

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Научно-исследовательский центр
«МашиноСтроение»**



Тихоокеанский государственный университет

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева

Волгоградский государственный технический университет

Тверской государственный технический университет

Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева

Казанский государственный энергетический университет

ISSN 2618-8953

МОДЕРНИЗАЦИЯ И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

**Материалы международной
научно-практической конференции**

№5

Санкт-Петербург, 2022

УДК 620.9 : 001.8

ББК 30.6

М74

М74 Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса: Материалы международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: НИЦ МС, 2022. – №5. – 46 с. – DOI: 10.26160/2618-8953-2022-5.

Представлены материалы V международной научно-практической конференции «Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса». Направления работы конференции: 1) Фундаментальные принципы и подходы к исследованию объектов и процессов ТЭК; 2) Машины и механизмы ТЭК; 3) Добыча и переработка природных ресурсов; 4) Ресурсосберегающие технологии; 5) Транспортировка и хранение энергоресурсов; 6) Угольная промышленность; 7) Нефтегазовая отрасль; 8) Электроэнергетика; 9) Общие проблемы топливной промышленности; 10) Результаты инновационной деятельности в области энергоэффективности.

Материалы могут быть полезными для научных и инженерно-технических работников, докторантов, аспирантов и студентов, занятых исследованием процессов, оборудования, машин, агрегатов и комплексов в отраслях добычи, переработки и транспортировки различных энергоресурсов, а также в смежных промышленных отраслях.

Учредитель: *Жукова Елена Валерьевна.*

Ответственный редактор:

Жуков Иван Алексеевич – директор НИЦ «МашиноСтроение», профессор кафедры машиностроения Санкт-Петербургского горного университета, д.т.н., доцент.

Редакционная коллегия:

Мешалкин Валерий Павлович – академик РАН, директор Международного института логистики ресурсосбережения и технологической инноватики (НОЦ), РХТУ им Д.И. Менделеева, д.т.н., профессор;

Зверева Эльвира Рафиковна – профессор кафедры технологии воды и топлива КГЭУ, д.т.н., доцент;

Исаев Сергей Петрович – профессор кафедры технологии лесопользования и ландшафтного строительства ТОГУ, д.т.н., профессор;

Кабалдин Юрий Георгиевич – профессор кафедры «Технология и оборудование машиностроения» НГТУ им. Р.Е. Алексеева, д.т.н., профессор;

Балакина Екатерина Викторовна – профессор кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» ВолгГТУ, д.т.н., доцент;

Гараников Валерий Владимирович – заведующий кафедрой технической механики, ТвГТУ, д.т.н., профессор;

Унаспеков Берикбай Акибаевич – академик Национальной инженерной академии Республики Казахстан, профессор кафедры «Инженерные системы и сети» КазНИТУ, д.т.н., профессор.

ISSN 2618-8953

© Авторы, 2022

© НИЦ МС, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Машины и механизмы ТЭК

- Горбатюк С.М., Ибрагимова А.А.** Проблематика разработки инновационных компрессоров воздуха для дыхания 5
- Елисеев А.В., Николаев А.В.** Развитие структурного подхода в задачах динамики технических объектов в условиях вибрационных взаимодействий 9

Добыча и переработка природных ресурсов

- Солодовников А.Ю.** Ресурсный потенциал сапропеля Тюменской области и его использование 12

Ресурсосберегающие технологии

- Дзюба А.П., Соловьева И.А., Конопелько Д.В.** Комбинированные системы централизованного теплоснабжения как направление повышения энергетической и экологической эффективности промышленных территорий России 15
- Щербаков Н.В., Курносоев Н.Е.** Применение испарительного эффекта как аспект повышения эффективности работы кондиционера транспортных средств 23

Транспортировка и хранение энергоресурсов

- Рыжиков В.А., Берков А.М.** Автомобильные весы с уравновешенной опорной поверхностью 27
- Яценко Е.А., Гольцман Б.М., Изварин А.И., Курдашов В.М.** Влияние температуры вспенивания пеностекла, используемого для утепления резервуаров для хранения жидкого водорода 29

Нефтегазовая отрасль

- Абрамович О.К.** Установление перспектив нефтегазоносности в Припятском прогибе по материалам гидродинамического моделирования 31

Электроэнергетика

- Окунев В.С.** Анализ аварийных режимов в энергетическом реакторе большой мощности со свинцовым теплоносителем и инновационным металлокерамическим топливом.....36
- Окунев В.С.** Энергия из отходов: возвращение к концепции гибридного термоядерного реактора38
- Горелов С.В., Пахомова Л.В., Бутузов А.А.** Определение поврежденного соединения в кабельных электрических распределительных сетях порта.....40

Результаты инновационной деятельности в области энергоэффективности

- Санников И.В., Мадышев И.Н., Чуктурова А.К.** Исследование процессов адиабатической ректификации при различном КПД контактных устройств.....43

УДК 621.512.001.24(075.8)

ПРОБЛЕМАТИКА РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННЫХ КОМПРЕССОРОВ ВОЗДУХА ДЛЯ ДЫХАНИЯ

Горбатюк С.М., Ибрагимова А.А.

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
Москва*

Ключевые слова: компрессоры, воздух для дыхания, баллоны, поршни, высокое давление, обработка металла.

Аннотация. В статье обозначаются основные проблемы при проектировании и разработке компрессорных блоков, предназначенных для сжатия воздуха, в последствие используемого для дыхания человека. Обозначены следующие задачи для решения: снижение силы трения, охлаждения воздуха, обеспечение шумоизоляции и снижению вибрации, обеспечение компактности и очистка воздуха от примесей и влаги. Сделан вывод о способе достижения всех задач для успешной разработки компрессора.

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF INNOVATIVE AIR COMPRESSORS FOR BREATHING

Gorbatyuk S.M., Ibragimova A.A.

National University of Science and Technology «MISiS», Moscow

Keywords: compressors, breathing air, cylinders, pistons, high pressure, metal processing.

Abstract. The article outlines the main problems in the design and development of compressor units designed to compress air, subsequently used for human breathing. The following tasks are outlined for solving: reducing friction, cooling the air, providing noise insulation and reducing vibration, ensuring compactness and cleaning the air from impurities and moisture. The conclusion is made about the way to achieve all the tasks for the successful development of the compressor.

Компрессоры используются во всех областях промышленности, в бытовых и медицинских приборах, там, где необходим газ под давлением, и его энергия служит для обеспечения функционального назначения различных устройств. [1]

Но мы рассмотрим проблематику компрессоров, при помощи которых получают воздух для дыхания. Такими компрессорами заправляют баллоны воздухом, чтобы использовать его в водолазном деле, спасательных, пожарных и медицинских службах для обеспечения дыхания, жизни и здоровья человека. Для этих целей используются поршневые многоступенчатые компрессоры воздуха высокого давления с электрическим роторным двигателем (рис. 1).

К таким компрессорам предъявляются повышенные требования к качеству воздуха, по содержанию химических элементов, веществ, влаги и масла. Такие требования установлены в правилах водолазных служб [3] и специальных подразделений. Изоляция влаги и губительных для человека примесей обеспечивается прежде всего точностью изготовления конструктивных элементов во избежание утечек смазывающего масла, системой фильтрации на входе компрессора и сепарацией.

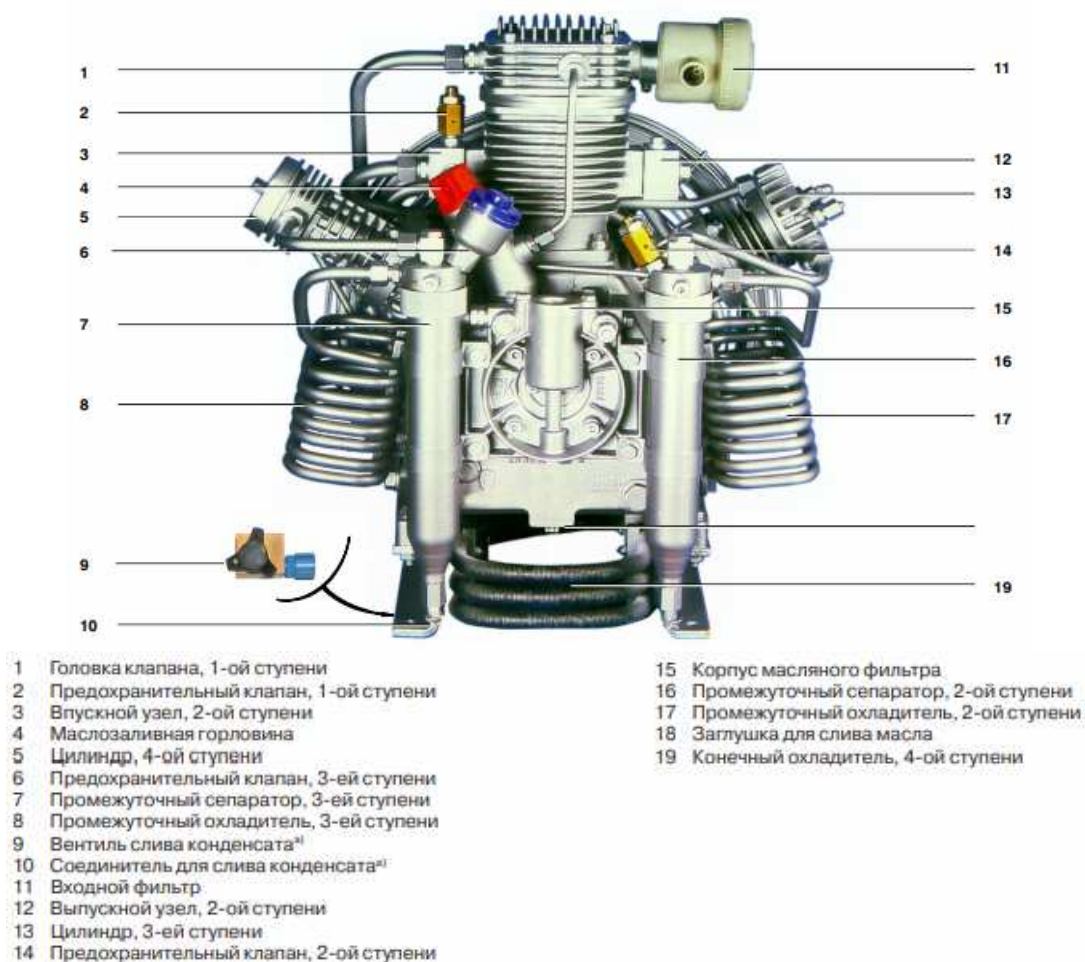


Рис. 1. Современный четырех ступенчатый компрессор [2]

Область их применения так же обуславливает ключевые технические характеристики. Их пневматические параметры: высокое рабочее давление до 300 бар и большая производительность 250-350 л/мин для быстрого наполнения баллонов сжатым воздухом в экстренных ситуациях.

Но при таких достаточно серьёзных технических требованиях они должны обладать малыми габаритами для уместения на рабочих местах специалистов, которые зачастую располагаются на передвижных платформах или транспортируемых станциях обеспечения. Требуется компактность расположения всех элементов конструкции и небольшая масса. Всё это определяет масса-габаритные характеристики компрессоров.

Важный параметр потребляемой мощности, если это компрессор с электрическим двигателем, который получает энергию от общей системы, нагрузка которой ограничена, а значит и ограничены возможности потребления двигателя. Потребляемая мощность исследуемых компрессоров, $N_{об}$ (1) составляет до 10 кВт. Чтобы не выйти за рамки установленного предела, необходимо уменьшать энергии затрачиваемые компрессором на преодоление сил трения в различных элементах конструкции. Для этого детали и узлы компрессорного блока необходимо изготавливать с высокой точностью и наименьшими допусками и с высоким качеством обработки притирающихся узлов компрессора и улучшать систему адресной подачи масла, также даёт уменьшение сил трения [1].

$$N_{\partial\partial} = N_e + N_{тр} + N_{всп} + N_{\Delta пер}, \quad (1)$$

где N_e – мощность, подводимая к валу компрессора;

$N_{инд}$ – индикаторная мощность, т. е. мощность, расходуемая на сжатие и перемещение газа с учётом возврата энергии при обратном расширении газа, остающегося в мёртвом объеме;

$N_{тр}$ – мощность необходимая, для преодоления механического трения;

$N_{всп}$ – мощность, необходимая для вспомогательных механизмов.

К компрессорам, предназначенным для работы в непосредственной близости с людьми, предъявляются требования по шумоизоляции и вибрации, что должно быть учтено в его конструкции. Данное требование обеспечивается плавностью хода движущихся элементов и узлов компрессорного, а значит высокой точностью их изготовления. Достаточная, но не излишняя смазка прицельно обрабатывающая

Но при изолированной конструкции возникает проблема перегрева, а значит нужна высокоэффективная система охлаждения, которая организовывается не только конструкцией цилиндра компрессора, но и дополнительной водяной системой охлаждения.

