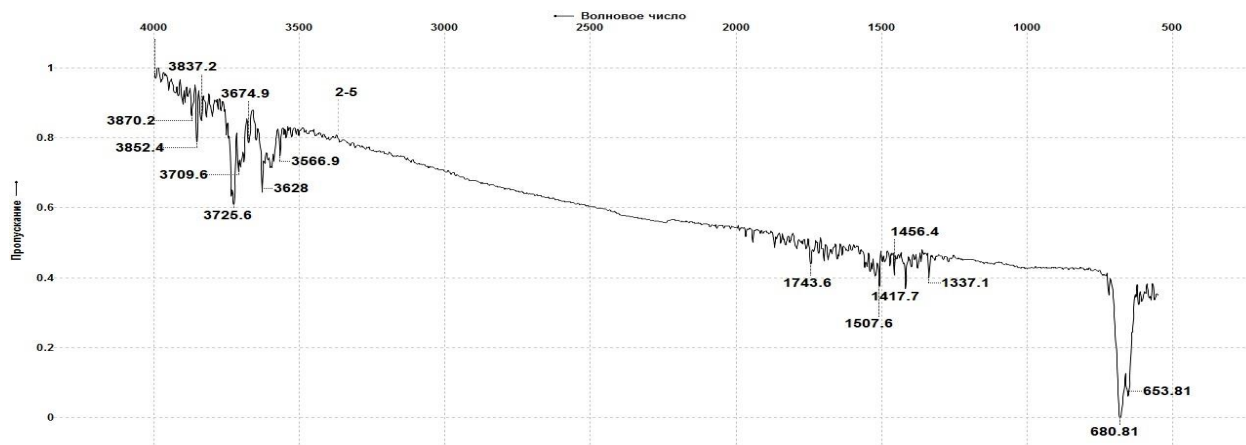


Рисунок 4 – ИК спектры облученного образца PE-UHMW при дозе 4 МГр и энергии 4,5 МэВ

Полосы при 718 см<sup>-1</sup> (качающаяся плоскость =CH<sub>2</sub>) и 1460 см<sup>-1</sup> (ножничная вибрация =CH<sub>2</sub>), которые представляют -CH<sub>2</sub>- в PE-UHMW не имеют очевидных изменений, иллюстрируя, что основная структура PE-UHMW не претерпела никаких изменений в процессе облучения. Полоса поглощения транс-винилена появляется при 965 см<sup>-1</sup> на спектрах облученного PE-UHMW, и ее интенсивность увеличивается с увеличением дозы, в области карбонильных групп (1732 см<sup>-1</sup>), которая относится к облученному PE-UHMW, пик появляется и становится шире после увеличения дозы облучения. На спектре облученного образца поглощение карбонильных групп (C = O, 1742 см<sup>-1</sup>) становится шире после облучения. Они показывают, что реакция окисления PE-UHMW с O<sub>2</sub> произошла в процессе облучения и после облучения. При окислении образцов полиэтилена включали образование типичных продуктов, таких как изолированные гидропероксиды (3707 см<sup>-1</sup>), гидроксилы, связанные с H<sub>2</sub>, включая гидропероксид (3626 см<sup>-1</sup>), лактоны (1860 см<sup>-1</sup>). Таким образом, такие результаты являются убедительным доказательством того, что окисление PE-UHMW происходило в результате химических реакций полиэтиленовой цепи с O<sub>2</sub> [3].

Морфология поверхностей PE-UHMW до и после ЭЛО изображена на рисунке 5. Видно, что морфология значительно улучшается, то есть поверхность становится шероховатой, увеличивается глубина неровности и структура сферолитов. На микроуровне формируются сферолиты, состоящие из радиально ориентированных фибрилл. Эти изменения четко указывают на смещение молекул полимера под влиянием облучения. Это, возможно, связано с повышением объёмной поверхности за счет взаимодействия электронов со свободными радикальными группами молекулы полимера и уменьшает интенсивность кристалла [4,5].

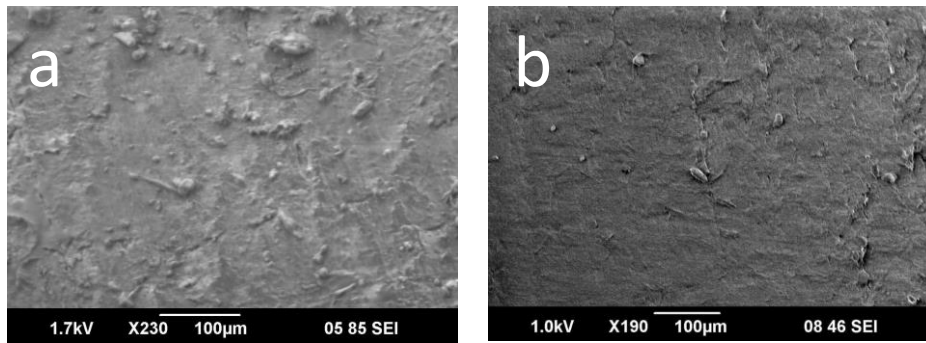


Рисунок 5 – Сканирующие электронные микрофотографии полимера PE-UHMW: а) до и б) после облучения при дозе 4 МГр и энергии 4,5 МэВ

Результаты механических испытаний на растяжения PE-UHMW до и после ЭЛО показаны в таблице 2. Результаты были получены на основе анализа кривых растяжения полимеров (рисунок 6). Предел прочности ( $\sigma_B$ ) полимера PE-UHMW составил 22 МПа, предел текучести ( $\sigma_{0,2}$ ) составил 17,9 МПа, после ОЭЛ увеличился на 23,9 МПа и 18 МПа, соответственно. Кроме того, относительное удлинение было первоначально до 300%, а затем после ОЭЛ резко снижается до 10%.

Таблица 2 – Результаты механических испытаний на растяжения до и после ОЭЛ при

PE-UHMW	$\sigma_B$ (МПа)	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\delta$ (%)
До облучения	22	17,9	300
После облучение	23,9	18	10

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Raghu S, Archana K, Sharanappa C, Ganesh S, Devendrappa H. The physical and chemical properties of gamma ray irradiated polymer electrolyte films // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2015. (426). – P. 55-62.
2. M.K. Shailesh and A. Kumar / Radiat. Phys. Chem. – 2007. – (76). – 901 p.
3. Oleg N. Tretinnikova, Sakae Ogataa, Yoshito Ikada. Surface crosslinking of polyethylene by electronbeam irradiation in air // Polymer. –Vol. 39(24). – 1998. – P. 6115-6120.
4. Shifeng Zhu, Meiwu Shi<sup>1</sup>, Meifang Zhu. Effects of Electron-Beam Irradiation Crosslinking on PA6 Fibers // Fibers and Polymers. – Vol.14(4). – 2013. – P. 525-529.
5. Feulner R., Brocka Z., Seefried A., Kobes M.O., Hülдер G., Osswald T.A. The effects of e- beam irradiation induced cross linking on the friction and wear of polyamide 66 in sliding contact // Wear (268). – 2010. – С. 905-910.

УДК 66.074.51

Құрмашев М.М. (18-ММТ-2(БЖ)п), Запасный В.В. (ВКГТУ им. Д. Серикбаева)

## СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ШАРЫК» В АТМОСФЕРЕ

Выделение пыли в атмосферу от технологического оборудования, не оснащенного аспирационными системами, является важной проблемой золотоизвлекательной фабрики месторождения «Шарык». Пыль является одним из самых вредных факторов на рабочих местах дробильных отделений, который может привести к взрывам, пожарам и профессиональным заболеваниям работников. Высокие концентрации пыли не только ухудшают условия труда работников, но и оказывают серьезное влияние на окружающую среду в районе деятельности предприятия.

В горнодобывающей промышленности выделяются следующие наилучшие доступные технологии в области пылеочистки выбросов от неорганизованных источников.

- Применение современных методов очистки выбросов от пыли.
- Орошение пылящих поверхностей.
- Рекультивация пылящих поверхностей.

В промышленности строительных материалов снижение выбросов пыли из неорганизованных источников достигается путем наилучших доступных технологий:

- укрытие/капсулирование операций, связанных с пылением;
- использование закрытых/герметичных конвейеров и элеваторов;
- использование гибких шлангов и рукавов,
- оснащение смесителей, дробилок и питателей защитными кожухами.

В качестве рекомендуемых к использованию на золотоизвлекательной фабрике (ЗИФ) рассматриваются:

- орошение пылящих поверхностей.
- оснащение смесителей, дробилок и питателей защитными кожухами.

