

**МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**КОНЦЕРН БРЕСТЭНЕРГО**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**  
**КАФЕДРА СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКИХ И ИСТОРИЧЕСКИХ НАУК**



**ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ**  
**ЭФФЕКТИВНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ**  
**ОТРАСЛЯХ**

Материалы научного семинара

Брест, 2016

УДК 620.9

ББК 72.33

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 25 марта 2016 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: УО «БрГТУ», 2016. – 90 с.

В настоящем сборнике публикуются материалы научного семинара на тему «Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях», который состоялся в Брестском государственном техническом университете 25 марта 2016 года. Издание адресуется преподавателям учебных заведений, студентам вузов, магистрантам, аспирантам, всем, кто интересуется проблемами энергетической безопасности.

Издание материалов научного семинара осуществлено за счет финансовой поддержки со стороны Республиканского унитарного предприятия электроэнергетики «Брестэнерго».

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Горонькин В.Л.....	5
РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И РУП «БРЕСТЭНЕРГО», ИННОВАЦИИ И ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ.....	5
Северянин В.С.....	7
НОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИДЕИ В ТЕХНИЧЕСКИХ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММАХ ВУЗов .....	7
Стрелец М.В. ....	9
ОРГАНИЗАЦИЯ СТРАН–ЭКСПОРТЁРОВ НЕФТИ (ОПЕК) В ИНТЕРЬЕРЕ РЕАЛИЙ СОВРЕМЕННОГО МИРА .....	9
Львович И.Я., Преображенский А.П., Чопоров О.Н., Тюрин Н.М., Гащенко И.А. ....	13
ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ .....	13
Кудрицкая Е.Г. ....	15
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕРРОРИЗМ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ УГРОЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ .....	15
Новосельцев В.Г., Д.В.Новосельцева, Е.В.Клюева, В.А.Халецкий.....	19
АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ С СИСТЕМОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ, ПОСТРОЕННЫХ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ .....	19
Прокопеня О.Н., Олех А.Г., Прожижко О.Г. ....	24
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ .....	24
Харичкова Л.В.....	28
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА МЕКСИКИ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	28
Сальникова С.Р. ....	31
СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ – НЕТРАДИЦИОННЫЙ ЭНЕРГОРЕСУРС.....	31
Тур Э.А., Халецкий В.А. ....	34
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АКРИЛОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОКРАСКИ.....	34
Самосевич В.А. ....	38
ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЕЛАРУСИ.....	38
Юськович Г.И., Юськович В.И., Томашев И.Г., Веремейчик А.И. ....	39
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАЙНОМ ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИИ .....	39
Житенёв Б.Н., Андреюк С.В. ....	44
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОНИТОВЫХ ПРОТИВОТОЧНЫХ ФИЛЬТРОВ В ПРОЦЕССАХ ИОНООБМЕННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ НИТРАТЫ	44

Посохина Г.И. ....	47
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЯПОНИИ .....	47
Чернюк В.П., Шляхова Е.И., Ивасюк П.П. ....	51
СВАЙНАЯ ОПОРА ПОВЫШЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ .....	51
Ярошевич А.В. ....	53
АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С АНАЛОГОВЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЕМ .....	53
Черников И.А. ....	56
О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В БЕЛАРУСИ .....	56
Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Новосельцев В.Г., Черноиван А.В. ....	59
ЭФФЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МОНОЛИТНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ФУНДАМЕНТНЫЕ ПЛИТЫ .....	59
Батрак В.В., Веремейчик А.И., Сазонов М.И., Хвисевич В.М., Черноиван Н.В. ....	61
УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПОМОЩИ ЗАКАЛКИ ДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАЗМЕННОЙ ДУГОЙ .....	61
Дмухайло Е.И., Белов С.Г., Белов В.С. ....	67
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА СТРУЙНОЙ АЭРАЦИИ ДЛЯ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАБОТКИ ОСАДКА .....	67
Янчилин П.Ф. ....	68
СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ МАЛЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ .....	68
Игнатюк Т.В., Лешко Г.В. ....	72
ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	72
Дворниченко А.В. ....	74
КАТЕГОРИЯ «ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ» В РАЗРЕЗЕ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	74
Новосельцева А.Г. ....	76
ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ И ПАРООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ .....	76
Шляхова Е.И. ....	79
АРМИРОВАНИЕ БЕТОНОВ БАЗАЛЬТОВЫМ ВОЛОКНОМ .....	79
Рачковская Е.Д. ....	81
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ АВТОРИТЕТАМИ ТЕРМОСТАТИЧЕСКИХ КЛАПАНОВ .....	81
Агеевец Н.А. Олешко В.В. ....	84
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНОВ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНЕРА .....	84

**Горонькин В.Л.**

**РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В РЕСПУБЛИКЕ  
БЕЛАРУСЬ И РУП «БРЕСТЭНЕРГО», ИННОВАЦИИ И  
ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ**

*РУП «Брестэнерго», ведущий инженер ПТО*

Социально-экономическое развитие Республики Беларусь, ее экономическая устойчивость и политическая независимость значительно зависят от надежного и экономичного функционирования энергетической отрасли, поэтому развитие Белорусской энергосистемы на пятилетку было определено Государственной программой развития Белорусской энергосистемы на период до 2016 года, в которой были обозначены следующие приоритетные направления развития:

- это надежное и качественное обеспечение населения и экономики энергией;
- снижение удельных затрат на производство, транспорт и потребление энергоресурсов;
- диверсификация поставщиков и видов энергоносителей;
- уменьшение зависимости от импортного природного газа.

Несмотря на выполнение запланированных пятилетней программой мероприятий, ее основные направления не теряют своей актуальности и сегодня. Более того изменения, внесенные в Директиву Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. №3, ставят перед энергетикой и промышленностью страны дополнительные задачи, такие как диверсификация экспорта, наращивание использования V и VI технологических укладов на производстве, повышение производительности труда путем кардинального изменения качества управления промышленным комплексом. Решение новых задач не представляется возможным без значительных инвестиций, постоянного совершенствования и повышения уровня квалификации специалистов энергетической отрасли, развития научного потенциала Республики Беларусь и преодоления возникающих в ходе развития проблемных вопросов.