Многоступенчатость конструкции также обусловлена необходимостью постепенного сжатия и промежуточного охлаждения газа, энергия которого увеличивается с давлением, а значит и растёт температура (рис. 2).

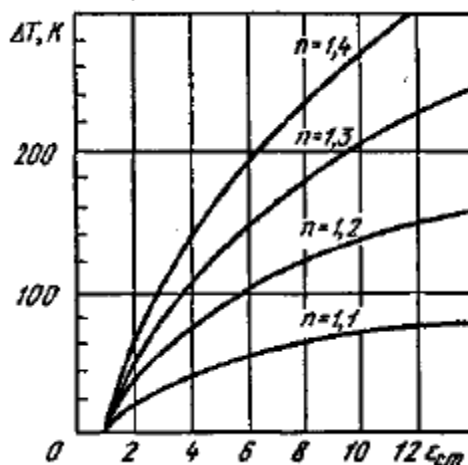


Рис. 2. Зависимость повышения температуры ΔT при сжатии от относительного давления ε

Количество ступеней сжатия определяется необходимым давлением на выходе компрессора (табл. 1) [1].

Табл. 1. Количество ступеней сжатия в зависимости от рабочего давления

Количество ступеней сжатия	Рабочее давление, бар
Одна	4...7
Две	6...30
Три	14...150
Четыре	36...400

Главным решением всех задач разработки современного инновационного компрессора воздуха высокого давления для дыхания является разработка технологии изготовления и подбор оборудования для изготовления всех узлов и элементов компрессорного блока с высокой точностью габаритов и повышенным качеством обработки поверхности внутренних узлов, которые требуют герметичность или связаны с преодолением сил трения.

Список литературы

1. Пластинин П.И. Поршневые компрессоры. Т. 1: Теория и расчет. – М.: Колос, 2000. – 456 с.
2. Техническая документация Bauer Kompressoren. Компрессорные установки высокого давления для обеспечения воздухом дыхательной аппаратуры. Серия VERTICUS 5: Bauer Kompressoren, 2000. – 129 с.
3. Правила водолазной службы военно-морского флота ПВС ВМФ – 2002. – Часть II. – М.: Военное издательство, 2004. – 176 с.

Сведения об авторах:

Горбатюк Сергей Михайлович – д.т.н., профессор, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования;

Ибрагимова Алёна Александровна – аспирант.

РАЗВИТИЕ СТРУКТУРНОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧАХ ДИНАМИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВИБРАЦИОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Елисеев А.В.^{1,2}, Николаев А.В.¹

¹*Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск;*

²*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*

Ключевые слова: структурное математическое моделирование, динамика вибрационных взаимодействий, рабочий орган, расчетные схемы технических объектов, динамические инварианты.

Аннотация. Рассматриваются направления развития научно-методологического базиса структурного математического моделирования в задачах динамики технических объектов при вибрационных взаимодействиях. Для оценки степени актуальности направлений развития проводится анализ методологических особенностей оценки, контроля и формирования динамических состояний технических объектов железнодорожного транспорта и технологических вибрационных машин. На основе системного подхода для технических объектов транспортного и технологического назначения рассматривается существующая элементная база и типовые расчетные схемы, анализируются структурные особенности математических моделей с учетом их преобразований. В качестве направления развития выбран системный подход в формировании научно-методологического базиса структурного математического моделирования технических объектов, в рамках которого, механическим колебательным системам, отражающих существенные особенности движения технических объектов в условиях вибрационных нагрузений, сопоставляются структурные схемы эквивалентных в динамическом отношении систем автоматического управления. В рамках структурных подходов развиты направления оценки и контроля взаимодействия элементов технических систем с учетом неударяющего характера связей, оценки взаимодействий на основе межпарциальных связей, оценки взаимодействий на основе частотной энергетической функции и функции демпфирования, учитывающей особенности движения системы в условиях диссипации энергии, разработана концепция структурных образований на основе диады, как фундаментального элемента; разработана концепция динамических инвариантов в оценке динамических состояний и форм динамических взаимодействий элементов механических колебательных систем с учетом связности вибрационных нагрузений силовой природы. Представлены приложения развитых методов структурного математического моделирования к задачам оценки, контроля и формирования динамических состояний рабочих органов вибрационных технологических машин.

DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL APPROACH IN THE PROBLEMS OF DYNAMICS OF TECHNICAL OBJECTS IN THE CONDITIONS OF VIBRATIONAL INTERACTIONS

Eliseev A. V.^{1,2}, Nikolaev A. V.¹

¹*Irkutsk State Transport University, Irkutsk;*

²*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk*

Keywords: structural mathematical modeling, dynamics of vibration interactions, working body, design schemes of technical objects, dynamic invariants.

Abstract. The directions of the development of the scientific and methodological basis of structural mathematical modeling in the problems of the dynamics of technical objects in vibrational interactions are considered. To assess the degree of relevance of development directions, the analysis of methodological features of assessment, control and formation of dynamic states of technical objects of railway transport and technological vibrating machines is carried out. On the basis of a systematic approach for technical objects of transport and technological purpose, the existing element base and standard calculation schemes are considered, structural features of mathematical models are analyzed taking into account their transformations. As a direction of development, a systematic approach has been chosen in the formation of a scientific and methodological basis for structural mathematical modeling of technical objects, within the framework of which, to mechanical oscillatory systems reflecting the essential features of the movement of technical objects under vibration loads, structural schemes of dynamically equivalent automatic control systems are compared. Within the framework of structural approaches, the directions of evaluation and control of the interaction of elements of technical systems have been developed, taking into account the unstoppable nature of connections, evaluation of interactions based on interpartial connections, evaluation of interactions based on the frequency energy function and the damping function, taking into account the features of the movement of the system in conditions of energy dissipation, the concept of structural formations based on the dyad as a fundamental element has been developed; the concept of dynamic invariants in the evaluation of dynamic states and forms of dynamic interactions of elements of mechanical oscillatory systems is developed, taking into account the connectivity of vibrational loads of a force nature. The applications of developed methods of structural mathematical modeling to the problems of evaluation, control and formation of dynamic states of working bodies of vibrating technological machines are presented.

Возможности решения проблем модернизации топливно-энергетического комплекса, связанных с повышением эффективности технологических процессов добычи, транспортировки, переработки сырья, создания материалов, обладающих новыми качествами, в ряде отраслей predetermined уровнем развития вибрационных технологий, позволяющих реализовывать физические эффекты посредством управления динамическим состоянием техническим объектам, находящихся в условиях вибрационных нагрузок [1-3]. Необходимость решения задачи динамики технических объектов, находящихся в условиях вибрационных нагрузок, обращает внимание на развитие научно-методологического базиса, позволяющего вести поисковые разработки в направлении создания математических моделей технических объектов на всех этапах жизненного цикла технических систем. Существенное значение приобретают методы структурного математического моделирования, в рамках которых механическим колебательным системам, отражающим существенные свойства технических объектов в условиях вибрационных нагрузок, сопоставляются схемы эквивалентных в динамическом отношении систем автоматического управления [4-6]. Широкое применение структурные методы нашли в решении задач виброзащиты и виброизоляции [7-8].

Вместе с тем, ряд вопросов, связанных с развитием структурных подходов в области решения задач оценки, контроля и формирования динамических состояний технических объектов транспортного и технологического назначения ещё не получил должной детализации представлений.

В работе нашло отражение развитие научно-методологического базиса структурного математического моделирования в задачах оценки, контроля и формирования динамических состояний и форм динамических взаимодействий

элементов механической колебательной систем, находящихся в условиях вибрационного нагружения силовой или кинематической природы.

В рамках методологии структурного математического моделирования развита концепция учета неударяющих связей между элементами вибрационных технологических машин [9-11]. Развита концепция динамических инвариантов в оценке динамических состояний и форм динамических взаимодействий элементов механических колебательных систем, находящихся в условиях вибрационных нагружений силовой природы [12-13]. Предложен методологический подход к оценке динамических состояний и форм динамических взаимодействий элементов механических колебательных систем на основе межпарциальных связей [14]. Разработан подход к формированию структурных образований в механических колебательных системах на основе так называемой диады, как специфическом структурном образовании [15-16]. Разработана концепция оценки динамических состояний и форм динамических взаимодействий элементов механических колебательных систем с помощью частотной функции и функции демпфирования, позволяющих учитывать особенности диссипации энергии [17].

Разработанные направления в рамках методологии с структурного математического моделирования расширяют научно-методологический базис, обладающий потенциалом создания технологий управления динамическими состояниями технических объектов транспортного и технологического назначения.

Список литературы

1. Harris С.М., Crede С.Е. Shock and Vibration Handbook. – New York: McGraw – Hill Book Co, 2002. – 1457 p.
2. Пановко Г.Я. Динамика вибрационных технологических процессов. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных технологий, 2006. – 176 с.
3. Копылов Ю.Р. Динамика процессов виброударного упрочнения: монография. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2011. – 568 с.
4. Хоменко А.П. Упругие элементы в механических системах. Структурные интерпретации / А.П. Хоменко, С.В. Елисеев, А.И. Артюнин, А.В. Елисеев, Р.С. Большаков, Е.В. Каимов. – Депонированная рукопись № 230 – В 2013 02.08.2013.
5. Елисеев С.В. Методология системного анализа в задачах оценки, формирования и управления динамическим состоянием технологических и транспортных машин / С.В. Елисеев, А.В. Елисеев, Р.С. Большаков, А.П. Хоменко – Новосибирск: Наука, 2021. – 679 с.

Сведения об авторах:

Елисеев Андрей Владимирович – к.т.н., доцент кафедры математики, доцент кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении;

Николаев Андрей Владимирович – соискатель.

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ САПРОПЕЛЯ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Солодовников А.Ю.

Тюменское отделение «СургутНИПИнефть», Тюмень

Ключевые слова: сапропель, добыча, объём, экономика, Тюменская область.

Аннотация. В статье рассматривается ресурсный потенциал сапропеля Тюменской области и его использование за период с 2007 по 2021 гг. Было отмечено, что запасы сапропеля огромны, несмотря на слабую изученность озёрного фонда. На данных статистики показано, что добыча сапропеля ведётся не регулярно, в малых объёмах и всего в 2-3 муниципальных образованиях. Добываемый ресурс используется только в бальнеологии, сельском хозяйстве и рыбоводстве.

RESOURCE POTENTIAL OF BOTTOM CLAYS OF TYUMEN REGION AND IT'S USE

Solodovnikov A.Y.

«SurgutNIPIneft» Tyumen department, Tyumen

Keywords: bottom clay, extraction, ammounts, economics, Tyumen region.

Abstract. In this article the bottom clay's potential and it's use on 2007-2021 is observed. It was notified that ammounts of bottom clays are huge despite the fact of small research of the lakes. Statistics show that extraction is permanent but small and is performed just in 2-3 municipal regions. This resource is used in balneology, rural industry and fish industry only.

Как известно, сапропель является одним из ценнейших компонентом агрохимического сырья, используемом в целой группе отраслей экономики и социальной сфере. Сапропели можно использовать в качестве топлива, для нейтрализации кислых почв, как химическое сырьё для производства горючих материалов, дёгтя, клеящих добавок, буровых растворов, удобрений, медикаментов, косметики (всего около 100 видов продукции). В медицине сапропели применяют как лечебные грязи для лечения многих заболеваний. Из них также можно получать широкий спектр технических продуктов, использовать в строительстве и в других отраслях хозяйства. Тем не менее, в нашей стране он не получил широкого применения, которого заслуживает.

В Тюменской области, о которой пойдёт речь, география распространения этого сырья обширна, запасы огромны. Количество озёр, где может быть встречен сапропель, составляет около 3 тыс., а их площадь – 334,4 тыс.га [1]. Однако это число условное, так как детальных исследований на определение сапропеля на большинстве озёр, а их в области насчитывается свыше 42 тыс., никогда не проводилось. По одним данным [2], на территории области открыто 171 месторождение сапропеля с запасами 410,8 млн.т, по другим данным [3] – 187 и 400,8 млн.т соответственно. Месторождения открыты в основном в лесостепной зоне и подзоне подтайги.

Используется сапропель очень ограниченно – в бальнеологии, в сельском хозяйстве и в рыбоводстве. В бальнеологии он используется как средство для

лечения некоторых заболеваний, в сельском хозяйстве – в качестве органических удобрений, в рыбоводстве – для подкорма рыбы. Причём бальнеология эта та сфера услуг, для которой почти каждый год ведётся добыча сапропеля. Благодаря наличию этого сырья на территории области функционирует 4 курорта, в т.ч. один федерального значения – курорт «Тараскуль» и 2 регионального значения – «Малый Тараскуль» и «Сибирь».

В целом объёмы добычи сапропеля не велики, и он добывается не каждый год. За 2007-2021 гг. было добыто 155,6 тыс. т сырья, пик добычи пришёлся на 2013 г. – 76,2 тыс.т (рис. 1). Сапропель добывается в ограниченном количестве муниципальных образований, как правило в 2-3 из 15 где он обнаружен. Так, в 2020 г. сапропель добывали в 3-х районах области.