В соответствии со спецификой намечаемой деятельности определено, что основными неорганизованными источниками воздействия на атмосферный воздух является оборудование не имеющее устройств по аспирации и очистке загрязненного воздуха.

В целях снижения на месте у источника оказываемого им воздействия на атмосферный воздух проектом предусмотрено пылеподавление на рабочих площадках и рудном складе, а также туманообразование у дробильного оборудования. Это в значительной степени будет способствовать снижению оказываемого на атмосферный воздух воздействия.

По результатам выполненных исследований предлагается использовать методическое пособие для организации системы мониторинга выбросов пыли из неорганизованных источников дробильных отделений ЗИФ.

При выполнении патентного поиска установлено:

1. Мониторинг выбросов пыли от неорганизованных источников дробильных отделений ЗИФ в настоящее время не доработан, поэтому имеются перспективы для его совершенствования и инноваций.

2. Сокращение выбросов пыли от неорганизованных источников дробильных отделений ЗИФ рекомендуется рассмотреть различные технологические способы применительно к конкретному случаю.

3. В Республике Казахстан не зарегистрированы изобретения, относящиеся к мониторингу выбросов пыли от неорганизованных источников дробильных отделений ЗИФ и способам снижения выбросов пыли.

4. Оптимальным решением будет использование технической воды для пылеподавления и устройство укрытий на узлах перегрузки.

Для борьбы с пылью используются разнообразные способы и оборудование – от сложных стационарных вытяжных вентиляционных систем, сепараторов-циклонов и электростатических пылеуловителей до дождевальных установок, гидромониторов и туманообразующих пушек, распыляющих воду, химические вещества и пену. Отличительной особенностью ЗИФ является их расположение вдали от мест проживания людей и отсутствие инженерной инфраструктуры. В этих условиях организация стационарных аспирационных систем технологически и экономически не целесообразно. Так как дополнительное аспирационное оборудование и его обслуживание требуют определенных энергоресурсов, материальных и физических затрат на обслуживание.

Улавливаемая оборудованием рудная пыль требует её классификации, как отхода производства и дополнительных затрат на его мониторинг, учет, нормирование и утилизацию. В случае расположения ближайшей селитебной зоны на расстоянии десятков километров от дробильного оборудования ЗИФ не следует оснащать его аспирационными установками, а только применить водяное пылеподавление.

В настоящее время известны четыре основных метода подавления пыли с использованием воды:

- Распыление воды с раствором пленкообразователей.
- Распыление пены на материалы, где образуется пыль.
- Распыление водного тумана - при помощи специального оборудования.
- Распыление чистой воды через обычное оборудование

При этом максимальная эффективность пылеподавления до 90%. В условиях Аягоского района с учетом климатических условий района, имеется дефицит воды, что является важным фактором при выборе метода подавления пыли с использованием воды.

При распылении воды для борьбы с пылью одним из важнейших параметров является размер капель. Если размер капли будет значительно больше размера пылинок, то в большинстве случаев при встрече пылинки будет

увлекаться в сторону потоком воздуха, огибающим каплю, и не будет уловлена. А если размеры сопоставимы, то произойдет столкновение, и пылинка будет уловлена каплей.

Главный недостаток орошения чистой водой: орошение неэффективно в подавлении вдыхаемой пыли, т. е. не уменьшает концентрацию опасной для здоровья пыли в воздухе, так как размер капель составляет от 200 до 600 мкм, что значительно больше, чем размер частиц вдыхаемой пыли (2–10 мкм).

Для дробилки применение чистой воды может быть проблематичным, если ее применять в количествах, необходимых для полного подавления пыли. В дробилках образуется настолько мелкая пыль, что при попытке связать ее чистой водой могут засориться грохоты, и установку придется останавливать на обслуживание. К тому же вода с каменной пылью действует как агрессивный абразив, изнашивает оборудование и увеличивает затраты на ремонт.

С учетом дефицита воды в районе месторождения Шарык наиболее целесообразные рекомендации по снижению выбросов в атмосферу на уровне, соответствующем передовому мировому опыту для золотоизвлекательной фабрики месторождения «Шарык» следующие:

- орошение на площадках неорганизованных источников выбросов пыли туманообразующими системами (форсунки фирм LECHLER, ЭКОНАУ и другие).

- оснащение смесителей, дробилок и питателей защитными кожухами, герметизирующих узлы загрузки и разгрузки оборудования.

Реализация данных рекомендаций приведет к снижению воздействия на загрязнение атмосферного воздуха. Эффективность снижения будет учтена при расчетах валовых выбросов в атмосферу по действующим методикам путем использования соответствующих коэффициентов пылеподавления и уточнения времени потенциального воздействия.

В целом, для создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда и обеспечения минимального уровня воздействия на атмосферный воздух необходимо осуществление следующих мероприятий превентивного характера:

- для борьбы с пылью на технологической площадке месторождения Шарык применять туманообразование;

- запрещать выпуск на линию автомашин и техники, в которых выхлопные газы не соответствуют действующим нормам;

В комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на снижение воздействия на атмосферный воздух включаются:

- приобретение и установка на площадке месторождения Шарык туманообразователей;

- узлы загрузки и разгрузки конвейеров, бункеры оборудовать укрытиями;

- при проведении технического обслуживания двигателей техники, ДЭС, автотранспорта проводится диагностика выхлопных газов.



УДК 66.074.51

Қасымбеков Д.Н. (18-ММТ-2(БЖ)п), Запасный В.В. (ВКГТУ им. Д. Серикбаева)

## СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ РИДДЕРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В АТМОСФЕРУ

В перечне наилучшие доступные технологии по цветной металлургии в области очистки выбрасываемых в атмосферу газов рекомендуются:

- матерчатый фильтр, горячий электростатический фильтр и циклоны.
- мокрый или полусухой скруббер;
- улавливание и утилизация серы (конверсия  $SO_2$ ).

Существуют условия ограничения применимости наилучших доступных технологии. Это: ограничение улавливания пыли определенных фракций; техническая возможность; экономическая целесообразность; меры безопасности; межсредовые эффекты; нехватка воды; очень низкие зимние температуры и др.

Классический способ получения цинка на РМК - электролитический (гидрометаллургический). По данной схеме осуществляется производство цинка на крупнейших цинковых производствах мира и на Риддерском металлургическом комплексе ТОО «Казцинк». Технологией цинкового производства РМК предусмотрено комплексное освоение материально-сырьевых потоков предприятия в хозяйственной деятельности с целью максимального извлечения ценных свойств сырья и технологических материалов. Существующая технологическая схема переработки сырья соответствует современному научно-техническому уровню. Действующее технологическое оборудование поддерживается в рабочем состоянии, соответствующем проектным показателям.

Анализ информационных материалов, поступающих из передовых технически развитых стран, свидетельствует о наиболее широком применении рукавных фильтров. Эти аппараты позволяют достичь крайне низкой остаточной запыленности в сравнении с другими промышленными пылеуловителями. Тканевые фильтры выгодно отличаются от электрофильтров более низкими капитальными затратами и способностью улавливать высокодисперсные возгоны. В большинстве отраслей промышленности тканевые фильтры стабильно обеспечивают эффективность пылеулавливания на уровне 99÷99,9 %. В конструктивном оформлении рукавные фильтры в основном отличаются по применяемому способу и устройству регенерации рукавов и по компоновке фильтровальных материалов в рабочей камере фильтра. Для поддержания постоянства характеристик фильтрующего слоя, накопившаяся на нем пыль удаляется тем или иным способом – ткань регенерируется «встряхиванием», обратной продувкой с подачей атмосферного или сжатого воздуха низкого давления и комбинированным способом.

Одним из наиболее эффективных способов регенерации фильтровального материала, который широко распространен в конструкциях каркасных фильтров

выпускаемых в Англии, США, ФРГ, Японии, Франции, является импульсная продувка. Отечественные фильтры с импульсной продувкой типа ФРКИ нашли применение почти во всех отраслях промышленности.

Для очистки газов также применяются рукавные фильтры типа РФГ-V-МС с автоматическим механическим встряхиванием и продувкой рукавов с повышенными механическими свойствами. Рукавные фильтры типа УРФМ также имеют системы автоматического механического встряхивания рукавов и широко распространены в цветной металлургии. Они успешно эксплуатируются с 1978 года для очистки отходящих газов шлаковозгонной установки на Чимкентском свинцовом заводе и для очистки газов плавильных печей Усть-Каменогорского свинцово-цинкового комбината (УКМК ТОО «Казцинк»).