Индикатором повышения эффективности работы оборудования являются технико-экономические показатели, которые за 5 лет в РУП «Брестэнерго» значительно улучшились. Так удельный расход условного топлива на отпуск электрической энергии снизился на 20% и достиг 263,4 г/кВт·ч, а выработка электрической энергии к уровню 2010 года увеличилась на 51% и составила 4,96 млрд.кВт·ч, причем часть энергии теперь поставляется за пределы области, что говорит об ее конкурентоспособности на внутреннем энергетическом рынке страны.

**Технико-экономические показатели РУП «Брестэнерго»**

Показатель	Ед. изм.	Отчет за 2015 год	Отчет за 2014 год	Отчет за 2010 год
Выработка эл. энергии электростанциями РУП «Брестэнерго»	млн.кВт·ч	4 963,655	4 644,179	3 291,255
Отпуск тепла	тыс.Гкал	2407,6	2468,3	2660,4
Удельный расход условного топлива:				
- на отпуск электроэнергии	г/кВт·ч	263,4	276,4	330,3
- на отпуск тепла	кг/Гкал	164,04	164,29	163,5
Технологический расход энергии на транспорт:				
- в электрических сетях	%	7,66	7,99	10,91
- в тепловых сетях	%	9,31	9,67	9,64

Бесспорно, подобных результатов не удалось бы достичь без реализации в 2014 году совместного Белорусско-Китайского энергетического проекта «Строительство ПГУ-427 МВт на Березовской ГРЭС». Энергоблок возведен с использованием новейших технологий мировых производителей с коэффициентом полезного действия 57% и использованием газотурбинной установки (ГТУ) мощностью 285,87 МВт. Такой же энергоблок возведен и на Лукомльской ГРЭС в Витебской области. После окончания гарантийного срока использования ГТУ настало время дорогостоящего сервисного обслуживания, которое проводится представителями завода изготовителя 1 раз в год-полтора для любой модели ГТУ. Удешевлением сервисного обслуживания могло бы стать выполнение его отечественными специализированными ремонтными организациями, такими на пример как ОАО «Белэнергоремналадка», в этом направлении ведется определенная работа. Но сегодня ни одна специализированная организация страны не берется за подобный сервис, и причины тому, помимо отсутствия опыта в обслуживании ГТУ, следующие:

- в Республике используется разнообразный парк ГТУ, разных производителей, таких как Siemens, Alstom, Николаевский завод и др.;
- отсутствие в необходимом объеме технической документации;
- отсутствие специального инструмента, приспособлений и запасных частей.

Наработка опыта в сервисном обслуживании отечественными инженерами могла бы быть возможна в случае их участия в сервисном обслуживании ГТУ, эксплуатируемых в Республике, совместно с иностранными специалистами. Ведь именно во время совместной работы появляется доступ к технической документации, формируются критерии оценки состояния оборудования, изучается оснастка, повышается компетенция. Однако отсутствие единой позиции в отношении организации сервиса, отсутствие нормативного документа, регламентирующего порядок эксплуатации и ремонтов ГТУ, а также необходимость финансовых вложений на его развитие в Республике являются сдерживающими факторами.

В настоящий момент энергетика Республики находится на пороге реализации беспрецедентного, инновационного для Республики проекта — возведения белорусской АЭС. Ввод в эксплуатацию первого энергоблока мощностью 1200 МВт запланирован в 2018 г., второго в 2020 г. К этому времени будет выведено из эксплуатации неэффективное и морально устаревшее электрогенерирующее оборудование (среди крупного оборудования Брестской энергосистемы 3 энергоблока Березовской ГРЭС). Для включения АЭС в баланс Республики, энергосистема страны должна соответствовать определенным требованиям:

- наличие резерва мощности способного, в случае неплановой (аварийной) остановки АЭС, за короткое время восстановить необходимую энергосистеме генерацию и в случае плановых (внеплановых) остановов на длительный промежуток времени экономично заместить ее;
- возможность регулирования суточного графика нагрузок для обеспечения баланса электрических мощностей, особенно в часы ночного минимума.

Для решения первого требования, наиболее вероятно создание специальных пиковых источников на базе газопоршневых аппаратов (ГПА) или газотурбинных установок (ГТУ), а также использование имеющихся КЭС и ТЭЦ, работающих в режиме технического минимума. Уже проработаны несколько вариантов соотношения мощностей и режимов работы данного оборудования.

Для регулирования суточного графика нагрузок рассматривались различные, в том числе инновационные варианты: электролитические аккумуляторы, сверхпроводящие магнитные накопители, пневматические и маховичные системы

накопления и другие. Но решение было принято в пользу варианта, получившего широкое распространение в мировой практике, строительства новых электрокотельных для вновь создаваемых зданий, установки электрокотлов на действующих котельных и ТЭЦ (в РУП «Брестэнерго» планируется установить электрокотлы суммарной мощностью порядка 170 МВт, и пиково-резервные источники электрической мощностью до 250 МВт). Также будет усилено экономическое регулирование, стимулирующее потреблять электроэнергию в часы ночного минимума нагрузок.

Ввод в работу генерирующего источника с единичной мощностью энергоблоков в 3 раза крупнее имеющихся в Республике влечет необходимость изменения топологии системообразующей сети и внедрения комплекса современной противоаварийной автоматики. Ведь аварийное отключение энергоблока АЭС может повлечь серьезные последствия не только для энергосистемы Беларуси, но и для всей объединенной энергосистемы, работающей в параллели. Дополнительным фактором устойчивости энергосистемы могла бы стать организация экспорта электроэнергии в страны Евросоюза с возможностью реверса потоков электроэнергии при аварийных ситуациях.