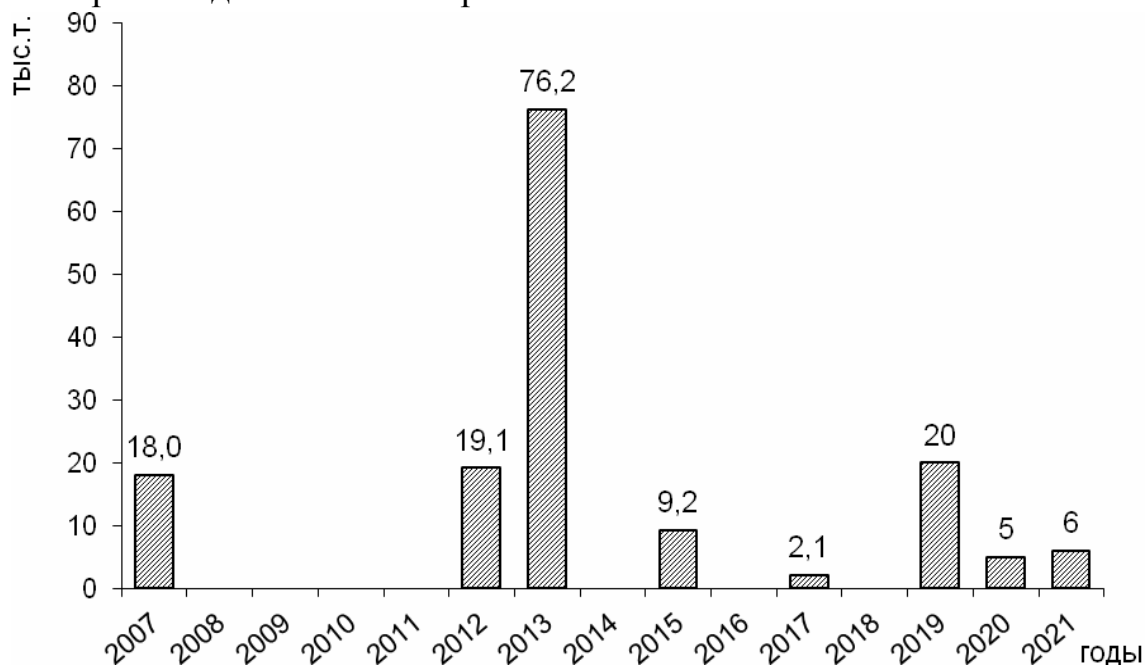


Рис. 1. Добыча сапропеля в Тюменской области в 2007-2021 гг., тыс.т (составлено по [4])

Несмотря на свою ценность, регулярная добыча сапропеля сопряжены с определёнными сложностями, которые в ближайшей перспективе решить вряд ли получится. В их числе: отсутствие спроса на сапропель и продукцию из него, слабая осведомлённость потребителей о возможностях его использования, высокая стоимость сапропеля по сравнению с другими видами удобрений, сезонность спроса, низкая информационная открытость отрасли (в т.ч. в отношении уровня зарплат, условий труда, используемых технологий, перспектив развития).

Таким образом, следует отметить, что, несмотря на огромные запасы сапропеля, его использование крайне слабое и ограничивается бальнеологическим направлением, в сельском хозяйстве и в рыбоводстве.

Список литературы

1. Лёзин В.А. Водные ресурсы рек и озёр Тюменской области // Вестник Тюменского государственного университета. 2011. № 12. С. 62-69.
2. Шадрин А.Н., Корчагин Ю.А., Боровская О.В. Минерально-сырьевая база торфа и сапропеля Тюменской области и перспективы её развития [Электронный ресурс] // Форум

недропользователей 2019. Официальный сайт департамента недропользования и экологии Тюменской области. – Режим доступа: https://admtumen.ru/ogv_ru/finance/fuel_energy/Forum_subsoil_users.htm.

3. Официальный сайт тюменского филиала ФБУ «Территориальный фонд геологический информации по Уральскому федеральному округу» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tmntfgi72.ru/node/13>.
4. Официальный сайт департамента недропользования и экологии Тюменской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://admtumen.ru>.

Сведения об авторе:

Солодовников Александр Юрьевич – д.г.н., начальник научно-исследовательского отдела Экологии.

КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ КАК НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

Дзюба А.П.¹, Соловьева И.А.¹, Конопелько Д.В.²

¹Южно-Уральский государственный университет, Челябинск;

²Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Москва

Ключевые слова: теплоснабжение, энерготарифы, энергоэффективность, энергосбережение, комбинированное теплоснабжение, рынок электроэнергии, электродотельные, электроотопление.

Аннотация. Статья посвящена теме исследования возможностей повышения энергетической эффективности, надежности и экологичности централизованного теплоснабжения на основе комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления, что имеет высокую прикладную и теоретическую значимость для России. В материалах проводится исследование условий определяющих необходимость повышения энергетической эффективности в России именно в секторе теплоснабжения, которые прежде всего связаны одновременно с высокими затратами экономики на обеспечение теплоснабжения и наличием высоких резервов повышения энергетической эффективности в этой сфере. Предложенная в статье схема комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления основана на одновременной выработке тепловой энергии в централизованную систему теплоснабжения двумя источниками: котельными либо ТЭЦ действующими на основе традиционных источников теплоснабжения, таких как уголь, газ и мазут, и тепловой энергией вырабатываемой электрическими котельными. Электрические котельные имеют возможность гибкого регулирования объемов вырабатываемой тепловой энергии, что приводит к гибкому изменению графиков потребления электрической энергии из Единой энергетической системы и снижения цен на потребление электроэнергии на основе «ценозависимого управления спросом на электроэнергию». Предлагаемый подход позволяет повысить энергетическую эффективность теплоснабжения, повысить надежность и качество теплоснабжения потребителей, сократить объемы вредных экологических выбросов централизованными источниками теплоснабжения действующих вблизи городских агломераций и промышленных центров. Разработанная система факторов комбинированной системы централизованного теплоснабжения должна учитываться при разработке моделей управления системами комбинированного теплоснабжения действующего на основе традиционного и электрического отопления.

COMBINED DISTRICT HEATING SYSTEMS AS A DIRECTION FOR IMPROVING THE ENERGY AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF INDUSTRIAL TERRITORIES IN RUSSIA

Dzyuba A.P.¹, Solovieva I.A.¹, Konopelko D.V.²

¹South Ural State University, Chelyabinsk;

²Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow

Keywords: heat supply, energy efficiency, energy efficiency, energy saving, combined heat supply, electricity market, electric boilers, electric heating.

Abstract. The article is devoted to the study of the possibilities of improving the energy efficiency, reliability and environmental friendliness of district heating based on a combined district heating system based on the use of traditional and electric heating systems, which has high applied and theoretical significance for Russia. The materials study the conditions determining the need to increase energy efficiency in Russia in the heat supply sector, which are primarily associated simultaneously with the high costs of the economy to provide heat supply and the presence of high levels of energy efficiency improvement in this area. The scheme of a combined district heating system based on the use of traditional and electric heating systems proposed in the article is based on the simultaneous generation of thermal energy into a centralized telposupply system by two sources: boilers or CHP plants operating on the basis of traditional heat supply sources, such as coal, gas and fuel oil, and thermal energy generated by electric boilers. Electric boiler houses have the possibility of flexible regulation of the volumes of generated thermal energy, which leads to a flexible change in the schedules of electricity consumption from a Single energy system and reduction of prices for electricity consumption on the basis of "price-dependent management of electricity demand". The proposed approach makes it possible to increase the energy efficiency of heat supply, increase the reliability and quality of heat supply to consumers, reduce the volume of harmful environmental emissions from centralized heat supply sources operating in the vicinity of urban agglomerations and industrial centers. The developed system of factors of the combined district heating system should be taken into account when developing control models for combined heat supply systems operating on the basis of traditional and electric heating.

Важнейшей задачей развития современного топливно-энергетического комплекса России и стран мира является повышения уровня энергетической эффективности обращения энергетических ресурсов. Среди вторичных энергетических ресурсов потребляемых в России особое место занимает тепловая энергия. Суровые климатические характеристики России выраженные преимущественно в низкой величине температуры воздуха практически во всех регионах России в осенне-зимний период определяют необходимость использования отопительных систем во всех направлениях жизнедеятельности человека, от отопления жилых домов до отопления промышленных цехов и рабочих помещений [1]. Обеспечение тепловой энергией территорий России является жизненно необходимой функцией, без которой деятельность человека в некоторых территориях страны будет невозможна.

Тепловая энергия занимает существенное место в энергетическом балансе Российской Федерации, и существенный потенциал повышения энергетической эффективности страны находится именно в области потребления тепловой энергии [2]. По оценкам различных экспертов потенциал повышения энергетической эффективности в России в начале 2000-х годов составлял более 40%. За десятилетний период реализации Государственной программы «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» [3] не были сокращены до ожидаемых значений, а именно снижения энергоемкости ВВП России к 2020 году на 40% по отношению к уровню 2007 года. С одной стороны, это подчеркивает необходимость поиска новых инструментов для повышения энергетической эффективности экономики России, с другой стороны, это подчеркивает сохранение существенного потерциала в области повышения энергетической эффективности национальной экономики России и наличие резервов для экономического роста. Таким образом, задача

научной и практической актуальности повышения энергетической эффективности теплоснабжения в России не вызывает сомнений.

Российская Федерация потребляет 42% мировых объемов производимой тепловой энергии, что объясняется наличием большей части промышленных агломераций страны в территориях с суровыми климатическими условиями. Значительная часть повышения энергетической эффективности в теплоснабжении объясняется следующими особенностями:

- высокие масштабы потребления тепловой энергии в энергобалансе страны объясняющиеся необходимостью отопления практически всех помещений используемых в процессе деятельности человека;

- использование физически и морально устаревшего оборудования для выработки тепловой энергии с низким КПД [4];

- использование мазута и угля в качестве топлива во многих системах централизованного теплоснабжения имеющего одновременно высокую стоимость и низкие показатели теплоотдачи;

- высокий потенциал износа тепловых сетей (коррозия трубопроводов, загрязненность трубопроводов, выработанная тепловая изоляция) что приводит к высокой степени тепловых потерь при передаче тепловой энергии;

- низкая степень обвязки учета потребляемой тепловой энергии связанной с высокой стоимостью приборов учета тепловой энергии;

- во многих случаях отсутствие автоматизации регулирования режимов выработки тепловой энергии в зависимости от условий внешней среды и спроса на тепловую энергию со стороны потребителей;

- высокие тепловые потери на уровне конечного потребления тепловой энергии (низкая степень теплоизоляции помещений, оконных и дверных проемов).

Система теплоснабжения России со времен СССР строилась на основе централизованного принципа теплоснабжения, основанного на создании единых централизованных источников тепловой энергии на основе ТЭЦ либо центральных котельных и снабжения тепловой энергией потребителей на основе системы распределительных теплотрасс. Такой способ теплоснабжения для России является наиболее эффективным, т.к. позволяет за счет централизации управления и сервиса обеспечения теплоснабжения обеспечить надежность и качество теплоснабжения групп потребителей, которые как правило объединены в районы и отдельные города.

Также, следует отметить, что основным параметром качества систем централизованного теплоснабжения является их надежность, что связано с необходимостью постоянного и бесперебойного снабжения тепловой энергией потребителей. При прекращении подачи тепловой энергии в условиях низких температур воздуха, в первую очередь начинает страдать здоровье населения и сохранность помещений, а также начинается «заморозка» распределительной системы трубопроводов, восстановление которых является существенно затратным и длительным по времени.

Также, стсиемы теплоснабжения действующие на традиционных источниках тепловой энегрии наносят существенный ущерб экологическому климату территорий в которых находятся источники выработки тепловой

энергии, которые располагаются в черте городов и районов. Повышение эффективности теплоснабжения также приводит к сокращению уровня вредных экологических выбросов и повышению уровня здоровья граждан [5].

Необходимость значительных инвестиций на модернизацию инфраструктуры теплоснабжения страны, рост цен на отпуск первичных топливно-энергетических ресурсов используемых в теплоснабжении приводят к росту конечных тарифов на отпуск тепловой энергии, что существенно влияет на затраты всех отраслей экономики на оплату тепловой энергии [6].

По нашему мнению, одним из возможных направлений для повышения энергетической эффективности, надежности и экологической чистоты теплоснабжения является применение комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления, схема которого представлена на рисунке 1.

Предлагаемая схема комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления основывается на параллельной выработке тепловой энергии в систему централизованного теплоснабжения тепловой энергии производимой как котельными действующими на основе традиционных источников тепловой энергии, так и на основе систем электрических котельных.