Циклонные аппараты вследствие их дешевизны, высокой производительности, простоты устройства и эксплуатации являются наиболее распространенным типом механического пылеулавливания. Работа циклона основана на использовании центробежных сил, возникающих при вращении газопылевого потока внутри корпуса аппарата. Вращение достигается путем тангенциального ввода потока в циклон. В результате действия центробежных сил частицы пыли, взвешенные в потоке, отбрасываются на стенки корпуса и выпадают из потока. Чистый газ, продолжая вращаться, совершает поворот на  $180^\circ$  и выходит из циклона через расположенную на оси выхлопную трубу. Частицы пыли, достигшие стенок корпуса, под действием перемещающегося в осевом направлении потока и сил тяжести движутся по направлению к выходному отверстию корпуса и выводятся из циклона в бункер.

Сравнительные испытания циклонов различного типа, выполненные в НИИОГазе, а также в институтах ЛИОТ и НИИСТО, показали, что рекомендуемая к применению номенклатура аппаратов рассматриваемого типа может быть ограничена цилиндрическими и коническими циклонами НИИОГаз типа ЦН. Данный тип циклонов разработан на основе глубоких теоретических и экспериментальных исследований. Циклоны этого типа отвечают лучшим мировым достижениям в области циклонного пылеулавливания и пригодны для любого межотраслевого применения и для любых задач циклонного пылеулавливания. На практике применяют также конические циклоны СИОТ, отличающиеся устройством входного и выходного патрубка. Для улавливания абразивной пыли применяют циклоны ВЦ НИИОТ с обратным конусом, а для улавливания от ходов деревообрабатывающей промышленности – циклоны конструкции «Гипродревпром».

Для утилизации серосодержащих газов обжига сульфидного сырья широко применяется получение серной кислоты в системах одинарного контактирования, которые до настоящего времени успешно конкурируют с системами двойного контактирования в условиях переменных газовых нагрузок при использовании современных сернокислотных катализаторов.

Газы цеха вельцевания, концентрация диоксида серы в которых недостаточна для его утилизации применяемыми на предприятии методами

очистки, выбрасываются без очистки от газообразных компонентов. Улавливаю подлежат только твердые компоненты.

Пылегазоулавливающие установки, применяемые на цинковом производстве РМК, соответствуют передовому научно-техническому уровню, имеют широкое применение в Республике Казахстан, вызванное эффективностью в эксплуатации, низкими затратами.

Для оценки величины и значимости воздействий на атмосферный воздух необходима разработка комплекса смягчающих мероприятий. В соответствие с «Методическими указаниями по проведению оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду» мероприятия по снижению и предотвращению воздействий включают:

- предотвращение у источника;
- снижение у источника;
- уменьшение на месте;
- ослабление у рецептора;
- восстановление или исправление;
- компенсация возмещением.

В качестве рекомендуемых к использованию в ЦП РМК смягчающих мероприятий рассматривается снижение у источника и ослабление у рецептора. Данные мероприятия не требуют снижения валового объёма выбросов по производству.

Применение мер по смягчению оказываемого источниками выбросов цинкового производства воздействия на атмосферный воздух предусматривает изменение параметров источников загрязнения атмосферы. Целью является снижение приземных концентраций загрязняющих веществ от источников средней высоты (2 класса).

Проведенные исследования с использованием программного комплекса расчета приземных концентраций «ЭРА» показали возможность достижения этой цели с использованием следующих изобретений:

1. В Республике Казахстан зарегистрированы изобретения, улучшающие аэродинамические свойства трубы путем образования завихрителем винтового потока дымовых газов с вихревой закруткой повышающий высоту подъема газов в приземной атмосфере с усилением тяги и созданием большей устойчивости вихревых потоков газов к внешним воздействиям.

2. Повышение высоты организованных источников класса 2 (средней высоты).

УДК 621.791.725

Мякинин А.А. (17-ДФФ-3), Руденко С.О. (18-МТФ-2п), Догадкин Д.С. (18-МТФ-2п), (18-ДФФ-3), Жанысов С.А. (18-ДФФ-3п), Плотников С.В. (ВКГТУ)

## СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА CL41TI ELI ПОСЛЕ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

### *Введение*

Сегодня во всем мире активно развиваются технологии аддитивного производства, позволяющие за короткое время создать физический прототип любого объекта из компьютерной модели. Преимущества аддитивных технологий над традиционными методами создания трехмерных изделий из различных материалов - значительное сокращение времени производства и снижение стоимости готовой продукции, независимо от конфигурации продукта. Наиболее перспективной технологией аддитивного производства является селективное лазерное плавление, а также его разновидности. Принцип селективного лазерного плавления заключается в образовании трехмерного объекта путем последовательного плавления слоев порошкового материала лазерным лучом в соответствии с заданной программой (рис. 1).

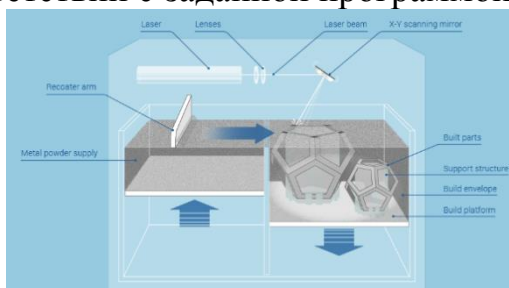


Рисунок 1. Процесс аддитивного производства методом селективного лазерного плавления

Продукты, полученные методом селективного лазерного плавления из порошкообразного материала, обладают высоким потенциалом, поскольку они сочетают возможности производства с помощью метода селективного лазерного плавления и механических свойств используемого материала. Одним из наиболее часто используемых сплавов является CL41TI ELI.

Поиск способов производства монолитных продуктов является одним из основных направлений исследований. Получение таких структур получается при выборе параметров лазера, которые находятся в довольно небольшом диапазоне [1, 2].

Условия воздействия различных материалов на получение продуктов, имеющих требуемую микроструктуру и механические свойства, до конца не изучены. При плавке металлических порошков в зависимости от самого материала, размера частиц используемого порошка и его свойств, свойств лазера и установок оборудования для производства возникают сложные процессы.

### **Материалы и методы**

Лазерное плавление порошка проводилось на установке Mlab cusing R, изготовленной Concept Laser (Германия). Использовался волоконный лазер мощностью 90 Вт, скорость сканирования 500 мм/с, размер пятна 100 мкм. Процесс проводили в атмосфере аргона. Содержание кислорода (в соответствии с интегрированными датчиками) на всех стадиях составляло менее 0,1%.

В таблицах 1, 2 представлены химический состав и механические свойства, заявленные производителем порошкового материала (Concept Laser).

Таблица 1

#### **Химический состав материала [3]**

Элемент	Al	V	Fe	C	O	N	C	H	Ti
Содержание, %	5,5 - 6,5	3,5 - 4,5	0 - 0,25	0 - 0,08	0 - 0,13	0 - 0,05	0 - 0,030	0 - 0,012	Ост.

Таблица 2

#### **Механические свойства материала [3]**

Характеристика	90°	45°	0°
Предел текучести	1035 ± 9 Н/мм <sup>2</sup>	1062 ± 4 Н/мм <sup>2</sup>	989 ± 10 Н/мм <sup>2</sup>
Предел прочности	1092 ± 12 Н/мм <sup>2</sup>	1106 ± 2 Н/мм <sup>2</sup>	1071 ± 8 Н/мм <sup>2</sup>
Удлинение	10 ± 1 %	11 ± 1 %	9 ± 1 %
Модуль Юнга	110 · 10 <sup>3</sup> Н/мм <sup>2</sup>	110 · 10 <sup>3</sup> Н/мм <sup>2</sup>	110 · 10 <sup>3</sup> Н/мм <sup>2</sup>
Теплопроводность	7 Вт/мК	7 Вт/мК	7 Вт/мК
Коэффициент тепловой Расширение (при комнатной температуре)	9 · 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	9 · 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	9 · 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>

Структурно-фазовое состояние сплава после лазерного плавления изучалось методом сканирующей электронной микроскопии. Микротвердость измеряли с использованием микротвердомера DuraScan 20 с вертикальной регулировкой блока нагружения, предназначенный для измерения твердости металлов и сплавов по Виккерсу и Кнупу вдавливанием алмазного наконечника с выводом результата на ПК и автоматической обработкой результатов (производитель EMCO TEST, Австрия).