*Список используемых источников:*

1. Сборник материалов научно-практического семинара в сфере элеткроэнергетики (19-20 марта, Гомель). – Минск 2015. – 200 с.

**Северянин В.С.**

### **НОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИДЕИ В ТЕХНИЧЕСКИХ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММАХ ВУЗОВ**

*Брестский государственный технический университет, профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, доктор технических наук, профессор*

В новой редакции Директивы №3 Президента Республики Беларусь «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» (Указ №26 от 26 января 2016 г.) сказано, что в целях повышения уровня энергетической безопасности страны необходимо обеспечить разработку новых технологий энергопроизводства, внедрения инновационных проектов. Особо выделены требования по созданию условий для развития изобретательства и технического творчества молодежи, поддержке мероприятий в занятии инновационной и предпринимательской деятельностью.

Инженерная подготовка студентов подразумевает, естественно, в первую очередь, изучение основных учебных дисциплин, раскрывающих взаимодействие человека и окружающей среды. При этом учебные курсы дают описание точно установленных фактов и закономерностей, техническое решение физических процессов, влияющих на экологическое состояние среды обитания человека, экономические и социальные проблемы, возникающие при энергетическом совершенствовании производственной деятельности и коммунально-бытовой обстановки, изучаются проблемы энергосбережения.

Широко эрудированный инженер должен видеть на несколько шагов вперед: знать тенденции развития цивилизации с точки зрения удовлетворения потребностей

с неизменно сопутствующим загрязнением окружающей среды, закономерности рождения новых технологий с повышающимся КПД производства, помнить о втором законе термодинамики (нет технологий с абсолютным отсутствием отходов), следить за появлением принципиально новых технических решений, и главное — принимать активное участие в создании более совершенных с экологической точки зрения машин, аппаратов, механизмов, технологий, методов.

Для этого студент должен быть подготовлен основными упомянутыми учебными курсами. Но в настоящее время студенты мало участвуют в изобретательской деятельности. Имеются попытки ввести в учебные планы соответствующие курсы, дающие некоторое патентное образование молодым инженерам. Эти попытки следует считать не вполне удачными, т.к. формальное знание инструкции по оформлению заявок на патент является недолговечным, не продуктивным, невостребованным. Нужна практическая работа по оформлению настоящих конкретных заявок на изобретения или полезные модели. Однако преподаватели не всегда могут обеспечить такой учебный процесс в силу своей недостаточной компетентности в изобретательском деле. А требуется не только объяснить инструкции, положения, нормативные документы, но и зажечь, увлечь молодых людей творчеством, привить стремление к поиску, поощрять любознательность, приучать видеть перспективы своей профессии и возбуждать желание создавать новое.

Поэтому следует считать очень важным пропагандировать новые взгляды, гипотезы, идеи, в данном случае — относящиеся к энергетическим проблемам. Здесь имеется ввиду — информировать обучающихся о новых данных в Интернете, журналах, газетах, и, главное, комментировать эти сведения, анализировать, сопоставлять с известными.

Но особенно эффективным может стать обсуждение своих собственных разработок со студентами как на лекциях, так и на практических занятиях. При этом не обязательно ждать соответствующего раздела курса, можно вначале кратко представить идею и затем вернуться к ней в необходимом месте и времени. Речь идет не только о преподавателях, ведущих узкие дисциплины, но и обо всех соприкасающихся в своих курсах энергетикой.

Энергоприоритетные направления имеются во многих изучаемых дисциплинах. По строительным специальностям, а также на факультете ИСЭ, экономическом, электронно-механическом важное место занимает теплотехника (через разделы «инженерные сети, системы, оборудование» и т.п.). Известные технические решения подробно изложены в учебниках. Некоторые примеры новых энергетических идей приводят ниже.

Получение, хранение, транспорт водорода изучается относительно давно (электрическое разложение воды, химические методы, компримирование, твердотельные поглотители, топливные элементы, и др.). Но аппараты практического применения встречаются очень редко, хотя экологическое достоинство их очень велико: отсутствуют вредные газовые выбросы. Известен печальный опыт использования водорода в дирижаблях. Опробование этого топлива в двигателях самолетов показало перспективность по экологичности, надежности, экономичности. Водород может служить аккумулятором потенциальной энергии: получая его гидролизом от ветроэнергоустановок, например, затем можно получать теплоту в специальных огневых аппаратах для коммунальных и бытовых нужд.

При обсуждении со студентами раздела загрязнения окружающей среды отходами энергетики большой интерес вызвала идея захоронения отходов под



тектоническими образованиями литосферных плит. Если мощным взрывом образовать полость в крае плиты, входящей под другую (например, тихоокеанская опускается под азиатскую, двигаясь со скоростью примерно 10 см в год) и загрузить в нее отходы многих стран, то эта масса войдет в мантию и растворится в ней. Так может быть решена глобальная задача уничтожения отходов на Земле. Бурное обсуждение выявило ряд непредвиденных особенностей, улучшивших идею.

Другой пример грандиозной задачи утилизации отходов энергетического производства — тепловая электрическая станция, работающая на продуктах сгорания угля без подъема его из недр. Продукты сгорания, содержащие двуокись углерода, после срабатывания в парогенераторе направляются в освободившееся от угля пространство, заполненное быстрорастущей растительной массой. Под воздействием облучения здесь идет фотосинтез, углерод усваивается, а обогащенный кислородом поток газа возвращается в атмосферу. Несмотря на некоторую фантастичность идеи, она защищена патентом РФ.