Электрические котельные имеют возможность гибкого регулирования объемов вырабатываемой тепловой энергии, что приводит к гибкому изменению графиков потребления электрической энергии из Единой энергетической системы. Таким образом, гибкое изменение спроса на потребление электрической энергии может выполняться по принципу «ценозависимого управления спросом на электроэнергию» [7], в результате которого можно регулировать стоимость покупаемой электрической энергии на розничном и оптово рынках электроэнергии. Снижение стоимости закупок электроэнергии производится по компонентам снижения стоимости электрической энергии, снижения стоимости электрической мощности и снижения стоимости оплаты услуг по передаче электроэнергии.

С учетом особенностей рынка электроэнергии в энергорайоне закупок электроэнергии, в зависимости от особенностей топологии Единой энергетической системы, параметров неравномерности спроса, параметров цен образуемых стоимостью электроэнергии, электрическая котельная на основе ценозависимого управления графиками собственным спросом может управлять собственными затратами на закупку электроэнергии, что в конечном итоге выражается в снижении цены (тарифа) на отпуск тепловой энергии для конечных потребителей действующих в системе централизованного теплоснабжения.

Важной особенностью комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления является то, что система электрического теплоснабжения производит лишь часть объемов выработки тепловой энергии, а оставшаяся часть производится системами теплоснабжения действующими на основе использования традиционных источников выработки тепловой энергии.

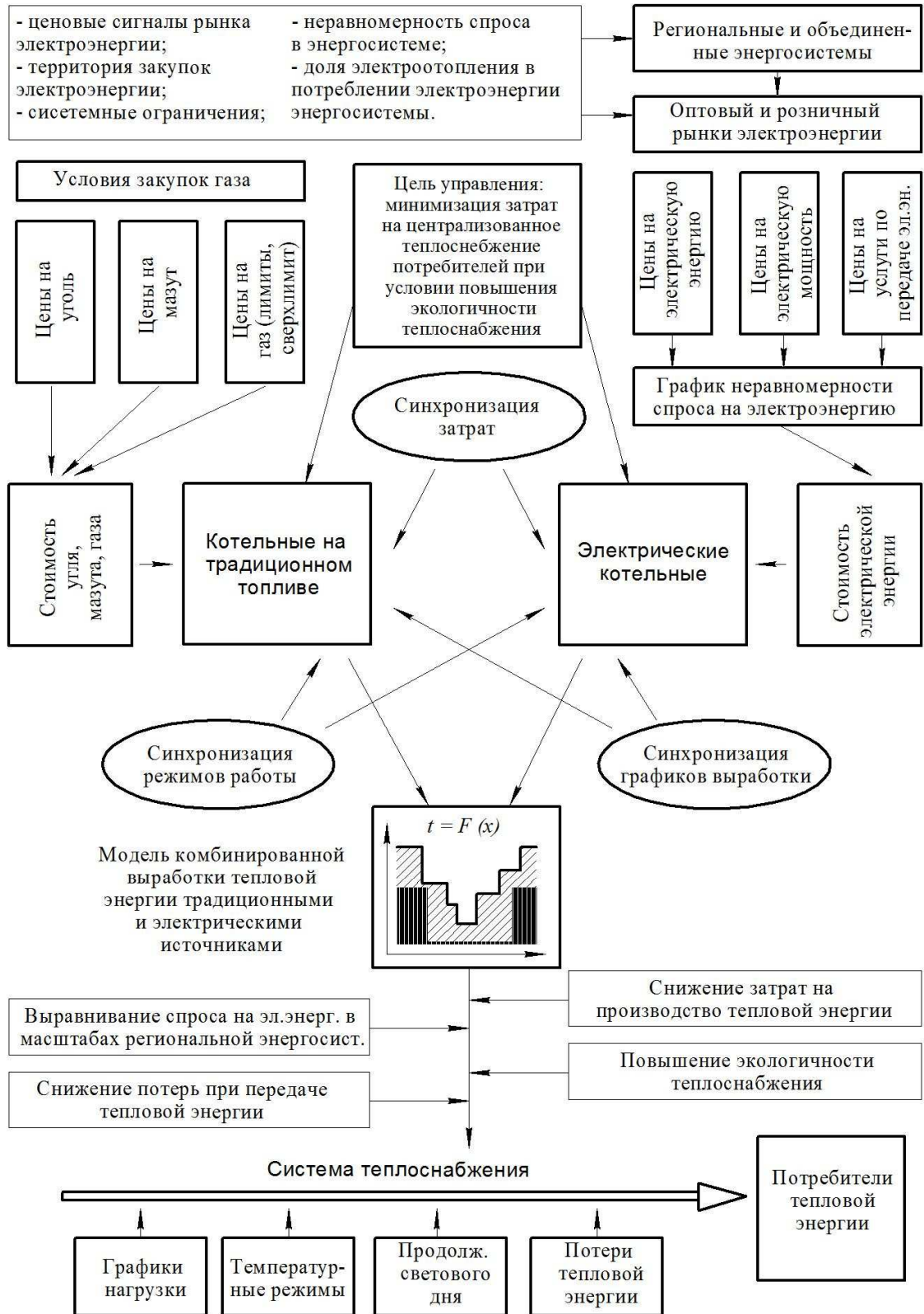


Рис. 1. Схема комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления

В системах теплоснабжения действующих на основе традиционных источников выработки тепловой энергии цены на вырабатываемую тепловую энергию в первую очередь зависят от стоимости топлива, поэтому изменение объемов выработки тепловой энергии на таких источниках не оказывает влияние на изменение удельных цен на тепловую энергию. При этом, на электрических

источниках теплоснабжения, при использовании ценозависимого управления спросом на электроэнергию можно выполнять управление удельными параметрами цен на вырабатываемую тепловую энергию.

Как правило, закупка электроэнергии на оптовом и розничном рынках электроэнергии производится в почасовом разрезе. Таким образом, управление системами комбинированного централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления должно выполняться на уровне почасовых индикаторов удельных цен на производство тепловой энергии. В случае если в какой-то час при ценозависимом управлении спросом на электроэнергию системой электроотопления цена на вырабатываемую тепловую энергию будет ниже чем цена тепловой энергии вырабатываемой при помощи традиционных источников, то производится загрузка электрической котельной, и наоборот.

Модель системы комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления должна учитывать следующие основные факторы:

- факторы тарифов на выработку тепловой энергии различными источниками тепловой энергии;
- факторы цен на электроэнергию на энергорынках;
- факторы топологии электроэнергетической системы, влияющие на возможность изменения спроса на электропотребление;
- факторы топологии системы теплоснабжения, влияющие на возможность подачи теплоносителя от различных источников тепловой энергии [8];
- факторы режимов теплоснабжения, которые могут изменяться в зависимости от температурных графиков, изменения величины потерь, состава теплопотребителей и пр.;
- факторов обеспечения надежности и резервируемости теплоснабжения;
- факторы обеспечения качества тепловой энергии [9];
- факторы обеспечения экологичности теплоснабжения;
- факторы обеспечения баланса экономических интересов субъектов теплоснабжения, в том числе тех, у кого снижаются объемы выработки тепловой энергии за счет замещения системами электроотопления.

Также, среди важнейших элементов повышения энергетической эффективности использования систем электроотопления является выравнивание спроса на потребление электроэнергии на уровне региональных и объединенных электроэнергетических систем. Учитывая что объемы потребления электроэнергии некоторых электрических котельных могут достигать 200-250 МВт, то работа электродкотельных преимущественно в ночные часы приведет к выравниванию спроса, и сокращению удельных затрат на выработку каждого киловаттчаса электроэнергии, что отразится на снижении цен на электроэнергию для абсолютно всех потребителей электроэнергии действующих в региональной либо объединенной энергосистеме.

В качестве заключительных выводов следует констатировать, что применение систем комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и

электрического отопления позволяет повысить энергетическую эффективность теплоснабжения потребителей, что приведет к снижению конечных цен на отпускаемую тепловую энергию и издержек экономических субъектов на обеспечение собственного теплоснабжения. Снижения затрат на теплоснабжение закономерно приведет к повышению экономической эффективности и устойчивости деятельности потребителей тепловой энергии и придаст незначительный импульс для развития экономики страны. Также, применение комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления позволяет повысить надежность теплоснабжения, которая достигается за счет резервирования источников теплоснабжения, комбинирования режимов функционирования объектов выработки тепловой энергии. Применение комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления позволит повысить качество экологичности теплоснабжения за счет того, что сжигание первичного топлива при выработке электроэнергии производится на электростанциях, которые территориально расположены вдали от городской черты, и выбросы при сжигании топлива на которых производятся в отдалении от городских агломераций. Таким образом, задача развития и использования комбинированной системы централизованного теплоснабжения на основе использования систем традиционного и электрического отопления имеет высокую научную значимость, которая требует дальнейшую проработку и исследование по последующих работах.

Список литературы

1. Михайленко И.М. Оптимальное управление системами централизованного теплоснабжения. – СПб. : Стройиздат, 2003 (ГИПП Искусство России). – 239 с.
2. Ратников Б.Е., Макаров А.А. Организационно-экономический механизм управления теплоснабжением региона / науч. ред. д.э.н., проф. Л.Д. Гительман. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 55 с.
3. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» / Утверждена Председателем Правительства Российской Федерации от 27.12.2010г. URL: <https://rg.ru/documents/2011/01/25/energoberejenie-site-dok.html>.
4. Кобелев Н.С., Крыгина А.М., Моржавин А.В. Ресурсосберегающие технологии в системах теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства: монография. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2013. – 103 с.
5. Дзюба А.П., Соловьева И.А. Управление спросом на энергоресурсы в глобальном экономическом пространстве – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2021. – 260 с.
6. Дзюба А.П. Механизмы управления спросом на энергоресурсы в промышленности / А.П. Дзюба, И.А. Соловьева // Journal of New Economy. – 2020. – №3(21). – С. 175-195. – DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-3-9.
7. Дзюба А.П. Апробация моделей ценозависимого управления спросом на потребление природного газа на промышленных предприятиях России // Вестник Сургутского государственного университета. 2020. №1(27). С. 22-32. DOI: 10.34822/2312-3419-2020-1-22-32.
8. Морозов В.В. Использование электроэнергии для отопления и горячего водоснабжения за рубежом и в СССР: Обзор / Гос. ком. по гражд. стр-ву и архитектуре при Госстрое СССР. Центр науч.-техн. информации по гражд. стр-ву и архитектуре. – М.: Б. и., 1973. – 51 с.

9. Беляев П.В. Теплоснабжение потребителей и приемников электрической энергии: учебное пособие. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2019. – 141 с.

Сведения об авторах:

Дзюба Анатолий Петрович – д.э.н., старший научный сотрудник кафедры «Экономика и финансы»;

Соловьева Ирина Александровна – д.э.н., заведующая кафедрой «Экономика и финансы»;

Конопелько Дмитрий Викторович – слушатель программы Doctor of Public Administration (DPA) ИГСУ.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСПАРИТЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА КАК АСПЕКТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНДИЦИОНЕРА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Щербаков Н.В., Курносоев Н.Е.

Пензенский государственный университет, Пенза

Ключевые слова: кондиционер, кондиционирование воздуха, микроклимат, температура, влажность, транспортное средство, испарительный принцип.

Аннотация. В статье рассматривается влияние микроклимата и его параметров на здоровье, самочувствие и работоспособность человека, а также указаны комфортные показатели каждого параметра. Рассмотрена автомобильная система кондиционирования и указан главный её недостаток – повышенный расход топлива. Проведен анализ технических решений с применением испарительного принципа.

THE USE OF THE EVAPORATIVE EFFECT AS AN ASPECT OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE VEHICLE AIR CONDITIONER

Shcherbakov N.V., Kurnosov N.E.

Penza State University, Penza

Keywords: air conditioning, air conditioning, microclimate, temperature, humidity, vehicle, evaporative principle.

Abstract. The article examines the influence of the microclimate and its parameters on the health, well-being and efficiency of a person, and also indicates the comfortable indicators of each parameter. The automotive air conditioning system is considered and its main drawback is indicated – increased fuel consumption. The analysis of technical solutions using the evaporative principle is carried out.

Кондиционирование воздуха – это формирование и поддержание микроклимата, т.е. регуляция температуры воздуха, уменьшение его влажности, циркуляция, очищение, устранение запахов [1].

Главной целью кондиционера является создание комфортного микроклимата, который благоприятно влияет на состояние человека. Любые изменения параметров микроклимата так или иначе влияют на человека [2]. Трудоспособность человека зависит от состояния здоровья, а его определяют условия, в которых работает человек. Если человек находится в условиях повышенной или пониженной температуры воздуха, это вредит организму, поскольку происходит его перегрев или переохлаждение [3].

В случае перегрева возникают такие признаки как головные боли, тошнота, повышение уровня давления, слабость и нарушение координации движения. Пребывание в условиях низкой температуры воздуха приводит к переохлаждению. Это состояние опасно развитием инфекционно-воспалительных болезней, снижением защитных свойств организма.