### *Результаты и обсуждение*

Микроструктура образцов показана на рисунке 2. При сплавлении частиц порошкового материала, лазерный луч перемещается относительно плоскости слоя и сплавляет ранее распределенный порошкообразный материал, в результате образуются треки. Сечения треков, сплавленных лазером, хорошо видны на рисунке 2а, б.

На рисунке 2в видно, что зерна имеют очень тонкую дендритную подструктуру. Эта субструктура образована быстрым охлаждением расплавов, обработанных лазером. Рост зерен является направленным, но вместо дендритов наблюдаются клеточные структуры [4]. Направление роста зерна приводит к анизотропии свойств материала, используемого для печати. Изменение характерного размера микроструктуры, связанное с условиями охлаждения изучено в работе [5].

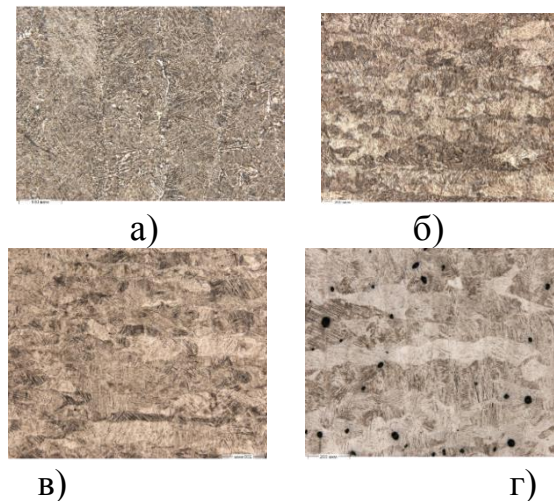


Рисунок 2. Микроструктура полученных образцов

На рисунке 3 показана типичная структура объектов, полученных методом лазерного плавления. А именно, в структуре имеются ямы, внутри некоторых из которых наблюдаются капли диаметром порядка 0,5 мкм.

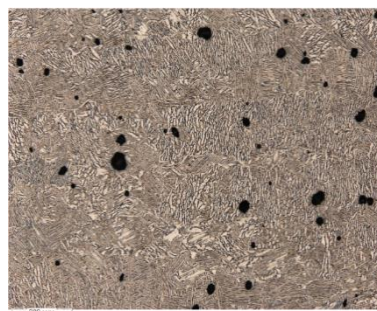


Рисунок 3. Сфероидизация сплава CL41Ti ELI при лазерном плавлении

Это происходит из-за температурных градиентов и нестабильности материала при изготовлении. Причиной этого является поверхностное натяжение, при котором расплав стремится уменьшить энергию свободной поверхности, образуя форму с минимальной площадью поверхности, т.е. сферой. В этом случае эффект Марангони наблюдается в зоне плавления, приводя к конвекционным токам из-за градиента поверхностного натяжения в зависимости от температуры, и, если конвективные токи достаточно сильны, расплавленная полоса разделяется на капельки. Кроме того, капля под воздействием поверхностного натяжения притягивает соседние частицы порошка, что приводит к образованию ямок вокруг капель и, в конечном счете, к увеличению пористости. Различные механизмы сфероидизации изучены в работах [4, 6].

Твердость определялась по Виккерсу на микротвердомере DuraScan 20 по размерам отпечатков, создаваемых вдавливанием алмазной пирамиды под нагрузкой 50 г длительностью 10 с. В качестве индентора применялась четырехгранная алмазная пирамида с углом при вершине, равным  $136^\circ$ .

Таблица 3

### Результаты измерения микротвердости образцов сплава CL41TI ELI

Образец	Твердость по Виккерсу HV (МПа)							
	1 исход.	2 исход.	Образец 1.1	Образец 1.2	Образец 2.1	Образец 2.2	Образец 3.1	Образец 3.2
1	400	403	373	375	355	385	342	375
2	405	403	359	375	369	377	331	337
3	396	407	338	357	381	392	351	357
4	394	392	355	369	330	379	323	335
5	377	439	337	367	370	369	337	363
6	361	400	331	353	371	359	320	320
7	383	429	335	381	361	367	338	375
8	427	429	325	394	375	389	330	331
9	377	410	333	333	375	392	342	320
10	407	429	363	371	389	379	325	331
Среднее значение	392,7	414,1	344,9	367,5	367,6	378,8	333,9	344,4

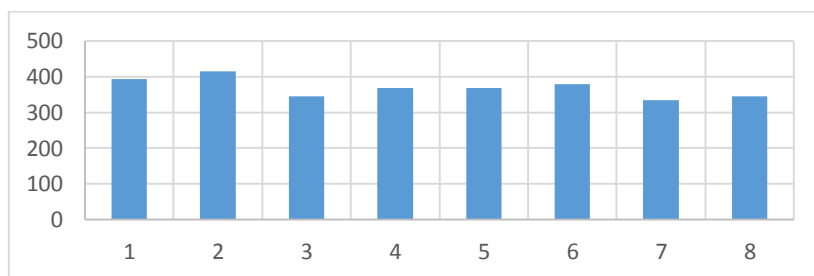


Рисунок 4. Диаграмма результатов измерения микротвердости образцов сплава CL41TI ELI

### *Заключение*

Из результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что селективное лазерное плавление является эффективным методом формирования из порошкообразных материалов качественных продуктов, характеризующихся довольно высокой степенью однородности структуры.

Однако следует отметить, что формирование качественной полосы расплава связано с поиском оптимальной области параметров процесса (мощность лазерного излучения и скорость сканирования). Когда лазерное излучение применяется к частицам, трудно управлять быстрыми процессами нагрева, плавления и объединения частиц порошка в месте расположения лазерного луча.

Вязкость и поверхностное натяжение являются ключевыми факторами в процессе сфероидизации. Увеличение мощности лазера и скорости сканирования могут снизить тенденцию к сфероидизации, но чрезмерная мощность лазера и скорость сканирования будут влиять на точность размеров продукта, так как перегрев порошка приведет к плавлению области за пределами лазерного пятна.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1J. P. Kruth. Consolidation phenomena in laser and powder bed based layered manufacturing / J. P. Kruth, G. Levy, F. Klocke // CIRP Annals. – 2007. – №56. – PP. 730-759.

2B. Vandenbroucke. Selective laser melting of biocompatible metals for rapid manufacturing of medical parts / B. Vandenbroucke, J.P. Kruth // Rapid Prototyping Journal. – 2007. – № 13. – PP. 196-203.

3Concept Laser [Электронный ресурс]: Concept Laser GmbH. URL: [www.concept-laser.de/fileadmin//user\\_upload/Datasheet\\_CL\\_20ES.pdf](http://www.concept-laser.de/fileadmin//user_upload/Datasheet_CL_20ES.pdf) (дата обращения: 28.03.2018).

4D. D. Gu. Balling phenomena in direct laser sintering of stainless steel powder: metallurgical mechanisms and control methods / D. D. Gu, Y. F. Shen // Materials and Design. – 2009. – №30. – PP. 2903–2910.

5W. Hofmeister. Solidification in direct metal deposition by LENS processing / W. Hofmeister, M. Griffith // Jom. – 2001. – №53. – pp. 30–34.

6D. D. Gu. Balling phenomena during direct laser sintering of multi-component Cu-based metal powder / D. D. Gu, Y. F. Shen // Journal of alloys and compounds. – 2007. – №432. – PP. 163–166.

7Шишковский И.В. Использование селективного лазерного спекания в литье по выплавляемым моделям / И.В. Шишковский // Литейное производство. – 1999. – № 7. – С. 19-22.



УДК 621.3.1

Темірхан Н. (18-МТЭК-2п), Уазырханова Г.К. (ВКГТУ, доктор PhD)

## ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И МЕТОДЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА

Энергетика (реализация способности человека находить, добывать, транспортировать на расстояния, соизмеримые с размерами Земного шара, и перерабатывать в механическую энергию, тепло и электричество, природные источники энергии) является основой существования современного человеческого общества.

Способность целенаправленно добывать и использовать природную энергию принципиально отличает человека как биологический вид от всех других самых развитых животных.

Открытие во второй половине 19-го века крупнейших месторождений нефти и открытие и освоение электричества стали основой современной научно-технической революции. Рассматриваемые в настоящей диссертации так называемые возобновляемые источники энергии (солнце, ветер, разнообразные формы движения воды, внутренне тепло Земли и другие) влияют на тепловой баланс Земли независимо от того, использует ли человек часть их энергии для своих нужд или нет.