Наконец, пример, особенно актуальный для Республики Беларусь. Известно, что в нашей стране практически нет своих природных энергетических ресурсов. Почти половина импортируемого топлива идет на системы отопления. Поэтому необходимы новые технологии энергопроизводства, повышающие энергобезопасность страны, при условии безусловной экологичности. Обсуждается проект одного из авторов так называемой геогелиотеплоэлектроцентрали. Идея заключается в создании искусственных геотермальных вод. Вода на поверхности нагревается солнечными концентраторами и под большим давлением нагнетается в недра, в пористые породы под водонепроницаемым слоем, в так называемые антиклинали. Зимой, когда возникает потребность в теплоснабжении, горячая вода извлекается, поступает на поверхность, давление снижается, часть воды превращается в пар, который вращает турбогенератор. Остальная горячая вода идет в системы отопления. Расчеты показывают, что для города типа Бреста хватает горячей воды в бассейне глубиной 5 м с площадью примерно 1 км<sup>2</sup>. Летом эта вода нагревается Солнцем и возвращается под землю. Такая геогелиотеплоэлектроцентральный обеспечивает тепло- и электроснабжение при отказе от части импортируемого топлива с минимальным загрязнением окружающей среды.

Активное обсуждение студентами, в частности, представленных выше проблем позволяет сделать вывод о методической целесообразности пропаганды передовых научных идей, имеющих энергоприоритетную направленность.

**Стрелец М.В.**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ СТРАН–ЭКСПОРТЁРОВ НЕФТИ (ОПЕК) В ИНТЕРЬЕРЕ РЕАЛИЙ СОВРЕМЕННОГО МИРА**

*Брестский государственный технический университет, профессор кафедры социально-политических и исторических наук*

В настоящем докладе предпринята попытка комплексного анализа современного этапа истории Организации стран-экспортёров нефти (ОПЕК). Для дальнейшего изложения следует исходить из признаков межгосударственной организации, градации подобных организаций по кругу участников, по направлениям

деятельности, по порядку вступления. Только такой подход может обеспечить структурированность текста доклада.

«Для межгосударственной организации характерны следующие признаки: членство государств, наличие учредительного договора, постоянные органы, уважение суверенитета государств-членов. Такие организации являются субъектами международного права. В то же время межгосударственные (межправительственные) организации нельзя приравнивать к суверенным государствам» [1].

А сейчас охарактеризуем ОПЕК на основании этих признаков.

Первый признак – членство государств.

Касательно этого признака поясним, что эта организация является межрегиональной, открытой для вступления любой страны-экспортёра нефти. В ОПЕК представлены страны Азии (Индонезия, Ирак, Иран, Катар, Кувейт, Объединённые Арабские Эмираты, Саудовская Аравия), Африки (Алжир, Ангола, Ливия, Нигерия), Латинской Америки (Венесуэла, Эквадор). Будучи организацией специальной компетенции, ОПЕК никак не может принадлежать к числу универсальных организаций.

Хорошо известно, что в современном мире насчитывается 139 государств–экспортёров нефти. В этой связи интересно сравнить две совокупности. Первая совокупность: совокупность всех членов ОПЕК. Вторая совокупность: совокупность государств–экспортёров нефти, не входящих в ОПЕК. Оснований для сравнений три: 1) доля в глобальных запасах нефти; 2) доля в глобальной добыче нефти; 3) доля в глобальном экспорте нефти. Первая совокупность вдвое превосходит вторую по первому основанию, вдвое уступает ей по второму основанию, почти совпадает с ней по третьему основанию. Разумеется, при таком потенциале ОПЕК всё зависит от консолидированной позиции её членов. Эта позиция легко достигается, а главное, выдерживается при условии, если у каждого члена отмечаются внутривнутриполитическая стабильность, поступательный рост нефтедобычи. Именно это отсутствует сейчас на немалой части пространства ОПЕК.

Второй признак – существование учредительного договора. В качестве такового выступает учредительный акт, где прописаны «следующие основные цели ОПЕК:

- координация и унификация нефтяной политики стран-членов;
- определение наиболее эффективных коллективных и индивидуальных средств защиты их интересов;
- использование необходимых средств и способов обеспечения стабильности цен на мировом рынке нефти;
- защита интересов стран-производителей нефти путем обеспечения им устойчивых доходов;
- обеспечение эффективного, регулярного и рентабельного снабжения нефтью стран-потребителей;
- обеспечение получения справедливых доходов инвесторами от капиталовложений в нефтяную промышленность;
- сотрудничество со странами — нечленами ОПЕК в целях реализации инициатив по стабилизации мирового рынка нефти» [2].

Третий признак – постоянные органы. Они представляют собой устойчивый элемент ОПЕК. «Высшим органом организации является Конференция стран-участниц, созываемая, как правило, 2 раза в год. Конференция решает вопросы приёма новых членов, утверждает состав Совета управляющих, бюджет и

финансовый отчёт, назначает председателя Совета управляющих, генерального секретаря, его заместителей и ревизора.

Совет управляющих подготавливает вопросы для Конференции, руководит работой Секретариата, являющегося постоянно действующим органом. Секретариат проводит исследования и готовит предложения для Совета управляющих и Конференции, осуществляет контроль над исполнением принятых решений, составляет проекты ежегодных бюджетов ОПЕК. В его состав входят административный, экономический, юридический, информационный и технический отделы» [3].

Обращаясь к такому признаку как уважение суверенитета, отметим, что «в 1968 году ОПЕК приняла Декларацию «О нефтяной политике стран-членов ОПЕК», в которой подчеркивалось неотъемлемое право всех стран на осуществление постоянного суверенитета над своими природными ресурсами в интересах их национального развития» [4].

Несомненно, что жизнеспособность руководящих органов ОПЕК определяется реальными результатами их деятельности по достижению целей, сформулированных в учредительном акте, при уважении суверенитета всех без исключения стран, входящих в данный картель.

Самое главное здесь – сформулировать и материализовать консолидированную позицию касательно «корзины» ОПЕК. «Термин «корзина» ОПЕК (OPEC Reference Basket of crudes) был официально введен 1 января 1987 года. Цена «корзины» определяется как средний арифметический показатель физических цен следующих сортов нефти: Arab Light (Саудовская Аравия), Basra Light (Ирак), Bonny Light (Нигерия), Es Sider (Ливия), Girassol (Ангола), Minas (Индонезия), Iran Heavy (Иран), Kuwait Export (Кувейт), Merey (Венесуэла), Murban (ОАЭ), Oriente (Эквадор), Qatar Marine (Катар), Saharan Blend (Алжир).