Следующим важным параметром микроклимата является влажность. При недостаточном уровне влажности ухудшается самочувствие – повышается утомляемость, появляется раздражительность. Происходит снижение

иммунитета, что приводит к развитию различных инфекционно – воспалительных заболеваний.

Повышенная влажность затрудняет теплообмен между организмом человека и внешней средой. Чем больше влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела, который как минимум влечёт за собой вялость и тошноту, а как максимум, потерю сознания, сердечные приступы, кислородное голодание мозга.

Поскольку доказано прямое влияние параметров микроклимата на человека, специалисты установили норму каждого физического фактора: относительная влажность воздуха – 40-54%; температура воздуха в теплый период – +18-22°C; скорость движения воздушных потоков – менее 0,2 м/с [4, 5].

Примером, где особенно важно контролировать параметры микроклимата, является транспортные средства. Для поддержания указанных выше оптимальных параметров микроклимата целесообразнее использовать системы кондиционирования воздуха. В транспортных средствах применяются фреоновые системы кондиционирования воздуха. Рассмотрим систему кондиционирования воздуха, применяемую в автомобилях.

Автомобильная система кондиционирования отличается тем, что для его работы используется не электричество, а часть мощности, выдаваемой двигателем [6]. Поэтому его компрессор подключается к выходному валу двигателя посредством ременной передачи, тем самым забирая часть мощности двигателя, что приводит к увеличению расхода топлива даже на холостом ходу.

Основными потребителями электрической энергии являются вентилятор испарителя, вентилятор конденсатора и компрессор. При этом потребляемая мощность на легковом автомобиле может достигать 5-6 кВт, а на грузовом до 8-10 кВт.

На примере автомобиля Mazda МХ-5 с 2-литровым двигателем, кондиционер отбирает у двигателя до 7% мощности.

Для решения проблемы с поддержанием комфортных показателей микроклимата и повышенным расходом энергии, НТЦ АвтоВАЗ предложил климатизер “Кондикар”, работающий на испарительном принципе [7]. По сравнению со штатным фреоновым кондиционером, данное устройство отличается простотой, низкой стоимостью и легкостью монтажа. В результате лабораторных испытаний установлено, что климатизер повышает влажность воздуха до некомфортных показателей, нахождение в салоне автомобиля становится невозможным.

Решением данной проблемы, может быть применение испарительного принципа совместно со штатным фреоновым кондиционером, который не позволит повысить влажность выше оптимальных показателей. Для более качественной реализации испарительного принципа необходимо поддерживать дисперсность распыляемой воды. Добиться необходимой дисперсности позволит техническое решение по патенту WO2013009206A1 [8], который позволяет получить необходимую дисперсность воды. Принцип работы данного устройства заключается в следующем (рис. 1). В вихревую камеру 1 устройства подают сжатый воздух по патрубку подвода сжатого воздуха 2. Сжатый воздух в виде

- E-Scio. 2019. №5(32). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-izmeneniy-parametrov-mikroklimata-na-samochuvstvie-cheloveka-i-ekspluatatsionnye-harakteristiki-stroitelnyh-konstruktsiy-1>.
4. Швайковский Е.В. ГОСТ на параметры микроклимата жилых и общественных зданий // Вестник магистратуры. 2020. №2-1(101). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gost-na-parametry-mikroklimata-zhilyh-i-obschestvennyh-zdaniy>.
 5. ГОСТ Р 50993-96 Автотранспортные средства. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к эффективности и безопасности (принят в качестве межгосударственного стандарта ГОСТ 30593-97).
 6. Верба Н.С. Система кондиционирования воздуха в автомобиле // Молодой ученый. – 2018. – №49(235). – С. 25-27. – URL: <https://moluch.ru/archive/235/54660/>
 7. С прохладцей Комфорт / Журнал “За рулем”. – 2002. – №7. – С. 160-162. – URL: <https://www.zr.ru/archive/zr/2002/07>.
 8. Патент №2013009206. Способ распыления жидкости и устройство для его осуществления / Курносов Н.Е., Иноземцев Д.С. – Заявл. 08.07.2011; опубл. 17.01.2013.
 9. Щербаков Н.В., Курносов Н.Е. Увлажнение воздуха как аспект повышения безопасности движения // Научные исследования в современном мире. Теория и практика: сборник избранных статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Санкт-Петербург, Июнь 2022). – СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2022. – С. 125-127. – URL: <https://disk.yandex.ru/d/3vKltbIAIm4yJA>.

Сведения об авторах:

Щербаков Никита Викторович – студент;

Курносов Николай Ефимович – д.т.н., профессор, профессор-консультант.

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ВЕСЫ С УРАВНОВЕШЕННОЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Рыжиков В.А., Берков А.М.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства Донского государственного технического университета (филиал), Шахты

Ключевые слова: автомобиль, груз, весы, взвешивание, датчик, точность.

Аннотация. При перевозке груза автомобильным транспортом его вес определяется грузоотправителем путём взвешивания. Основным элементом всех видов весового контроля являются электронные весы. Основным недостатком всех электронных весов является наличие грузовой платформы, закреплённой на опорах в четырёх точках, в центре тяжести которой устанавливается датчик давления. При смещении центра тяжести груза относительно центра тяжести грузовой платформы изменяются показания датчика давления, и возникает ошибка определения веса груза. Предложена конструкция весов с уравновешенной грузовой платформой на трёх опорах, компенсирующая неточность установки взвешиваемого груза. Представлена схема подключения датчиков к измерительному мосту, повышающая точность взвешивания груза.

VEHICLE SCALES WITH BALANCED BASE SURFACE

Ryzhikov V.A., Berkov A.M.

*Institute of Service and Entrepreneurship of the Don State Technical University
(branch), Shakhty*

Keywords: car, cargo, scales, weighing, sensor, accuracy.

Abstract. When transporting cargo by road, its weight is determined by the consignor by weighing. The main element of all types of weight control are electronic scales. The main disadvantage of all electronic scales is the presence of a loading platform fixed on supports at four points, in the center of gravity of which a pressure sensor is installed. When the center of gravity of the load shifts relative to the center of gravity of the loading platform, the readings of the pressure sensor change and an error occurs in determining the weight of the load. The design of scales with a balanced cargo platform on three supports is proposed, which compensates for the inaccuracy in the installation of the weighed load. The scheme of connecting sensors to the measuring bridge is presented, which increases the accuracy of weighing the cargo.

При перевозке груза автомобильным транспортом его вес определяется грузоотправителем путём взвешивания.

Основным элементом всех видов весового контроля являются электронные весы [1, 2]. Они содержат грузоплатформу с датчиками, фиксирующими её деформацию за счёт действующей нагрузки, обусловленной весом транспортного средства, проходящего взвешивание [3].

Основным недостатком всех электронных весов является наличие грузоплатформы, закреплённой на опорах в четырёх точках, в центре тяжести которой устанавливается датчик давления. При смещении центра тяжести груза относительно центра тяжести грузоплатформы изменяются показания датчика, и возникает ошибка определения веса груза. Для определения веса груза целесообразно использовать в конструкции весов уравновешенную платформу на

трёх опорах. На рисунке 1 показана схема весов с уравновешенной опорной поверхностью. Платформа 1 установлена в трёх точках на опорах, связанных с штоками гидроцилиндров 2. При взвешивании груза, в гидроцилиндрах возникает давление рабочей жидкости, которое фиксируется датчиками 7. Датчики 7 последовательно соединены в одном плече измерительного моста, подключённого к измерительному устройству. Насос 4 предназначен для заполнения системы рабочей жидкостью.

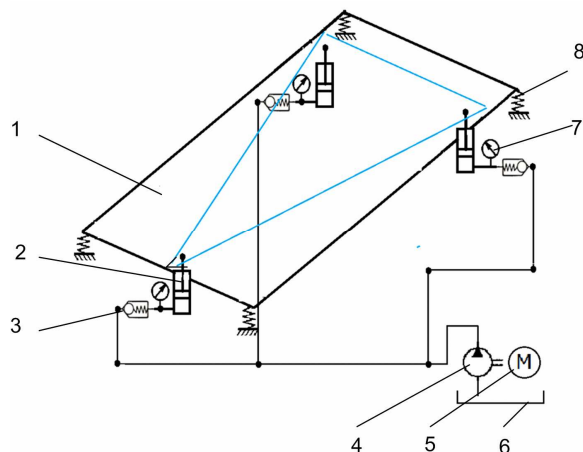


Рис. 1. Схема весов с уравновешенной опорной поверхностью:
1 – платформа, 2 – гидроцилиндр, 3 – обратный клапан, 4 – гидронасос,
5 – электродвигатель, 6 – маслябак, 7 – датчик, 8 – пружина

Предложенная конструкция весов с уравновешенной грузовой платформой компенсирует неточность установки взвешиваемого груза.

Список литературы

1. Морозова В.С., Поляцко, ВЛ. Транспортные и погрузочно- разгрузочные средства: учебное пособие для вузов. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2010 – С. 20-22.
2. Калмыков Б.Ю. Аспекты безопасной эксплуатации автомобильного транспорта: монография / Б.Ю. Калмыков, В.А. Рыжиков, Н.А. Овчинников. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018. – 124 с.
3. Методы определения количества груза: [Электронный ресурс]. – URL: <https://seaman.org/massa-gruza.html>.

Сведения об авторах:

Рыжиков Владимир Александрович – д.т.н., профессор кафедры «Автомобильный транспорт и технологическое оборудование»;

Берков Антон Михайлович – студент.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЕНИВАНИЯ ПЕНОСТЕКЛА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ УТЕПЛЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЖИДКОГО ВОДОРОДА

Яценко Е.А., Гольцман Б.М., Изварин А.И., Курдашов В.М.

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, Новочеркасск*

Ключевые слова: водородная энергетика, хранение жидкого водорода, пеностекло.

Аннотация. Показана возможность получения пеностекла на основе боя листового стекла с добавлением стабилизатора – жидкого стекла и порообразователя – глицерина. Установлена оптимальная температура вспенивания пеностекла. Рассчитана плотность пеностекла, полученного при разной температуре термообработки. Наименьшая плотность у образца, полученного при температуре 850°C.

INFLUENCE OF FOAMING TEMPERATURE OF FOAM GLASS USED FOR THERMAL INSULATION OF RESERVOIRS FOR LIQUID HYDROGEN STORAGE

Yatsenko E.A., Goltsman B.M., Izvarin A.I., Kurdashov V.M.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Keywords: hydrogen energy, storage of liquid hydrogen, foam glass.

Abstract. The possibility of obtaining foam glass based on sheet glass cullet with the addition of a stabilizer – liquid glass and a blowing agent – glycerin is shown. The optimal temperature for foaming foam glass has been established. The density of foam glass obtained at different heat treatment temperatures is calculated. The lowest density of the sample obtained at a temperature of 850°C.

Увеличивающийся рост населения и истощение природных ресурсов привели к поиску новых альтернативных экологически чистых источников энергии [1]. Весьма перспективно видится использование для этих целей водорода. Водород является самым распространенным химическим элементом на планете. Удельная энергия водорода составляет $120 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$, в то время как углеводородное топливо имеет примерно $46 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Однако объемная плотность водорода значительно меньше [2]. Решение этой проблемы является его сжижение, которое происходит при очень низкой температуре ($-253 \text{ }^\circ\text{C}$), что приводит к уменьшению объема в 848 раз. Чтобы предотвратить испарения водорода, резервуары для хранения водорода должны иметь эффективную теплоизоляцию, чтобы свести к минимуму потери водорода при испарении [3].

Пеностекло – новый теплоизоляционный материал, получаемый путем вспенивания расплавленной стекломассы. Пеностекло отличается низкой плотностью, высокой механической прочностью, негорючестью, долговечностью, влаго-, паро- и газонепроницаемостью, химической устойчивостью. Следовательно, целесообразно его применение в качестве теплоизоляции резервуаров для хранения водорода [4].

Синтеза пеностекла проводили порошковым способом путем добавления к 90 мас. % бою листового стекла 7 мас. % жидкого стекла и 3 мас. % глицерина и перемешивания в течение 5 минут. Далее шихта прессовалась с нагрузкой 5 МПа для формования образцов в виде кубов с длиной грани 20 мм. Приготовленные образцы подвергали термообработке при 850°C, 900°C и 950°C в течение 10 мин с последующим отжигом в течение 4 часов.

Макроструктура образцов, полученных при разной температуре обжига представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Макроструктура полученных образцов

У образца, полученного при температуре 850°C, распределение пор наиболее равномерно по всему объёму. Плотность образцов, полученных при температурах 850, 900 и 950°C, составила 210, 211 и 287 кг·м⁻³ соответственно.

Таким образом, образец, полученный при температуре 850°C, имеет наименьшую плотность и более равномерную структуру, следовательно, его теплоизоляционные характеристики выше. Оптимальной температурой вспенивания пеностекла является 850°C.