Запасов возобновляемых источников энергии на Земле достаточно для удовлетворения всех нужд человечества сегодня и в далеком будущем. Собственно говоря, возобновляемые источники энергии, наличие которых обусловлено традиционными физическими процессами на поверхности Земли и на некоторой глубине земной коры, сопровождали человека во все времена его истории, и именно они были первыми источниками энергии, которые человек начал осмысленно использовать. Здесь можно назвать и паруса, и водяные и ветряные мельницы, и волновые преобразователи энергии.

Динамика развития возобновляемой энергетики.

В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей народного хозяйства, определяющих прогресс общественного производства.

Десятилетия развития энергетики, основанной на сжигании органических топлив, выявили её принципиальные недостатки, заключающиеся в:

-неравномерности распределения по территории Земли месторождений энергоносителей и формировании гигантских грузопотоков энергетического назначения;

-недопустимых масштабах влияния на экосистему Земли;

-исчерпанию в обозримом будущем запасов невозобновляемых по своей природе энергоисточников и необходимости перехода на другие экологически более чистые и возобновляемые энергоисточники с соответствующими изменениями всей инфраструктуры мировой энергетики.

Необходим поиск путей перехода к новым источникам энергии, способным на длительный период обеспечить растущие потребности человечества, – к источникам более высокого экологического качества – гидроэнергии, энергии солнца, ветра и биомассы. Они в своем естественном состоянии принимают участие в формировании энергетического (теплового) баланса планеты, а, значит, их использование не приведет к изменению баланса, что позволит поднять уровень потребления энергии до любого разумного, требуемого соответствующим этапом развития индустриального общества, значения.

Усилиями многих отечественных специалистов и ученых сегодня уже обеспечены научные основы развития возобновляемой энергетики и показаны некоторые практические пути реализации идеи об изменении энергетической стратегии будущего развития человечества. Соглашаясь со сформулированными научными основами, соискатель видит основные задачи настоящего диссертационного исследования в развитии технических способов практического приспособления вырабатываемой возобновляемой энергетикой энергии к нуждам энергетических систем и изолированных потребителей энергии; задача же первой главы – показать динамику развития возобновляемой энергетики, особенности генерации энергии на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и ее использования потребителями, развития способов аккумуляции тепловой энергии.

В Казахстане есть все виды органического топлива и это создает иллюзию, что энергетический кризис нам не грозит. Однако это не так, поскольку общеизвестны острейшие энергетические ситуации, возникающие в ряде регионов Казахстана.

Развитие энергетики возобновляемых источников в мире за последние 15 – 20 лет происходит по очень оптимистичному сценарию с постоянным возрастанием установленной мощности и доли в топливно-энергетическом балансе. Если традиционная энергетика с начала XXI века росла с темпом 1,5 – 2% в год, то большинство новых технологий использования ВИЭ - 20 – 30 % в год. Рекордный показатель роста за 10 лет у солнечной энергетики – 50% в год.

Развитие малой гидроэнергетики. Малая гидроэнергетика за последние десятилетия заняла устойчивое положение в качестве важной составляющей электроэнергетики многих стран мира.

Достоинством малых ГЭС является низкая абсолютная капиталоемкость, короткий инвестиционный цикл. Они могут сооружаться практически на любых водных объектах, имеющих сколь-нибудь значимый гидроэнергетический потенциал: на малых реках и ручьях, водосбросных сооружениях мелиоративных систем, водосбросах ТЭЦ, а также в питьевых водоводах, продуктопроводах предприятий, канализационных коллекторах. К 2020 году в России должно быть введено 0,75 ГВт малых ГЭС.

На базе малых ГЭС могут создаваться энергокомплексы, так как их водохранилища способны аккумулировать энергию солнечных и ветровых электростанций, характеризующихся непостоянным режимом функционирования. Это позволит более эффективно использовать значительный потенциал и других возобновляемых источников энергии.

Развитие ветроэнергетики. К 2015 году суммарная установленная мощность ветроустановок (ВЭУ) составила 370 ГВт. За 2014 г. в эксплуатацию было введено 51 ГВт ВЭУ, их установленная мощность по сравнению с концом 2013 г. (319 ГВт) выросла на 16%.

Промышленностью разработана широкая номенклатура ветроагрегатов с хорошими технико-экономическими показателями. За 25 лет единичная мощность серийных ВЭУ возросла с 30 до 6000 кВт. Диаметр ветроколеса увеличился с 15 до 115 метров (в 8 раз). Годовое производство энергии одним агрегатом возросло более чем в 500 раз.

Развитие солнечной энергетики. Солнечная фотоэнергетика демонстрирует значительные темпы прироста мощности. Если в 1999 году установленная мощность фотоэлектрических систем, присоединенных к сети, впервые превысила 500 МВт, то суммарная мощность действующих в мире фотоэлектрических установок (ФЭУ) к началу 2015 г. достигла 177 ГВт, причем в 2014 г. в эксплуатацию введено 39 ГВт. Согласно госпрограмме к 2020 году должно быть введено 1,5 ГВт ФЭУ.

Суммарная тепловая мощность солнечных систем теплоснабжения (ССТ) к 2015 г. достигла 406 ГВт(т). За 2014 г. в эксплуатацию введено 33 ГВт ССТ, их установленная мощность по сравнению с концом 2013 г. (373 ГВт) выросла на 8,6%.

Установленная мощность солнечных электростанций (СЭС) (с концентраторами) за 2014 год выросла более 30% и к 2015 г составила 4,4 ГВт.

Развитие биоэнергетики. В последние годы из-за нестабильности цен на нефть повышается интерес к использованию биотоплив, особенно к этиловому спирту и биодизельному топливу, прежде всего, на транспорте. Производство их в 2014 г. превысило 123,7 млрд л в год (около 5 % от ежегодного мирового потребления бензина), биоэтанола – 94,0, биодизеля – 29,7 млрд л в год. По сравнению с 2013 г. производство биодизеля возросло в 1,13 раза, а биоэтанола – 1,07 раз.

Сбор и утилизация биогаза (метана) с полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) – эффективный способ снижения эмиссии парниковых газов.

Биогазовые технологии одновременно решают четыре глобальных проблемы:

- экологическую – переработка органических отходов;
- энергетическую – производство газообразного топлива, электрической и тепловой энергии;
- агрохимическую – производство экологически чистых высокоэффективных органических удобрений;
- социальную – улучшение условий быта и труда, особенно в сельской местности.

Развитие геотермальной энергетики. Общая установленная мощность ГеоТЭС во всем мире к началу 2015 г. составила 12,8 ГВт и за 2014 год прирост составил 5,8%.

В последнее время широкое распространение получило использование приповерхностных низкопотенциальных геотермальных установок на базе тепловых насосов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Проект Стратегия «Эффективное использование энергии и возобновляемых ресурсов Республики Казахстан в целях устойчивого развития до 2024года».

2 Абдрахманов Р. С., Переведенцев Ю. П. Возобновляемые источники энергии.–Казань: Изд. Казанского университета, 1992. –134 с.

3 Ададулов Е. А. Повышение эффективности использования аккумуляторов теплоты с возобновляемыми источниками энергии: дис. ... канд. техн. наук.–М.: РГБ, 2005. –173 с.

4 Акопов Е.К., Очеретный В.А. Исследование процессов обмена в четверных взаимных системах по степени конверсии и отношению между независимыми реакциями //Журн. неорган. химии.–1969. –Т.14.–В.11.–С.3118-3123.

5 Алексеев В. В. Перспективы развития солнечной энергетики. –М.: Вестник МГУ. –1992. –№3. –С. 16–23.

6 Алексеева Е.А. Теоретическое и экспериментальное исследование многокомпонентных конденсированных солевых взаимных систем: дисс. канд. хим. наук.–М.: 1969. –213 с.

7 Аллонкль Р. Исследование теплового аккумулятора со скрытой теплотой в периодическом режиме. Применение к материалу, заключенному в оболочку// RevueGeneraledesThematique, fevrier. –1983. –Т.22, –№254. –С.161-167 (пер. с фр.).

8 Алферов Ж.И. Перспективы фотоэлектрического метода преобразования солнечной энергии// АН СССР. –М.: –1981. –С. 7 – 70.

9 Алхасов А. Б. Возобновляемая энергетика. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. –256 с.

10 Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. –М.: Колосс, 2003. –532 с.

11 Андреев В.Н. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. –Л.: Наука, 1989. –310 с.