В настоящее время цена корзины ОПЕК определяется как «средний арифметический показатель физических цен 13 вышеупомянутых сортов нефти, добываемой странами картеля» [5].

ОПЕК уже более полувека является значимым игроком на глобальном нефтяном рынке. Конечно, подобную констатацию важно рассматривать с учётом принципа конкретно-исторического подхода. Складывается впечатление, что лучшие времена в истории ОПЕК уже позади.

«В XXI веке возможности ОПЕК влиять на цену нефти и регулировать мировой рынок этого сырья значительно сократились. Это произошло вследствие широкомасштабной добычи нефти странами, не входящими в ОПЕК: Россия (13 % мировой добычи), США (12 %), Китай (5 %), Канада (4 %), Бразилия (3 %), Казахстан (2 %). Частично успехи данных стран в добыче обусловлены разработкой так называемой «нетрадиционной нефти» (сланцевая нефть в США, нефтеносные пески в Канаде). С началом мирового экономического кризиса в 2008 году спрос на нефть сократился, и по состоянию на 2016 год наблюдается превышение предложения над спросом» [4].

С учётом современных реалий большой интерес вызвала состоявшаяся 16 февраля 2016 года в столице Катара встреча стран — лидеров экспортеров нефти. Соглашение о замораживании нефтяной добычи на уровне января этого года заключили Россия, Саудовская Аравия, Катар и Венесуэла. Целью считается повышение стабильно падающих цен на нефть.

От их соглашения многого ожидали, ведь цена на нефть стала определяющим геополитическим фактором. Она не только обрушила экономики многих стран, но и незримо влияла на все крупнейшие конфликты во многих регионах мира...

Саудовская Аравия и Россия, крупнейшие производители нефти в мире, договорились заморозить добычу на уровне января 2016 года. К устному соглашению присоединились Катар и Венесуэла. В первые часы после оглашения этой новости цены на нефть резко взлетели вверх. Но затем так же быстро и опустились. Рынки скептически отреагировали на итоги встречи в Дохе, так как участникам предстоит договориться еще с 10 странами, включая Иран» [6, с. 1, 3].

«Инициатором заморозки добычи углеводородов является Венесуэла, которая на протяжении последних месяцев пострадала от низких цен на нефть, и она все время инициировала вопрос, что необходимо предпринимать какие-то меры» [7].

«17 февраля 2016 года министр нефти Ирана Бижан Намдар Зангане заявил о поддержке отказа от наращивания добычи после переговоров со своими коллегами из Венесуэлы, Ирака и Катара... В то же время посол Ирана в ОПЕК Мехди Асали перед заявлением Зангане выразил позицию, согласно которой Исламская Республика не считает правильным замораживать собственную добычу нефти для того, чтобы удержать цены от падения. Консультации государств-подписантов с Ираном по этому вопросу продолжаются. ... Поддержку договоренностям о заморозке добычи нефти на уровне января 2016 года высказали страны, экспортирующие порядка 75% мирового объема нефти, этого более чем достаточно для того, чтобы соглашение между Россией, Венесуэлой, Саудовской Аравией и Катаром начало работать» [8].

«Выполнение договоренностей между этими странами, позволит сократить перепроизводство нефти в мире на 1,3 млн баррелей в сутки. Министр энергетики России Новак свидетельствовал: «Мы рассматривали разные варианты, в том числе вариант ничего не делать, и вариант сокращения объемов добычи, и вариант, который мы предложили — это сохранение добычи на достигнутом уровне для того, чтобы за счет роста спроса, который все равно будет, сбалансировать рынок. И, если на рынок не будет дополнительного предложения дано, тогда вот этот дисбаланс и перепроизводство сократится, как минимум, на 1,3 млн баррелей в сутки».

Новак также заявил в интервью ТАСС, что консультации о заморозке добычи нефти будут проводиться и со странами, не входящими в ОПЕК...

По словам российского министра, стран-участниц переговоров о заморозке добычи нефти устраивает цена в \$50 за баррель. Он сказал: «Мы говорили с нашими коллегами, что \$50 за баррель устроил бы в долгосрочной перспективе и потребителей, и экспортеров» [9].

Настоящий доклад читается тогда, когда переговорный процесс ещё не окончен. Нет оснований для однозначного прогнозирования его итогов.

*Список используемых источников:*

1. Понятие и основные признаки международной организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [isfic.info/mpra/intlow44.htm](http://isfic.info/mpra/intlow44.htm) – Дата обращения: 19.02. 2016.
2. Международно-правовые вопросы деятельности организации стран-экспортёров нефти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [referun.com/n/mezhdunarodno...](http://referun.com/n/mezhdunarodno...) – Дата обращения: 20.02. 2016.
3. Организация стран-экспортеров нефти, ОПЕК — Горная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [mining-enc.ru/o/organizaciya...](http://mining-enc.ru/o/organizaciya...) – Дата обращения: 17.02. 2016.

4. Организация стран — экспортёров нефти — Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ru.wikipedia.org/wiki/...](http://ru.wikipedia.org/wiki/...) – Дата обращения: 17.02. 2016.
5. Корзина ОПЕК — Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ru.wikipedia.org/wiki/Корзина\\_ОПЕК](http://ru.wikipedia.org/wiki/Корзина_ОПЕК). – Дата обращения: 17.02. 2016.
6. Романова, Н.В. Билет в одну сторону / Н.В. Романова // Советская Белоруссия. – № 31 (24913). – Четверг, 18 февраля 2016. – С. 1,3.
7. Россия назвала инициатора заморозки добычи нефти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [govoritmoskva.ru/news/69422](http://govoritmoskva.ru/news/69422). 09:24. – Дата обр.: 17.02. 16.
8. Саудовская Аравия отвергла идею сокращения добычи нефти – Областные... [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [luki.ru/pskovregion/412908.html](http://luki.ru/pskovregion/412908.html). – Дата обращения: 18.02. 2016.
9. Иран не будет присоединяться к заморозке добычи нефти | Новости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [novostipmr.com/ru/news/16-02-20/...](http://novostipmr.com/ru/news/16-02-20/...) 14:21. – Дата обращения: 16.02. 2016.