Работа выполнена в рамках стратегического проекта «Научно-инновационный кластер «Контактный R&D центр»» Программы развития ЮРГПУ (НПИ) при реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Список литературы

1. Osman A.I., Mehta N., Elgarahy A.M. Hydrogen production, storage, utilisation and environmental impacts: a review // *Environmental Chemistry Letters*. – 2021. – P. 1-36.
2. Sinigaglia T., Lewiski F., Martins M.E.S. et al. Production, storage, fuel stations of hydrogen and its utilization in automotive applications-a review // *International journal of hydrogen energy*. – 2017. – Vol. 42 (39.) – P. 24597-24611.
3. Tietze V., Luhr S., Stolten D. Bulk storage vessels for compressed and liquid hydrogen // *Hydrogen Science and Engineering: Materials, Processes, Systems and Technology*. – 2016. – P. 659-690.
4. Яценко Е.А., Смолий В.А., Гольцман Б.М и др. Разработка составов и исследование свойств блочного и гранулированного пеностекла, изготовленного с использованием шлаковых отходов ТЭС // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. – 2012. – №. 5. – С. 115-119.

Сведения об авторах:

Яценко Елена Альфредовна – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ОХиТС;

Гольцман Борис Михайлович – к.т.н., доцент, доцент кафедры ОХиТС;

Изварин Андрей Игоревич – аспирант;

Курдашов Виктор Михайлович – аспирант.

УСТАНОВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ ПО МАТЕРИАЛАМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Абрамович О.К.

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,
Гомель, Республика Беларусь*

Ключевые слова: нефтегазоносные бассейны, разрывные нарушения, современные вертикальные движения, морфологический анализ, вариации геофизических полей, трассирование разломов, аномальные проявления геодинамических процессов, тектонофизическая интерпретация, поисковые критерии, ловушки нетрадиционного типа.

Аннотация. Статья посвящена анализу результативности геодинамических методов в комплексе с геофизической информацией, выявляющих особенности в геологическом и тектоническом строении нефтегазоносных областей. Установлена закономерность в проявлении современных вертикальных деформаций земной поверхности на нефтяных месторождениях. Подтверждена возможность использования результатов тектонофизической интерпретации аномалий вертикальных движений земной коры в качестве поискового критерия на нефтяных месторождениях, обращено внимание на необходимость использования данной методики.

ESTABLISHMENT OF OIL AND GAS POTENTIAL PROSPECTS IN THE PRIPYAT TROUGH BASED ON HYDRODYNAMIC MODELING MATERIALS

Abramovich O.K.

*Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi,
Gomel, Republic of Belarus*

Keywords: oil and gas basins, discontinuous faults, modern vertical movements, morphological analysis, variations of geophysical fields, fault tracing, anomalous manifestations of geodynamic processes, tectonophysical interpretation, search criteria, traps of unconventional type.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the effectiveness of geodynamic methods in combination with geophysical information, revealing features in the geological and tectonic structure of oil and gas-bearing areas. A pattern has been established in the manifestation of modern vertical deformations of the Earth's surface in oil fields. The possibility of using the results of tectonophysical interpretation of anomalies of vertical movements of the Earth's crust as a search criterion in oil fields is confirmed, attention is drawn to the need to use this technique.

Проблема изучения закономерностей размещения и формирования залежей углеводородов в земной коре будет оставаться актуальной долгое время. Итогом изучения глубинного строения и геодинамической эволюции осадочных бассейнов практически всех континентов явилось установление взаимосвязи с региональной, глобальной и планетарной геодинамикой Земли. Появилась возможность существенно расширить представления о бассейногенезе, на основании сформулированных и научно обоснованных положений:

– осадочные и нефтегазоносные бассейны являются по своей природе следствием общепланетарной, глобальной и региональной коромантийной

геодинамики в границах группировок коромантийных плит (секторов), которые образуют конвективные ячейки Бенара g-типа;

– осадочные бассейны формируются в процессе гравитационного неравномерного погружения вертикальных и субвертикальных столбчатых тел коромантийного вещества, вызванного подплавлением и перераспределением нижнемантийного вещества на разделе внешнее ядро Земли – мантия. Обусловлено предположение необходимостью и возможностью реализации для планеты Земля конвективного отвода эндогенной энергии.

Обозначенная проблема имеет особо важное значение для территории северо-востока Припятского прогиба, так как освоенность начальных потенциальных ресурсов нефти достаточно высока на основных направлениях работ, связанных с такими структурно-тектоническими зонами поднятий как Речицко-Вишанская, Малодушинская и другие. Следовательно, в балансе запасов все большее значение приобретают небольшие залежи нефти, связанные с подсолевыми малоамплитудными тектонически экранированными ловушками на пологих склонах региональных поднятий. К перспективным ловушкам относят зоны разуплотнения, то есть повышенной трещиноватости в низах осадочной толщи и в кристаллическом фундаменте.

Современный технический уровень методов разведочной геофизики позволяет выделить детальность строения геологического разреза на прецизионном уровне и расширить круг поисковых методик. При рассмотрении геологического строения осадочных бассейнов необходимо считаться с фактом изменчивости состояния и свойств геофизической среды нефтегазоносных областей.

Одно из направлений теории и практики нефтяной геологии связано с изучением современной геодинамики осадочных бассейнов в поисковых целях, что подчёркивает актуальность рассматриваемой темы.

В пределах Припятского прогиба основные направления поисковых и разведочных работ на нефть связаны с подсолевыми и межсолевыми девонскими отложениями, а основные объемы работ сосредоточены в пределах северной структурной зоны. Интерес вызывают малоамплитудные разломы на пологих склонах региональных поднятий, подсолевых и межсолевых локальных структур, так как ловушки генетически могут быть связаны с малоамплитудными поднятиями и по подсолевым отложениям, осложненные. Внимание заслуживают типы ловушек, связанные с зонами разуплотнения в низах осадочной толщи и в фундаменте. Их картирование затруднено исключительно геофизическими методами, поэтому необходим уникальный комплекс, позволяющий расширить спектр исследований. Опыт проведенных в Припятском прогибе геодинамических исследований позволил считать их оптимальным дополнением геофизических поисковых работ на нефть. На территории исследуемого района наблюдаются многочисленные разрывные нарушения фундамента. Современная структура фундамента и осадочно-вулканогенное выполнение прогиба определяются развитием глубинных разломов, протяжённостью до 150 км и высокоамплитудными субширотными разломами более 1 км. Они ограничивают прогиб с севера и юга и расчленяют ложе прогиба на систему вытянутых

ступенеобразных блоков – структурных зон. Помимо основных разломов субширотного простирания, структура фундамента и осадочный чехол прогиба осложнены сетью диагональных разрывных нарушений с амплитудой до 100м, расчленяющих выделенные ступени на более мелкие блоки и участвующих в формировании ловушек углеводородов.

На территории Припятского прогиба выполнены полномасштабные площадные и профильные геофизические исследования. Территория покрыта гравиметрической съемкой, точность которой составляет $\pm 0,15-0,17$ мГал. В пределах северной части прогиба выполнялась повторная гравиметрическая съемка, точность которой $\pm 0,30-0,35$ мГал. Одна из главных задач, решаемых гравиразведкой, трассирование малоамплитудных разломов в низах осадочной толщи и в фундаменте. Такие разломы находят свое выражение в верхних горизонтах осадочного чехла в виде узких зон разуплотненных пород. Почти вся территория Припятского прогиба покрыта высокоточной аэромагнитной съемкой масштаба 1:2500 с целью оценки возможностей трассирования тектонических нарушений в палеозойских отложениях и кристаллическом фундаменте и уточнения тектонического строения. Поскольку осадочные породы Припятского прогиба немагнитны, аномальное магнитное поле отражает в основном петрографические неоднородности кристаллического фундамента и в меньшей мере – структурные особенности, выраженные в разной глубине залегания магнитных пород. Тектоническое строение Припятского прогиба находит отражение в характере распределения теплового потока, которое характеризует также динамику прогиба в новейший и современный периоды. Считается, что аномалии теплового поля создаются главным образом конвективным переносом тепла флюидными системами по наиболее проницаемым зонам – разломам [1]. Выявлена существенная дифференциация прогиба в отношении распределения теплового поля. Наиболее прогретой является северная структурная зона, где максимальные температуры установлены в пределах Речицко-Вишанской зоны поднятий. Существенное повышение температуры отмечается также в центральной части Шатилковской ступени. Центральная и Южная структурные зоны прогиба характеризуются значительно меньшими температурами.

Одновременно с геофизическими работами в Припятском прогибе выполнялось высокоточное повторное нивелирование. Густота нивелирной сети соответствовала требованиям, установленным для геодинимических полигонов. Многократное нивелирование позволило установить значительное распространение локальной компоненты движений, главным образом в форме γ -аномалии [2]. Структурная привязка этого и других типов аномалий показала, что локальная компонента движений проявляется главным образом над разломами в низах осадочной толщи и в фундаменте.

Надежно была установлена современная активность Первомайского и Речицкого разломов. По одному из немногих профилей к югу от Первомайского разлома была выявлена локальная аномалия движений, которая была проинтерпретирована как проявление современной активности малоамплитудного разрывного нарушения в низах осадочной толщи и в фундаменте. Последующими сейсморазведочными работами в этой части

ступени была выявлена Дубровская структура (нефтяное месторождение), ограниченная с юга малоамплитудным разломом в межсолевых, подсолевых отложениях и фундаменте.

Эти и другие подтверждения структурной обусловленности современных вертикальных движений земной поверхности поставили задачу расширения геодинамических исследований и, в первую очередь, повторного точного нивелирования.

В геологическом строении Речицкого месторождения видно, что именно эта зона определяет разгрузку глубинных флюидов, так как здесь имеются напряжения растяжения, установленные по характеру вертикальных движений земной поверхности. Амплитуда ступени Речицкого разлома достигает 1,5 км. Повышенная флюидопроводимость подтверждается ураганными значениями гелия в четвертичных отложениях, что отражает глубинность проникновения разломной зоны. Установлена также изменчивость во времени гравитационного поля до 0,3 мкГал и магнитного поля до 7 нТл. Таким образом, геологические процессы продолжают происходить в глубинах Речицкого месторождения.

Для условий Припятского прогиба картирование малоамплитудных разрывных нарушений на пологих склонах региональных поднятий по данным сейсморазведки практически невозможно, что делает в этом плане результаты сейсморазведочных работ малоэффективными при подготовке ловушек к глубокому бурению.

Накопленные к настоящему времени материалы повторных геодезических и геофизических наблюдений, их анализ и соотношение с геолого-геофизическими данными позволяют говорить о закономерном пространственном распределении геодинамических параметров в пределах исследуемых нефтегазоносных областей.

Выполненные в Припятском прогибе геодинамические наблюдения позволили сделать следующие выводы:

- зоны нефтегазонакопления приурочены к разломам земной коры, активно развивающихся в настоящее время и проявляющихся в современных движениях земной поверхности и изменчивости во времени геофизических и геохимических полей;

- разломные зоны будут картироваться увереннее, если к комплексу описанных методов добавить дистанционное зондирование. Характерным преимуществом аэрокосмических методов является возможность уверенного картирования нефтезначимых дизъюнктивных и пликативных особенностей глубинного геологического строения, трудно обнаруживаемых при проведении геолого-геофизических работ.

Информация дистанционных методов позволяет уточнить природу нефтеносных бассейнов и выявить неизвестные ранее особенности глубинного строения, важные для нефтегеологического районирования и прогнозной оценки запасов нефти. Это дает возможность выделить, уточнить и детализировать структурные формы и их элементы, ранее не зафиксированные традиционным комплексом геолого-геофизических работ, наметить дополнительные площади, перспективные для поисков нефти [3].

Для конкретных условий Припятской впадины была предложена модель формирования месторождения нефти, для которой глубинные флюидные системы связаны с основным, ультраосновным и щелочным вулканизмом и соответствующими поствулканическими гидротермальными системами. Продолжение выполнения комплекса геофизических работ одновременно с геодезическими на территории Припятского прогиба целесообразно с целью локализации глубокого бурения.

Список литературы

1. Сидоров В.А., Багдасарова М.В., Атанасян С.В. и др. Современная геодинамика и нефтегазоносность. – М.: Наука, 1989. – 200 с.
2. Багдасарова М.В. Особенности флюидных систем зон нефтегазонакопления и геодинамические типы месторождений // Геология нефти и газа. – 2001. – №3. – С. 50-56.
3. Абрамович О.К. Решение проблемы неоднозначности результатов геолого-геофизических работ с помощью данных дистанционного зондирования // Географические аспекты устойчивого развития регионов [Электронный ресурс]: IV Международная научно-практическая конференция (Гомель, 27–29 мая 2021 года): сборник материалов. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2021. – С. 176-180.

Сведения об авторе:

Абрамович Ольга Константиновна – старший преподаватель кафедры «Нефтегазозаработка и Гидропневмоавтоматика».

АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ СО СВИНЦОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ И ИННОВАЦИОННЫМ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИМ ТОПЛИВОМ

Окунев В.С.