УДК 621.11.2

Саркытбеков I.M. (18-МТЭК-2п), Уазырханова Г.К. (ВКГТУ, доктор PhD)

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИК РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В НЕЙ

Научно - технический прогресс встал на качественно новую ступень развития. Увеличилась скорость роста городов, развития промышленности, как в развитых странах, так и в странах третьего мира. Регулярно вводятся новые и поддерживаются уже существующие программы развития энергетического комплекса.

Средняя продолжительность жизни в XX веке увеличилась в 1,5 раза. Этому способствовало: создание вакцин, открытие антибиотиков, улучшение медицинского обслуживания, внедрение достижений науки во все сферы жизни. Научно технический прогресс обуславливает увеличение добычи полезных ископаемых.

Выбросы вредных веществ промышленных предприятий в атмосферу за период с 2000 по 2012 год возросли на 9,5%. Увеличение площадей свалок различных отходов в 1,6 раз. В условиях стремительного развития производства образовался значительный дефицит электрической и тепловой энергии, сохранившийся во время кризиса, начавшегося в 2008 году. Увеличение мощности источников традиционной выработки энергии еще более усугубит экологическую обстановку в мире. Однако, неравномерное и неполное снабжение регионов электрической и тепловой энергией не позволяет части населения пользоваться благами 21 века.

Анализируя статистические данные об альтернативных источниках получения энергии, можно отметить, что производство биогаза является высокопотенциальным решением проблемы дефицита энергии, получения высококачественных биоудобрений и утилизации биоотходов. Несмотря на положительное воздействие на окружающую природу и экономику страны, данная отрасль получения альтернативного источника энергии в Казахстане очень слабо развита.

Большая территория страны и неравномерное ее заселение, резко континентальный климат и частично кочевой образ жизни, сохранившийся в некоторых областях Казахстана, обуславливают затруднения для создания стационарных источников энергии, что в свою очередь обосновывает необходимость создания мобильных комплексов выработки тепловой и электрической энергии, отсутствующих на данный момент. Для этого наилучшим образом подходит железная дорога, так как она достаточно хорошо развита на территории Республики и основные элементы железнодорожных поездов, такие как платформы, цистерны и вагоны способны разместить оборудование, необходимое для процессов переработки биоотходов и выработки биогаза с биоудобрениями.

Территория республики занимает 2724,9 тыс. кв. км. По площади она находится на втором месте в СНГ и на девятом в мире. Важным сектором

экономики Казахстана является сельское хозяйство. Площадь сельскохозяйственных угодий страны составляет 76,5 тыс. га, в том числе пашни - 24,1 млн. га, пастбищ - 46,5 тыс. га. На севере климатические условия благоприятствуют выращиванию яровой пшеницы, овса, ячменя и других зерновых культур, а также позволяют развивать овощеводство, бахчеводство и возделывать ряд технических культур: подсолнечник, лен-кудряш, табак и др. На юге республики, в предгорной полосе и в долинах рек, где много тепла, при искусственном орошении дают высокие урожаи хлопчатник, сахарная свекла, желтый табак, рис, плодоносят сады и виноградники.[18, 19]

Одной из главных проблем Казахстана, является обострение экологической ситуации в связи с интенсивным хозяйственным освоением территории. За 2013 год столица Астана потребила 570 тыс. тонн продукции. С учетом роста населения, годовой объем потребления меняется в плюсовую сторону на 50-60 тыс. тонн. Ежедневный уровень потребления составляет 1.5 тыс. тонн. Рост потребления влечет за собой рост образования, вывоза и накопления различных типов отходов. Статистические данные по накоплению отходов в Казахстане [20]:

- 5% твердых бытовых отходов (ТБО) подвергаются переработке;
- 60% ТБО могут подвергаться переработке во вторичное сырье;
- 30% ТБО - пищевые отходы, которые могут перерабатываться в компост;
- 603 полигона для ТБО действуют на территории РК;
- 97% ТБО хранятся на полигонах, не соответствующих санитарным требованиям;
- 60 тонн отходов на человека ежегодно образуется в Казахстане;
- 1300 тонн мусора ежедневно производит город Алматы;
- 23,6 млрд тонн отходов накоплено в Казахстане;
- 230 млн тонн составляют радиоактивные отходы;
- 30 млрд тонн химических отходов хранится на территории Казахстана.

Главными особенностями цикла являются: брожение биоотходов происходит во время движения железнодорожного состава; не стандартные способы сушки биоудобрений; использование отходящих газов двигателя локомотива в качестве греющего агента для выработки пара, используемого в сушильных установках, и во вспомогательных калориферах.

Для обеспечения бесперебойной работы установки необходимо поддерживать температуру внутри метантенка +55 оС, так как процесс брожения является основным, для этого необходима тепловая изоляция вагонов и трубопроводов.

Применение отходящих газов двигателя локомотива и использование вторичного пара, образующегося в сушильных аппаратах, позволяет повысить КПД всего комплекса и сделать цикл замкнутым.

В связи с отсутствием аналогов, для создания проекта мобильной биогазовой установки, необходимо скорректировать существующие и разработать новые методики расчета процессов с учетом особенностей работы комплекса.

Методика расчета мобильной установки по переработке отходов.

Размер сельскохозяйственной установки зависит от числа домашних животных и доступной площади земель для выращивания сельскохозяйственных культур, для переработки в биогаз и биоудобрения.

На рисунке 1 изображена блок схема технологических процессов в мобильной установке по переработке отходов

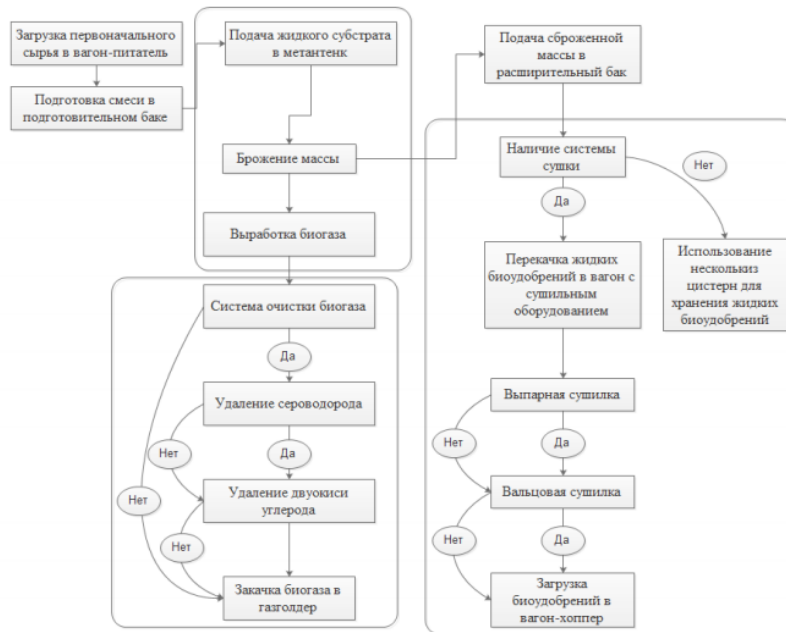


Рисунок 1 - Блок схема технологических процессов в мобильной установке

На рисунке 2 изображена блок схема методики расчета мобильной установки по переработке отходов.

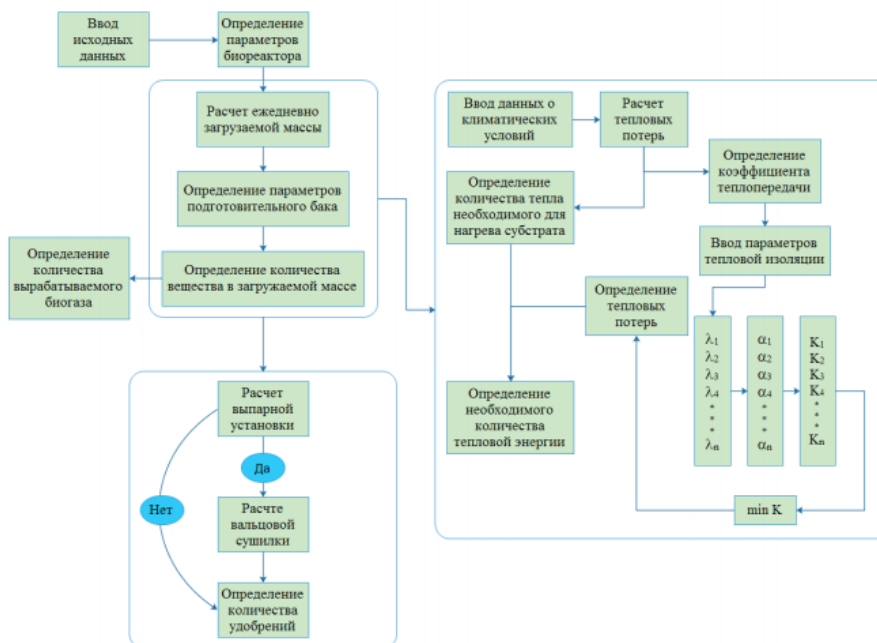


Рисунок 2 - Блок схема методики расчета мобильной установки

Исходя из объема сырья для выработки биогаза и некоторых дополнительных условий, рассчитываются параметры биогазовой установки по методике, описанной Dieter Deublein и Angelika Stienhauser. Однако расчет мобильного завода по переработке биологических отходов основывается на размерах мобильного метантенка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Deublein, D., Biogas from Waste and Renewable Resources. 2-nd Ed./ D.Deublein, A. Steinhauser. - Willey-VCH Verlag GmbH, - Weinheim, - 2011, -550 p.p.