**Львович И.Я., Преображенский А.П., Чопоров О.Н., Тюрин Н.М.,  
Гащенко И.А.**

### **ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ**

*И.Я.Львович, заместитель декана, Панъевропейский университет, Словакия,  
доктор технических наук, профессор*

*А.П.Преображенский, доцент, Воронежский институт высоких технологий,  
РФ, доктор технических наук, доцент*

*О.Н.Чопоров, профессор, Воронежский институт высоких технологий, РФ,  
доктор технических наук, профессор*

*Н.М.Тюрин, И.А.Гащенко, студенты, Воронежский институт высоких  
технологий, РФ*

Беспроводная связь в настоящее время используется во многих практических приложениях. При распространении электромагнитных волн происходит их рассеяние на металлических объектах сложной формы.

Представляет практически важный интерес исследовать механизмы рассеяния электромагнитных волн в таких системах.

На рис. 1 приведена схема рассеяния электромагнитных волн в помещении.

Использованы следующие обозначения: А – антенна,  $L_1=4\text{м}$ ,  $L_2=6\text{м}$  – размеры комнаты, металлическая полая структура имеет размеры  $a \times L$ ,  $b=1\text{м}$ . При решении задачи рассеяния электромагнитной волны, распространяющейся от антенны необходимо решать краевую задачу электродинамики.

Уравнение Фредгольма первого рода для плотности неизвестного электрического тока в случае  $E$ -поляризации [3] следующее:

$$\frac{\omega \cdot \mu}{4} \cdot \int_{\alpha}^{\beta} j(t) \cdot H_0^2[k \cdot L_0(\tau, t)] \cdot \sqrt{\xi'^2(t) + \eta'^2(t)} dt = E_z^0(\tau), \quad \alpha \leq \tau \leq \beta \quad (1)$$

где  $L_0(\tau, t) = \sqrt{[\xi(\tau) - \xi(t)]^2 + [\eta(\tau) - \eta(t)]^2}$  – расстояние от точки наблюдения до точки интегрирования,  $E_z^0(\tau)$  – продольная составляющая напряженности первичного

электрического поля в точке на контуре. Контур задается в параметрической форме:  $x = \xi(t), y = \eta(t), \alpha \leq t \leq \beta$ , а  $\xi'(t), \eta'(t)$  – первые производные соответствующих функций,  $k = 2 \cdot \pi / \lambda$ ,  $\lambda$  – длина падающей электромагнитной волны.

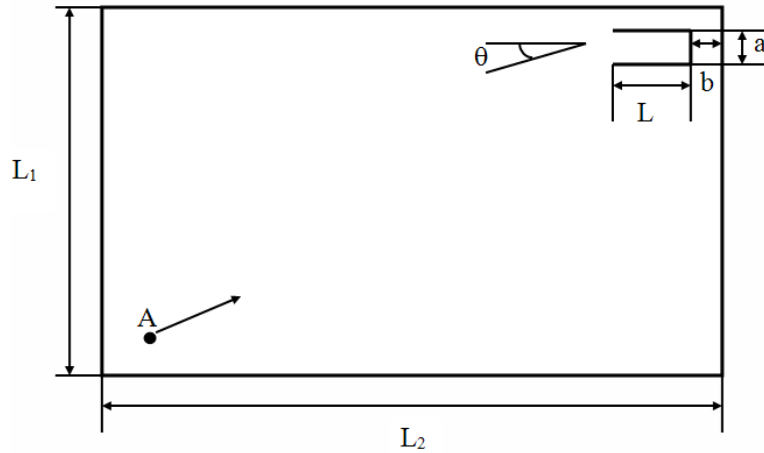


Рисунок 1 – Схема рассеяния электромагнитных волн

При решении уравнения (1) методом моментов оно дискретизируется и приводится к системе линейных алгебраических уравнений, из которой определяются продольные электрические токи с плотностью

$$\vec{j} = \vec{z} \cdot j(t), \alpha \leq t \leq \beta, \tag{2}$$

При решении интегрального уравнения методом моментов необходимо правильно описать сингулярность ядра интегральных уравнений. Так, при совпадении координат точки наблюдения и интегрирования, т. е. при  $R \rightarrow 0$  двумерная функция Грина [2]

$$H_0^{(2)}(kR) \rightarrow \Delta \ell [1 - (\frac{j}{2\pi}) [\gamma - 1 + \ln(\frac{k\Delta \ell}{4})]],$$

где  $\gamma = 0,577215664$  – постоянная Эйлера.

Полученные на основе решения СЛАУ компоненты  $[J_m]$  позволяют определить рассеянное поле.

На основании интеграла Кирхгофа [1] определяется рассеянное электромагнитное поле, связанное с найденными электрическими токами  $J_z(r)$  следующим образом:

$$H(\theta_r) = \exp(-jkr) \sqrt{\frac{k}{2\pi r}} \int_{\ell} J_z(r') \exp(jkr' \cos(\theta_r)) dr', \tag{3}$$

где  $\theta_r$  – угол наблюдения;  $k$  – волновое число;  $r$  – радиус-вектор точки наблюдения в дальней зоне.