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Москва*

Ключевые слова: энергетический ядерный реактор, свинцовый теплоноситель, металлокерамическое топливо, аварийные режимы.

Аннотация. Представлены результаты математического моделирования аварийных режимов, сопровождающихся отказом аварийной защиты, в ядерном реакторе нового поколения с инновационными материалами активной зоны. В наиболее опасных сценариях реализации аварийных процессов сохраняются барьеры безопасности, что исключает недопустимые выбросы радиоактивных веществ за пределы АЭС. Безопасные энергетические реакторы большой электрической мощности (около 2,5 ГВт) могут составить основу энергетического комплекса России через несколько десятилетий.

ANALYSIS OF EMERGENCY MODES IN A HIGH-POWER POWER REACTOR WITH A LEAD COOLANT AND INNOVATIVE METAL-CERAMIC FUEL

Okunev V.S.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

Keywords: nuclear power reactor, lead coolant, cermet fuel, emergency modes.

Abstract. The results of mathematical modeling of emergency modes, accompanied by a failure of emergency protection, in a new generation nuclear reactor with innovative core materials are presented. In the most dangerous scenarios for the implementation of emergency processes, safety barriers are preserved, which excludes unacceptable releases of radioactive substances outside the nuclear power plant. Safe energy reactors of high electric power (about 2.5 GW) can form the basis of the Russian energy complex in a few decades.

Развитие топливно-энергетического комплекса России предполагает включение в его состав АЭС нового поколения, безопасность которых обеспечивается за счет природных свойств используемых материалов активной зоны ядерных реакторов. Электроэнергия – наиболее удобная форма энергии для потребителя. На роль крупномасштабной «зеленой» энергетики ближайшего будущего может претендовать ядерная энергетика при условии исключения аварий, сопровождающихся недопустимым выбросом радиоактивных веществ.

Пока не существует энергоблоков большой мощности, в которых аварии могут быть исключены детерминистически за счет законов природы. Увеличение мощности строящегося энергоблока БРЕСТ-ОД-300 [1] не позволяет исключить тяжелые аварии без серьезной корректировки концепции реактора.

В работе [2] предложена концепция энергетического ядерного реактора, охлаждаемого свинцом, извлеченным из ториевых руд с концентрацией изотопа ^{208}Pb около 80 %. Активная зона содержит три зоны, различающиеся диаметром

ТВЭЛОВ. За основу принята конструкция тепловыделяющих сборок реактора БРЕСТ-ОД-300 [1]. В качестве топлива предлагается использовать металлокерамику на основе смеси микропорошка UN-PuN и нанопорошка металлического урана. Нанопорошок (объемное содержание – около 20%) заполняет поры между микрозернами монокристалла. На поверхность оболочек ТВЭЛОВ напылен вольфрам. Можно использовать оболочки, целиком изготовленные из вольфрама. В совокупности эти новшества позволяют снизить пустотный эффект реактивности до нуля при самом опасном сценарии его реализации и при сколь угодно большой мощности (рассматривался реактор бесконечного радиуса). Это достигается при использовании ^{208}Pb , слабо поглощающего и слабо замедляющего нейтроны, и вольфрамовых покрытий, поглощающих быстрые нейтроны. Хороший нейтронный баланс достигается при использовании свинца с высоким содержанием изотопа ^{208}Pb и добавок нанопорошка урана (повышающих долю топлива в активной зоне). Кроме того, добавки нанопорошка урана позволяют увеличить мощность реактора на 20 %. Высокая средняя плотность и теплопроводность топлива позволяют обеспечить самозащищенность реактора. Любые комбинации аварийных режимов, сопровождающихся отказом аварийной защиты, не приводят к аварии. Расчеты по коду FRISS-2D [3] показывают, что реакторе электрической мощностью 2,5 ГВт максимальные температуры компонентов активной зоны не превышают допустимых значений при любых комбинациях аварийных режимов (в том числе, сопровождающихся отказом аварийной защиты).

Подобные безопасные ядерные реакторы призваны составить основу энергетического комплекса России через несколько десятилетий.

Список литературы

1. Lemekhov V.V., Moiseev A.V., Sarkulov M.K. et al. Present-day status and development prospects of fast-neutron lead-cooled reactors // 5th Int. Scientific and Technical conf. “Innovative design and technologies of nuclear power” (ISTC NIKIET-2018), ISTC NIKIET, Moscow, 2018, pp. 35-37.
2. Okunev V.S. One of the Preferred Concepts of New Generation Power Nuclear Reactor // AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2383. P. 050001. <https://doi.org/10.1063/5.0074646>.
3. Okunev V.S. Designing of New Generation of the Nuclear Reactors // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2195. P. 020012. <https://doi.org/10.1063/1.5140112>.

Сведения об авторе:

Окунев Вячеслав Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Физика».

УДК 621.039.6

ЭНЕРГИЯ ИЗ ОТХОДОВ: ВОЗВРАЩЕНИЕ К КОНЦЕПЦИИ ГИБРИДНОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Окунев В.С.

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
Москва*

Ключевые слова: гибридный термоядерный реактор, бланкет, долгоживущие радиоактивные отходы ядерной энергетики.

Аннотация. Рассматривается возможная концепция гибридного термоядерного реактора с магнитным удержанием плазмы. Тороидальная камера окружена бланкетом, содержащим долгоживущие радиоактивные отходы ядерной энергетики (тяжелые металлы, продукты деления и прочие). Такие установки малой мощности позволят обеспечить положительный энергетический баланс. Они привлекательны по причине безопасности, хорошего нейтронного баланса в бланкете, высокого энерговыделения в бланкете при делении четно-четных изотопов нептуния и америция.

ENERGY FROM WASTE: REVISITING THE HYBRID FUSION REACTOR CONCEPT

Okunev V.S.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Keywords: hybrid thermonuclear reactor, blanket, long-lived radioactive waste from nuclear power.

Abstract. A possible concept of a hybrid thermonuclear reactor with magnetic plasma confinement is considered. The toroidal chamber is surrounded by a blanket containing long-lived radioactive waste from nuclear power (heavy metals, fission products, and others). Such low-power installations will ensure a positive energy balance. They are attractive due to their safety, good neutron balance in the blanket, and high energy release in the blanket during the fission of the even-even isotopes of neptunium and americium.

Энергетический баланс термоядерных установок малых размеров отрицателен: система производит меньше энергии, чем потребляет. Для реализации положительного баланса энергии в системах с магнитным удержанием плазмы необходимо увеличивать время непрерывной работы. Это возможно при увеличении малого радиуса плазмы (пример – ITER [1]).

До аварии на Чернобыльской АЭС в нашей стране развивалась концепция гибридного термоядерного реактора. Предполагалось, что тороидальная камера, в которой реализуется реакция синтеза легких ядер, будет окружен бланкетом, содержащим тяжелые металлы (торий, уран и др.). Нейтроны высокой энергии, рождающиеся в реакциях синтеза, попадая в бланкет, могут делить даже четно-четные нуклиды (^{232}Th , ^{238}U), которые не используют в качестве ядерного горючего в реакторах деления. Таким образом, основное назначение термоядерной реакции – производство нейтронов высокой энергии (около 14 МэВ в реакции $^2\text{H}-^3\text{H}$). Нейтроны такой энергии способны делить тяжелые четно-четные ядра. Замедляя нейтроны в бланкете, там же можно нарабатывать ядерное горючее (^{233}U из ^{232}Th , ^{239}Pu из ^{238}U).

После чернобыльской аварии от концепции «чистого» (безуранового) термоядерного синтеза отказались, но в настоящее время в России постепенно возвращаются к ней. Большой «чистый» термоядерный реактор – дорог и может быть создан только в рамках международного сотрудничества.

Термоядерная энергетика отдельных стран может основываться на малых термоядерных реакторах, которые для обеспечения приемлемого энергетического баланса следует оснастить бланкетом, содержащим тяжелые металлы [2]. В качестве тяжелых металлов предлагается использовать долгоживущие отходы ядерной энергетики (четно-четные изотопы нептуния и америция). При их облучении термоядерными нейтронами на одно деление в среднем рождается до 5 нейтронов (в реакторах деления на тепловых нейтронах – 2 или 3, в быстрых реакторах – не более четырех). Кроме того, на этих ядрах (Np, Am) интенсивно реализуются реакции размножения нейтронов (n, 2n), (n, 3n) [2, 3]. В качестве размножителя нейтронов ядра ^{237}Np , ^{241}Am и ^{243}Am более предпочтительны, чем ^9Be . Сечение их деления в спектре термоядерных нейтронов приблизительно в 10 раз выше, чем сечение реакции (n, 2n) на ядрах ^9Be [2, 3]. Такая система производит энергию и утилизирует долгоживущие радиоактивные отходы. Энергия, главным образом, производится из отходов: вклад реакции синтеза в энерговыделение невелик. Сборки, содержащие Np и Am (в форме керамики), следует окружать сборками с неделящимися радиоактивными отходами (^{14}C , ^{99}Tc и др.), подлежащим трансмутации.

Бланкет подкритичен, его температура ниже по сравнению с быстрыми реакторами, что позволяет детерминистически исключить аварии с недопустимыми выбросами радиоактивных веществ в окружающую среду.

Чтобы не концентрировать отходы в больших объемах, целесообразно использовать установки малых размеров (малой мощности). Для обслуживания крупномасштабной ядерной энергетики середины XXI столетия достаточно нескольких гибридных установок.

Список литературы

1. ITER Technical Basis. ITER EDA Documentation Series No. 24. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002. 816 p.
2. Okunev V.S. New Materials and Coatings for Nuclear Technology // 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE). Tomsk. 2020, pp. 1145-1149. doi: 10.1109/EFRE47760.2020.9242066.
3. Chadwick M.B., Herman M., Obložinský P. et al. ENDF/B-VII.1 Nuclear Data for Science and Technology // Nuclear Data Sheets. Los Alamos National Laboratory Unclassified Report LA-UR 11-05121. 2011, vol. 112, iss. 12, pp. 2887-2996.

Сведения об авторе:

Окунев Вячеслав Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Физика».

УДК 621.316.92

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОГО СОЕДИНЕНИЯ В КАБЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПОРТА

Горелов С.В., Пахомова Л.В., Бутузов А.А.

Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск

Ключевые слова: однофазное замыкание на землю, методы определения однофазного замыкания на землю.

Аннотация. В работе рассматривается проблема однофазного замыкания на землю в кабельных электрических распределительных сетях напряжением 6-35 кВ. Рассматриваются возникающие проблемы электропитания портовых машин в следствии однофазного замыкания на землю и специфика кабельных распределительных линий порта. Анализируются современные методики и алгоритмы определения присоединенного повреждения.

IDENTIFICATION OF A DAMAGED CONNECTION IN THE CABLE ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS OF THE PORT

Gorelov S.V., Pahomova L.V., Butuzov A.A.

Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk

Keywords: single-phase short circuit to earth, methods for determining short circuit to earth.

Abstract. The paper considers the problem of single-phase short circuit to earth in cable electrical distribution networks with a voltage of 6-35 kV. The emerging problems of power supply of port machines as a result of a single-phase earth fault and the specifics of cable distribution lines of the port are considered. Modern techniques and algorithms for determining the attached damage are analyzed.

Большая часть перегрузочных машин в порту работает на переменном трехфазном токе 380/220 В промышленной частоты 50 Гц. Электропитание порты получают от районной или городской электросети напряжением 6-35 кВ.

В виду невозможности прокладки воздушных линий на территории порта, все электропитание выполняют кабельным. Для питания кранов прокладывают подземный силовой кабель вдоль рельсов, устанавливая через каждые 30 м питательные колонки, от которых питание подается на кран через гибкий кабель. Как правило одна подстанция питает группу кранов из 6-8 машин.

Наиболее распространенный вид повреждения в таких электрических распределительных сетях напряжением 6-35 кВ – однофазное замыкание на землю (ОЗЗ). Около 80% от всех повреждений. Главная проблема в том, что токами замыкания на землю являются емкостные токи, зависящие от емкостных параметров сети, и величина их – порядка одного ампера, чего в большинстве случаев недостаточно для срабатывания релейной автоматики и отключения проблемного участка. В следствии чего продолжительное время работы сети с однофазным замыканием ведет к возможному двухфазному замыканию, двойному замыканию, повреждению изоляции, нарушению симметрии сети, нарушению работы электрических асинхронных машин (а следует помнить, что крановые двигатели работают в повторно-кратковременном режиме, что уже

оказывает значительную нагрузку на электродвигатель) и в следствии потери электроэнергии и уменьшения срока службы машин. Следовательно, возникает необходимость определения поврежденного элемента и его устранения.

Несмотря на то, что эффективный метод определения ОЗЗ в распределительных сетях не создан, исследования и разработки активно ведутся.

Исследователи [1] предлагают использовать систему дистанционного определения места ОЗЗ, которая измеряет параметры переходного процесса и на их основе делает вывод о наличии повреждения и расстояния до него. Преимущества данного метода в возможности определения места ОЗЗ с большой точностью (погрешность составляет 2-4%).