2 Чеботаева, О. В. Теплообмен с окружающей средой метантенка для сбраживания биомассы / О.В. Чеботаева, В. А. Сербин, Н. В. Колосова. -Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. –2010. – № 6. – С. 86

3 Китаев, Б. Н. Теплообменные процессы при эксплуатации вагонов/ Б. Н.Китаев. – М.: Транспорт, 1984. – 184 с.

4 агрохит/ [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://агрохит72.рф/index.php/sposoby-sushki>

5 Лебедев, П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок/ П.Д. Лебедев. - М. —Л. Госэнергоиздат, 1963. 320 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Zhukanova G.B., Yeskermessov D.K., Verigin A.A.</b> CALCULATION OF THE INTENSITY OF SOLAR COSMIC RAYS USING THE INSTALLATION “CARPET-ASTANA” AND THE EFFECT OF SOLAR COSMIC RAYS ON THE ATMOSPHERE AND WEATHER	3
<b>Абдильдинова Г.С., Седелев В.А.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПРОИЗВОДИМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН	8
<b>Айболов Е.А., Ерболатова Г.У.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ: НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ	13
<b>Айгожанов Т.М., Мұқан Н.Ж., Тойбазаров Ұ.Е., Асылжанова А.Б.</b> ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕУ ЖӘНЕ ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ	19
<b>Айтбек Қ.А., Ысқақ А.Б., Ескермесов Д.К.</b> ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ НИТРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ Zr-Nb-Ti-Cr, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ	24
<b>Андыбаева Г.М., Уазырханова Г.К., Рахадиллов Б.К.</b> ПОЛИМЕР ПЭЭК (ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОН) И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ	30
<b>Аубакирова Д.М.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА НАНЕСЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	34
<b>Акенева Ж.О., Бакланов А.Е.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ПАРОВОГО КОТЛА, С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ	38
<b>Баденова Ж.Р., Бакланов А.Е.</b> ДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	43
<b>Базарова М.Т., Бакланов А.Е.</b> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	49
<b>Баймолданова Л.С., Погребняк О.Д., Уазырханова Г.К., Гриценко Б.П.</b> ИОНДЫҚ ИМПЛАНТАЦИЯ ҚОЛДАНЫЛҒАН НАНОКОМПОЗИТТІ ЖАБЫНДАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ	52
<b>Бейбіт Ж., Әліпова Ә. Е., Асылжанова А.Б.</b> ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАДАҒЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕР ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ	57

<b>Бейбіт Ж, Әліпова Ә.Е, Асылжанова А. Б.</b> ЖЕЛДЕТКІШ ЖҮКТЕМЕСІНІҢ ЖИЛІКТІК-РЕТТЕЛЕТІН ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІ	61
<b>Даирбекова А.Е., Бакланов А.Е.</b> АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ	65
<b>Доржанова Д.О., Акаев А.М.</b> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	67
<b>Досин А. С., Асылжанова А. Б.</b> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ И АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ УПП	71
<b>Ескермесова А.С., Ескермесов Д.К.</b> ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ Cr И Si В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ОСАЖДЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ (Zr-Ti-Nb)N	76
<b>Әнуарбекова Ш.Д., Нуркенова Б.Д.</b> БАҒАЛЫ МЕТАЛДАР ҚОРЫТПАЛАРЫНДАҒЫ НЕГІЗГІ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ШОҒЫРЛАНУЫН ӨЛШЕУДІ ОРЫНДАУ ӘДІСТЕМЕСІН ӘЗІРЛЕУ	81
<b>Жанболатов О.М., Бакланова О.Е.</b> АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТОЧЕЧНОЙ КИНЕТИКИ С УЧЕТОМ ЗАПАЗДЫВАЮЩЕГО ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ	84
<b>Калиева А.Е., Миргородский С.И.</b> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ	89
<b>Кенесов А.Ж., Нуркенова Б.Д.</b> V-ШІ ТОПТАҒЫ МЕТАЛДАРДЫҢ ҚАСИТЕТІНЕ ГАЗДАРДЫҢ ӘСЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ КҮШ ӨРІСІНДЕГІ ӘРЕКЕТТЕРІ	93
<b>Кимосов Р.Н., Плотников С.В., Мякинин А.А.</b> ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ОСОБЕННОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ КОСТНОЙ ТКАНИ ИМПЛАНТИРУЕМОЙ МЕДИЦИНСКИМ СПЛАВОМ Ti <sub>21</sub> Nb <sub>6</sub> TA	95
<b>Клапутин А.Д., Галкин С.В.</b> ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ	103
<b>Коваленко М. В., Рамазанова Ж.М.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНЕ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ	108
<b>М.Т. Қабдолдаев, В.А. Седелев</b> СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ АО «РИДДЕР ТЭЦ»	113
<b>М.Т. Қабдолдаев, В.А. Седелев</b> ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ТУРБИН ЗА СЧЁТ СНИЖЕНИЯ НЕДОГРЕВОВ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ	116

<b>Қабдыкәрім Ж.Н., Асылжанова А.Б.</b> КЕРНЕУІ 500КВ БАСҚАРЫЛАТЫН ШИНАЛЫҚ РЕАКТОРДЫҢ ҚОЛДАНЫЛУЫ	119
<b>Қазезбек М.А., Асылжанова А.Б.</b> ОПТИМИЗАЦИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	124
<b>Қазезбек М.А., Асылжанова А.Б.</b> СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ	129
<b>Қалиев Н.И., Нуркенова Б.Д.</b> ЯДРОЛЫҚ ОТЫН	134
<b>Қантай Н., Рахадиллов Б., Нәбиолдина А.Б., Ескермесов Д., Плотников С. В., Насырова А.</b> ДЕТОНАЦИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН АЛЮМИНИЙ ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЫЛУДАН ҚОРҒАҒЫШ ЖАБЫН АЛУ	138
<b>Қантай Е., Ким А.И.</b> ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА И РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФИБРЫ В БЕТОННУЮ СМЕСЬ	142
<b>Құрмет Д.Қ., Тилеке Е., Ескермесов Д.К.</b> ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ (FeCoNiCuAlCrV)N, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВАКУМНО-ДУГОВОГО ОСАЖДЕНИЯ	147
<b>Мадияров А.М., Малгаждаров Е.А.</b> РЕГУЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОТЛА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ НАСЫЩЕННОГО ИЛИ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА	152
<b>Мамишов Е.М., Алонцева Д.Л.</b> ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЭЦ	157
<b>Масей С.К., Амангельдинова Д.Е., Бауыржанұлы М., Акаев А.М.</b> РОЛЬ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ВОССТАНОВЛЕНИИ И ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	161
<b>Мәдениетова Ә.Н., Жантұрсынов Е.М., Седелев В.А., Асылжанова А.Б.</b> ЖОБАЛАНБАҒАН КӨМІРДІ ЖАҒУҒА КӨШУ КЕЗІНДЕ ЖЭО ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ	165
<b>Найзабаева А.А., Төлеуғазин Ә.Т, Женисов Е.С</b> ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	168
<b>Нукубаева Г.С., Джакишев А.А., Ескермесов Д.К.</b> ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ (Ti-Zr-Nb)N, ПОЛУЧЕННЫХ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ НАПЫЛЕНИЕМ	173
<b>Oymankanova. A., Akaev A.M., Asylzhanova A.B.</b> HEAT PUMPS - EFFECTIVE SOLUTION HEAT AND ENERGY.	177