Двумерная ЭПР полости определяется на основе выражения:

$$\sigma(\phi) = (60 \cdot \pi)^2 \cdot k \cdot |D(\phi)|^2, \tag{4}$$

где  $D(\phi) = \int_{\alpha}^{\beta} j(t) \cdot \sqrt{\xi'^2(t) + \eta'^2(t)} \cdot \exp(i \cdot k \cdot d(t, \phi)) dt,$

$$d(t, \phi) = \xi(t) \cdot \cos(\phi) + \eta(t) \cdot \sin(\phi).$$

Расчет ЭПР по известному рассеянному электромагнитному полю проводится по известной формуле [1]:

$$\sigma_{\text{обз.м}} = 2\pi r |H(\theta_r)|^2$$

На рис.2 приведены данные по вторичной рассеянной мощности в зависимости от угла наблюдения. Кривые соответствуют следующим размерам полой структуры:  $a=2\lambda$ , кривая 1 –  $1\lambda$ , кривая 3 –  $3\lambda$ , кривая 5 –  $5\lambda$ , кривая 7 –  $7\lambda$ , кривая 10 –  $10\lambda$ .

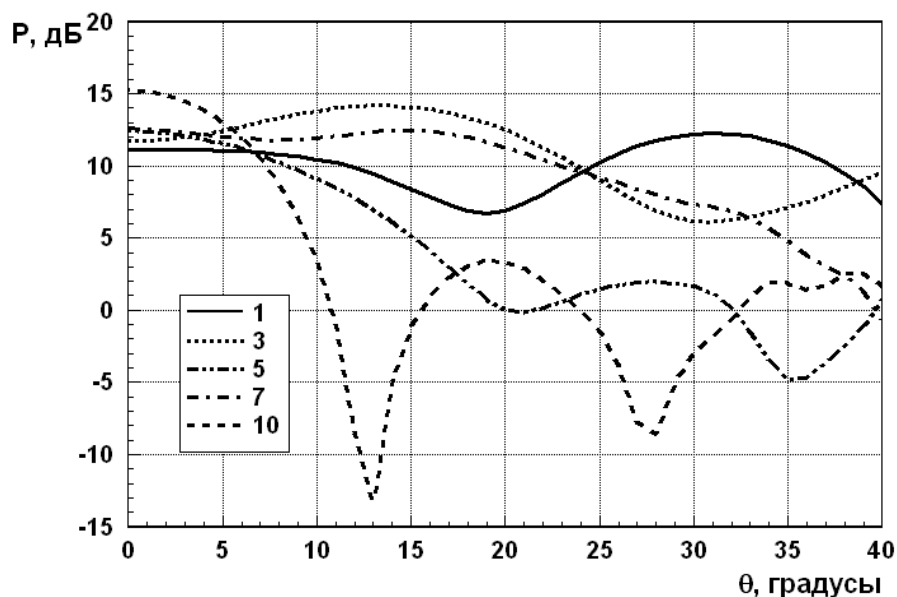


Рисунок 2 – Вторичная рассеянная мощность

Видно, что в диапазоне углов  $0^\circ < \theta < 8^\circ$  рассеянные мощности отличаются не более, чем на 3 дБ.

*Список использованных источников:*

1. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры. – М.: Мир, 1977. – 485 с.
2. Заргано Г. Ф. Электродинамический анализ сложных волноводных структур с диэлектрическим заполнением и плоско-поперечными неоднородностями / Г. Ф. Заргано – Автореферат диссертации доктора физико-математических наук. – Ростов н/Д, 1999. – 26 с.
3. Захаров Е. В. Численные методы решения задач дифракции / Е. В. Захаров, Ю. В. Пименов. – М.: Радио и связь, 1986. – 184 с.

**Кудрицкая Е.Г.**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕРРОРИЗМ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ УГРОЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра гуманитарных наук*

Специфика и уровень современной цивилизации характеризуется существованием острых глобальных проблем, затрагивающих судьбы не только отдельных людей, социальных групп, наций, классов, регионов и континентов, но всего человечества в целом. Обеспечение энергетической безопасности страны является одной из приоритетной стратегией политики Республики Беларусь на современном этапе.

Согласно Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.12.2015 № 1084, «энергетическая безопасность – это состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушения бесперебойности энергоснабжения. Обеспечение энергетической безопасности предполагает выявление и систематизацию ситуаций, наступление которых прямо или косвенно может представлять угрозу для энергетики и энергообеспечения народного хозяйства, сопровождается возникновением критических и чрезвычайных ситуаций как в самом ТЭК, так и у потребителей его продукции» [1].

Критические и чрезвычайные ситуации позволяют выполнить классификацию угроз энергетической безопасности по причинам их возникновения в следующие группы: экономические, социально-политические, внешнеэкономические и внешнеполитические, техногенные и природные угрозы, несовершенство управления. Различные виды угроз могут быть в значительной степени взаимосвязаны друг с другом. Одни угрозы могут быть инициированы или сами инициировать другие угрозы, часто реализация одних (например, техногенных или природных угроз) вызывает возникновение, а иногда и реализацию других (например, социально-политических угроз).

Одной из угроз энергетической безопасности страны является экологический терроризм. Экологический терроризм относится к числу самых опасных и трудно прогнозируемых явлений современности, которое приобретает все более разнообразные формы и угрожающие масштабы. Террористические акты чаще всего оказывают огромное воздействие на окружающую среду не поддающаяся порой восстановлению, и приводит к массовым человеческим жертвам, влекут разрушение материальных и духовных ценностей, сеют вражду между государствами, провоцируют войны, недоверие и ненависть между социальными и национальными группами, которые иногда невозможно преодолеть в течение жизни целого поколения. Экологический терроризм в международных масштабах может стать все более явным фактором геополитического влияния мировых центров силы.

Несмотря на многочисленные публикации, современное международное научное сообщество до сих пор не пришло к единому пониманию термина «экологический терроризм», не выработало всеобъемлющего и приемлемого для всех определения. Различные международные документы дают различные определения терроризма [2, с. 19-11]. В национальном законодательстве Республики Беларусь, как и других государств, четкого определения «экологический терроризм» также не существует. Основная официальная белорусская дефиниция терроризма дается в законе Республике Беларусь «О борьбе с терроризмом» от 3 января 2002 года №77-З, с изменениями и дополнениями от 26.10.2012 г. №435-З, 30.06.2014 г. №165-З. В статье 3 терроризм был определен как «социально-политическое криминальное явление, представляющее собой идеологию и практику применения насилия или угрозы насилием в целях оказания воздействия на принятие решений органами власти, воспрепятствования политической или иной общественной деятельности, провокации международных осложнений или войны, устрашения населения, дестабилизации общественного порядка» [3]. Таким образом, проблема экологического терроризма, выступая проявлением одновременно и терроризма, и экологической преступности, недостаточно разработана, и является весьма актуальной.