В работе [2] предлагается использовать генератор повышенной частоты, подключаемый к шинам подстанции, при этом не требуется оперативное переключение. Наложение токов высокой частоты на поврежденное соединение дает значительное изменение амплитуды токовой картины ОЗЗ. Помимо поврежденного присоединения способ также позволяет определить расстояние до повреждения методом стоячих волн. Преимущества способа в возможности определения повреждения без отключения потребителя, в отличии от того же метода поочередных отключений.

Существует множество алгоритмов определения расстояния до повреждения [3]. Авторы статьи используют для расчета параметры установившегося аварийного режима сети. В работе рассматриваются алгоритмы Такаги, Лямеца и Novosel. Суть алгоритмов заключается в аналитическом решении ряда известных зависимостей, определяющих место ОЗЗ. Главное преимущество алгоритмов – не требуется отключение потребителя и присоединение к линии внешних устройств. Но из-за некоторых допущений нельзя говорить о высоком уровне точности расчетов.

Определенной сложностью обнаружения повреждения является залегание силового кабеля под землей, исключение возможности внешнего осмотра и повышение значимости высокоточных методов определения расстояния до места ОЗЗ.

Практически все из существующих методов определения места поврежденного присоединения требуют наличие оперативного персонала и, поэтому не могут быть автоматизированы. Помимо этого, они не выявляют наличие двойных повреждений на одной линии. А из-за того, что величины токов при ОЗЗ в электрических распределительных сетях с изолированной нейтралью, высокоомным заземлением нейтрали или компенсацией емкостных токов очень малы, до сих пор не удается создать достаточно эффективный метод определения места ОЗЗ, что остается довольно актуальной задачей.

Список литературы

1. Шуин В.А., Филатова Г.А., Воробьева Е.А., Ганджаев Д.И. Информационные параметры электрических величин переходного процесса для определения места замыкания на землю в распределительных кабельных сетях напряжением 6-10 кВ // Вестник ИГЭУ. – 2017. – №2. – С. 34-42.
2. Владимиров Л.В., Ощепков В.А., Бигун А.Я., Кириченко Н.В. Диагностика распределительных электрических сетей при однофазном замыкании на землю // ОмГТУ. – 2014. – №1. – С. 236-239.

3. Мирошник В.Ю., Батулько Д.В., Ляшков А.А. Методы и алгоритмы для определения места однофазного замыкания на землю в сетях 6-35 кВ с использованием параметров аварийного режима // ОНВ. – 2017. – №1. – С. 62-66.

Сведения об авторах:

Горелов Сергей Валерьевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электроэнергетические системы и электротехника»;

Пахомова Людмила Владимировна – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Сопротивление материалов и подъемно-транспортные машины»;

Бутузов Артем Андреевич – магистрант.

УДК 66.021.3/4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АДИАБАТИЧЕСКОЙ РЕКТИФИКАЦИИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ КПД КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ

Санников И.В., Мадышев И.Н., Чуктурова А.К.

Нижекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «КНИТУ», Нижнекамск

Ключевые слова: КПД контактных устройств по Мерффри, термическая ректификация.

Аннотация. Проведены исследования по определению влияния различного КПД контактных устройств ректификационной колонны на технологические показатели работы ректификационной установки. Показано, что за счет повышения КПД используемых контактных устройств можно добиться снижения энергозатрат в конденсаторе и кипятильнике ректификационной установки при дополнительном отводе тепла из укрепляющей части колонны.

STUDY OF ADIABATIC RECTIFICATION PROCESSES AT DIFFERENT EFFICIENCIES OF CONTACT DEVICES

Sannikov. I.V., Madyshev I.N., Chukturova A.K.

Nizhnekamsk Institute of Chemistry and Technology (branch) FGBOU VO "KNRTU", Nizhnekamsk

Keywords: efficiency of contact devices according to Murphree, thermal distillation.

Abstract. Studies have been carried out to determine the effect of various efficiency factors of contact devices of a distillation column on the technological indicators of the operation of a distillation unit. It is shown that by increasing the efficiency of the contact devices used, it is possible to achieve a reduction in energy consumption in the condenser and boiler of the distillation unit with additional heat removal from the strengthening part of the column.

Одним из перспективных направлений оптимизации производственного процесса является снижение энергозатрат [1]. Путем задания определенных температурных условий внутри ректификационной колонны можно добиться снижения энергозатрат ее эксплуатации.

Расчет производился на примере ректификационной колонны, состоящей из 11 тарелок [2]. Исходная бинарная смесь, этиловый спирт-вода, подается на тарелку питания при температуре 80°C. Массовый расход подаваемой смеси равнялся 1000 кг/ч, при этом массовая доля этилового спирта была равна 0,4. По условию давление в колонне было атмосферным с перепадом по колонне равным 30 кПа и температурой верха колонны равной 79°C. Так же содержание этилового спирта в кубе не должно превышать 0,006% масс. Были проведены расчеты колонны при различном КПД контактных устройств адиабатической ректификации.

Полученные результаты показывают, что КПД используемых контактных устройств существенно влияет на флегмовое число и тепловые потоки в кипятильнике и конденсаторе. Так, наиболее существенное снижение расходов наблюдается при увеличении эффективности тарелок по Мерффри с 0,5 до 0,6. В

этом случае флегмовое число может быть снижено в 2,89 раза, а расходы тепла в кипятильнике колонны и конденсаторе – в 2,03 раза. На рисунке 1 отображены изменения концентрации легколетучего компонента, массовых расходов жидкой и паровой фаз на тарелках при адиабатической ректификации при различных КПД используемых тарелок. Видно, что увеличение КПД тарелок по Мерффри приводит к повышению мольной доли легколетучего компонента в паровой фазе для тарелок, расположенных в средней части колонны, начиная от 8 до 4 тарелки. При этом в расчетах задавалось условие постоянного массового расхода дистиллята и его конечной концентрации. Следовательно, для того чтобы достичь заданные концентрации при одинаковом количестве действительных тарелок следует затрачивать больше энергии на испарение и конденсацию парожидкостных сред, что приводит к увеличению энергетических затрат и массовых расходов рабочих сред в колонне.

По полученным результатам можно сделать вывод, что в колонне с тарелками, имеющие невысокие значения КПД 0,5-0,6 имеются необоснованно высокие расходы жидкой и паровой фаз. Данный факт подтверждает целесообразность применения термических эффектов в колоннах для снижения энергетически невыгодных и излишне высоких массовых расходов паровой фазы на тарелках за счет частичной конденсации поднимающихся вверх паров. При этом внутри колонны образуется флегма того же состава, которая за счет теплоты, выделяющейся при конденсации паров будет частично испаряться.

Ранее авторами было установлено, что при отводе тепла из тарелок происходит процесс внутреннего флегмообразования и за счет этого повышается эффективность разделения смесей как минимум на 10-15%. Полученные результаты исследования отражены в работе [3], где посредством отвода тепла от верхней тарелки достигалось повышение КПД по Мерффри на 13,3% при значении соотношения отведенного тепла из 1-ой тарелки к суммарному тепловому потоку равному 0,51.

Задавшись значениями прироста эффективности контактных устройств в пределах 10-15%, было рассчитано значение, на которое снизится потребление тепла в кипятильнике колонны и конденсаторе. Для этого была получена зависимость функции теплового потока в конденсаторе $Q_{конд}$, кВт от эффективности тарелок по Мерффри:

$$Q_{конд} = -2342,6\eta^3 + 6485,1\eta^2 - 6087,6\eta + 2162,9,$$

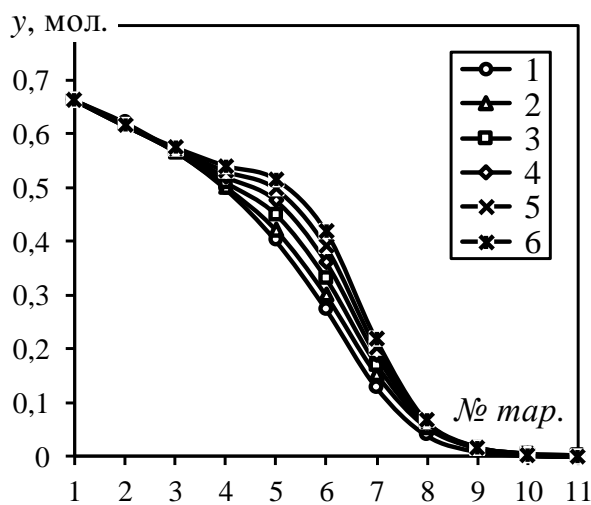


Рис. 1. Изменение мольной доли легколетучего компонента в паровой фазе в зависимости от номера тарелки в ректификационной колонне без отвода тепла при различном КПД тарелок по Мерффри η : 1 – 0,5; 2 – 0,6; 3 – 0,7; 4 – 0,8; 5 – 0,9; 6 – 1,0

где η – КПД тарелки по Мерффри. На рисунке 2 отражены полученные результаты исследования. Как видно из графика, использование процессов термической ректификации только за счет повышения КПД существующих контактных устройств позволит снизить затраты энергии в конденсаторе колонны на 12,5-17,3% при начальной эффективности тарелки $\eta = 0,6$. На графике, область, заключенная между двумя линиями, позволяет оценить снижение расхода тепла в конденсаторе колонны. Аналогичные результаты получены по снижению мощности теплового потока в кипятильнике исследуемой колонны.

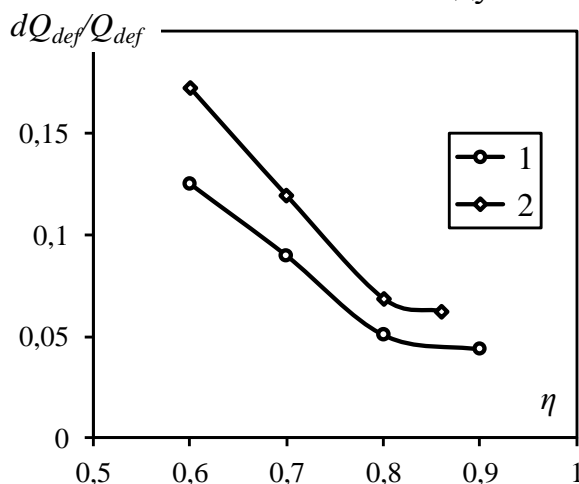


Рис. 2. Отношение изменения теплового потока в конденсаторе к общему потоку тепла в зависимости от эффективности тарелок по Мерффри при различном уровне повышения КПД при термической ректификации $\Delta\eta$, %: 1 – 10; 2 – 15

Полученные результаты исследования показывают, что наиболее рационально увеличивать показатель эффективности тарелок по Мерффри при их значении до 0,8 при помощи термических эффектов посредством отвода тепла из тарелок. Таким образом, можно обеспечить снижение расходов паровой фазы на тарелках, флегмового числа и, как следствие, энергозатрат.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-00001, <https://rscf.ru/project/21-79-00001/>.

Список литературы

1. Олевский В.М. Пленочная тепло- и массообменная аппаратура / В.М. Олевский, В.Р. Ручинский, А.М. Кашников, В.И. Чернышев. – М.: Химия, 1988. – 240 с.
2. Madyshev I.N. Increasing Efficiency of Contact Devices of Column Mass-Transfer Apparatuses When Using Thermal Fractionation Processes / I.N. Madyshev, O.S. Dmitrieva, A.O. Mayasova, A.N. Nikolaev // Chemical and Petroleum Engineering – 2022. – Vol. 58. – No. 3-4. – P. 259-265.
3. Мадышев И.Н. Повышение эффективности контактных устройств в ректификационной колонне при использовании термических эффектов / И.Н. Мадышев, И.В. Санников, А.Т. Галимова, О.С. Дмитриева // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 7. – С. 112-115.

Сведения об авторах:

Мадышев Ильнур Наилович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой МАХП НХТИ;

Санников Илья Викторович – аспирант;

Чуктурова Анастасия Константиновна – студентка.

Научное периодическое издание

Модернизация и инновационное развитие топливно-энергетического комплекса

**Материалы международной
научно-практической конференции**

№5

Верстка и корректура: ИП Жукова Е.В.

Формат издания 60x84 1/16. Усл. печ. л. 2,62.

Подписано в печать 06.10.22г. Заказ №22-18.

Электронная версия доступна на сайте: <http://srcms.ru/miirtek.html>

<https://doi.org/10.26160/2618-8953-2022-5>

Учредитель, издатель и распространитель: Жукова Елена Валерьевна
(ИП Жукова Е.В., ИНН 422802805198, ОГРНИП 318420500009778,
г.Санкт-Петербург).

Ответственный редактор: Жуков Иван Алексеевич.

Редакция: Научно-исследовательский центр «МашиноСтроение»,
197372, г. Санкт-Петербург, пр. Комендантский, д. 28, корп. 2, оф. 117.

<http://srcms.ru>

E-mail: spbf@srcms.ru