- Оразаметова С.М., Ерболатова Г.У., Русакова А.В.**  
ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ ИЗ ТИТАНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ 180
- Орынбаева Д.Е., Ерболатова Г.У.**  
ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ НУЖД УЧЕБНО-ЭКСПЕДИЦИОННОГО КАМПУСА «ПРОСТОР» 185
- Рахметуллина Д.А., Миргородский С.И.**  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАКОВОЙ АППАРАТУРЫ ТОО «КАЗЦИНК» 190
- Сағымбекова Э.С., Нуркенова Б.Д.**  
ҮЗІКТІ ҮДЫРАУДЫҢ ДИСПЕРСИЯЛЫ ҚАТАЯТЫН ҚОРЫТПАЛАРДЫҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ 195
- Сакенова Р.Е., Ердыбаева Н.К., Погребняк А.Д., Гриценко Б.П.**  
КӨП ҚАБАТТЫ ЖАБЫНДЫ ЗЕРТТЕУ ӘДІСІ 199
- А. К. Саяков, С. В. Плотников, Ерболатова Г. У.**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЧНОСТИ ГИПСОВЫХ КОМПОЗИТОВ ОТ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ МИКРОАРМИРОВАНИЯ 203
- Сеитова С.А., Сегеда Т. А.**  
«ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО РАЙОНА ПРИ ПЕРЕХОДЕ С ОТКРЫТОГО ТИПА НА ЗАКРЫТЫЙ» 208
- Қабылқақов Қ.М., Тоқтар Б.А., Шеров К.Т.**  
АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЯ ВАЛИКА И ПОЛНОГО ТЕПЛОВОГО КПД ПРОЦЕССА СВАРКИ 212
- Қабылқақов Қ.М., Тоқтар Б.А., Шеров К.Т.**  
ПОЛУЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ КОРНЕВОГО ПРОХОДА. 215
- Пантелеев М.А., Сегеда Т.А.**  
ШЛАКОВАНИЕ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ КАЗАХСТАНСКИХ УГЛЕЙ. 218
- Аубакирова К.М., Седелев В.А.**  
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КОТЛА ТПЕ-430А ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ КОРРОЗИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ВСЕХ УЧАСТКАХ ПАРОВОДЯНОГО ТРАКТА. 223
- Жунусова М.К., Ерболатова Г.У., Русакова А.В.**  
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В КРИСТАЛЛАХ LiF ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИОНАМИ КСЕНОНА 228
- Мусин Р.М., Седелев В.А.**  
ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СИСТЕМЫ ГАЗОУДАЛЕНИЯ КОТЛОВ. 233

<b>Жағыпаров М. Б., Асылжанова А.Б.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ	238
<b>Жағыпаров М. Б., Асылжанова А.Б.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ	240
<b>Касымбаев А.В., Сағидұғұмар А.Н., Уазырханова Г.К.</b> ПОЛУЧЕНИЕ БИОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АПАТИТА КАЛЬЦИЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ZnO И АЛЬГИНАТА НАТРИЯ	243
<b>Сағидұғұмар А.Н., Темирболатова М., Тұрлыбекұлы А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В КОСТНОЙ ИНЖЕНЕРИИ	248
<b>Сағидұғұмар А.Н., Темирболатова М., Мякинин А.А., Тұрлыбекұлы А.</b> БИОКОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА И БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ	252
<b>Темирболатова М., Сағидұғұмар А.Н., Мякинин А.А., Уазырханова Г.К.</b> БИОКОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА И АЛЬГИНАТА НАТРИЯ ДОППИРОВАННЫЙ ИОНАМИ СЕРЕБРА	255
<b>Черепанов А.В., Сегеда Т.А.</b> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА.	259
<b>Жанабаева К.Г., Миргородский С.И.</b> «ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ»	264
<b>Султанова А.Ж., Прохоренкова Н.В.</b> МЕРОПРИЯТИЕ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЕЛЬНОЙ: УСТАНОВКА ПРИБОРОВ УЧЕТА ПАРА	267
<b>Тарлыков К.В., Прохоренкова Н.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА	271
<b>Темірхан Н.А., Масей С.К., Айгожанов Т.М., Уазырханова Г.К.</b> АККУМУЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	276
<b>Тешебай А.Ә., Нуркенова Б.Д.</b> ЖАНҒЫШ ЖӘНЕ МАЙЛАУ МАТЕРИАЛДАРЫНДАҒЫ МЕТАЛЛ МИКРОҚОСПАЛАРЫН ДИАГНОСТИКАЛАУ ӘДІСТЕРІ	279
<b>Тлеубеков.А.А., Әскерқанова.Ж.Ә., А.Т. Нурғалиева</b> ЖҰЛУ ЭНЕРГЕТИКА САЛАСЫНДА ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒА ЛАЙЫҚТЫ ӘДІС-ТӘСІЛДЕРДІ ШАНДЫ АУЛАУДА ҚОЛДАНУ	283
<b>Төлеуғалиев Н. Б., Жакупов Т. М.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНИ- ТЭЦ В СИСТЕМАХ ДЕЦЕНТРОЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	287

<b>Тураров Ж.Т., Седелев В.А., Баденова Ж.Р.</b> ОБЗОР СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСК	289
<b>Харлов В.Е., Бакланов А.Е.</b> УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДА АЗОТА ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТЕ БКЗ 220-100.	294
<b>Хожанов А.Р., Алонцева Д.Л., Герт С.С.</b> ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТАНТАЛА МЕТОДОМ РОБОТИЗИРОВАННОГО МИКРОПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ	300
<b>Шәкерханова А.А., Гольцев А.Г.</b> РЕКОМЕНДАЦИИ УСТРОЙСТВА ДВУХСЛОЙНОГО ПОЛА С ВЕРХНИМ СЛОЕМ ИЗ ФИБРОБЕТОНА	305
<b>Шарипова А.А., Прохоренкова Н.В.</b> МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ГОРОДА УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА	310
<b>Шаяхмет Д.Р., Галкин С.В.</b> ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ	312
<b>Бақытбекова Ш.Е., Мұхамеди М.А., Дуйсембаева Г.С.</b> ЖЫЛУ СОРҒЫЛАРЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ	317
<b>Кендиржанов Е.Р., Талипов О.М.</b> УМЕНЬШЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗОЛОВЫХ ЧАСТИЦ ПУТЕМ ВЛАЖНОСТНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ	320
<b>Жакибаев С.Ж., Байдилдина А.Т.</b> РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ КОТЛА БКЗ-160-100-ФБ ТОО «СОГРИНСКАЯ ТЭЦ»	323
<b>Тусупқанов С.Т., Уазырханова Г.К.</b> К ВОПРОСУ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА	331
<b>Полторацкая В.Н., Прохоренкова Н.В.</b> ПОКВАРТИРНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ	335
<b>Токтарбаева Г.М., Р.О. Сейсебаева, Рахадиллов Б.К.</b> ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ СТАЛЕЙ	340
<b>Рахымжанова К.Б., Еркинов Е.Е., Рахадиллов Б.К.</b> МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ЭЛЕКТРОННО- ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКОЙ	344
<b>Құрмашев М.М., Запасный В.В.</b> СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ШАРЫК» В АТМОСФЕРЕ	350

<b>Қасымбеков Д.Н., Запасный В.В.</b> СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ РИДДЕРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В АТМОСФЕРУ	353
<b>Мякинин А. А., Руденко С.О., Догадкин Д.С., Жанысов С.А., Плотников С.В.</b> СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА СL41TI E11 ПОСЛЕ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ	356
<b>Темірхан Н., Уазырханова Г.К.</b> ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И МЕТОДЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА	361
<b>Сарқытбеков І.М., Уазырханова Г.К.</b> РАЗРАБОТКА МЕТОДИК РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В НЕЙ	365

*Научное издание*

**ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ – ИННОВАЦИОННОМУ  
РАЗВИТИЮ КАЗАХСТАНА**

*Материалы VI Международной научно-технической конференции  
студентов, магистрантов и молодых ученых  
(ВКГТУ, 9, 10 апреля 2020 г.)*

Часть V

Сборник издан методом прямого копирования авторских статей  
Ответственный за выпуск *О.Н. Николаенко*  
Редактор *С.С. Мамыраздыкова*

Подписано в печать 25.05.2020. Формат 60x84/16.

Печать ризографическая. Бумага офсетная.

Усл.печ.л. 21,86. Уч.-изд.л. 21,76.

Тираж 300. Заказ № 745-2020.

Цена договорная.

Восточно-Казахстанский государственный технический  
университет им. Д. Серикбаева  
070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69.