В современной научной литературе под экологическим терроризмом понимаются, по крайней мере, два исключительно разных явления, которые необходимо четко разграничивать. Это собственно экологический терроризм и экологический активизм (радикализм), который часто путают с экологическим терроризмом. Обвинения активистов экологических движений и организаций в экологическом терроризме встречаются довольно часто. Чтобы привлечь внимание читателей к описываемой проблеме журналисты иностранных средств массовой информации (СМИ) называют радикальные акции «зеленых» и действия, направленные на умышленное загрязнение окружающей природной среды, экологическими террористами. Наиболее полным, максимально отражающим характер совершения террористического акта определением терроризма служит дефиниция, которую содержит статья 2 Проекта всеобъемлющей Конвенции ООН о международном терроризме, подготовленного Специальным комитетом и его рабочей группой. Под экологическим терроризмом понимается «различные по своему содержанию и проявлению факты насильственного воздействия на окружающую природную среду, где установлен умысел как специальная цель - запугивания для достижения криминального результата». При этом террористический акт - это «совершение насильственных деяний, устрашающих население и создающих опасность гибели человека, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления иных тяжких последствий» [4]. Предложенное определение представляет интерес на легальном уровне при закреплении ответственности за экологический терроризм в международных и национальных уголовно-правовых актах. Таким образом, экологический терроризм — это многоцелевое преступление, основным объектом которого является общественная безопасность, а дополнительным — окружающая природная среда. Объективная сторона анализируемого состава преступления выражается в совершении: взрыва, поджога, создающих опасность гибели людей, причинение значительного вреда (ущерба) окружающей природной среде и в системе энергетической безопасности государства.

Экологический терроризм появился в начале 70-х годов как протест защитников окружающей среды против проведения ядерных испытаний. В конце 70-х годов сформировались организации и группы, которые под лозунгами сохранения окружающей среды, избрав тактику «активного действия», стали прибегать к насилию и террору, преследуя политические цели — оказать давление на правительство и структуры власти под лозунгом движения «зеленых» в интересах определённых политиков и партий.

В современной истории случаев, подпадающих под экологический терроризм, совершалось немало. Статистические данные, полученные при анализе аварий в химической промышленности США, свидетельствуют: сегодня на внешние причины возникновения аварий, среди которых диверсии и терроризм, приходится около 2% [5, 69-70]. На первый взгляд типичные экологические теракты можно скорее назвать примерами государственного терроризма, часть из них относятся к чисто экологическим преступлениям. Прецедентом действий эколого-террористического характера явилась ситуация, которая произошла в 2001 году, когда террористы на территории Соединенных Штатов Америки и некоторых других государств распространили споры сибирской язвы (антракса) в конвертах обычных почтовых отправлений. Угроза новой чумы казалась непреодолимой. В январе 2003 года спецслужбы Великобритании объявили, что ими арестованы 13 террористов, пытавшихся наладить производство высокотоксичного отравляющего вещества рицин. Как установили британские спецслужбы, все арестованные являются членами

террористической группы, связанной с группировкой «Аль-Каида», а производство рицина - часть тщательно запланированного экологического теракта сразу в нескольких странах Европейского Союза. Этот пример экологического терроризма мог закончиться глобальной катастрофой.

XXI век выдвинул экологический терроризм (в силу масштабности катастрофичности последствий) на первое место в ряду основных угроз международной безопасности. Экологический терроризм намного более опасен, чем многие другие преступления террористической направленности, поскольку насильственные действия применяются к гражданам или их собственности опосредованно через окружающую среду и биосферу. Экологический терроризм вбирает в себя две основные формы терроризма: он является одновременно посягательством на жизнь и здоровье граждан и на объекты государственного и международного хозяйства, причем последние выступают предметом непосредственного посягательства. К опасным объектам относятся все типы электростанций, предприятия ядерного топливного цикла и производства ядерных боеприпасов, а также химические, нефтехимические и нефтеперегонные, металлургические, биотехнические предприятия, хранилища их сырья и продукции; газопроводы, а также военные объекты, содержащие радиоактивные и ядовитые вещества, хранилища и свалки опасных отходов. Основная часть таких объектов расположена в промышленных зонах больших городов и густонаселённых местах, создавая постоянную угрозу экологических катастроф. Наглядные примеры, в неявном непреднамеренном виде, экологический терроризм связан с Чернобыльской аварией на 4-м блоке АЭС, массовым захоронением химического оружия после 2-ой мировой войны в Балтийском море и с захоронением ядерными странами радиоактивных отходов в Мировом океане.

Экологический терроризм может привести к необратимым и трудно устранимым последствиям. На сегодняшний день отдельные государства и мировое сообщество в целом не может обеспечить полную безопасность граждан от экологических терактов. Современное общество постоянно трансформируется и в связи с этим наблюдаются изменения как позитивного, так и деструктивного характера (политическая сингулярность), изменяется масштаб и сила воздействия человека на окружающую среду, социально-экономическую, политическую и духовную сферу. С изменением формы государства изменяются и виды проявления экологического терроризма. Терроризм преобразовывается, используя самое современное вооружение и передовые идеи. Террористы в своих действиях становятся все более анонимными (не объявляют свои требования). Происходит интенсивная трансформация терроризма в сторону экологического терроризма, который направлен не на личность, а на государство и общество в целом.

До последнего времени террористические действия служили для создания значительного политического и общественного резонанса. Сегодня на первый план приходят действия, направленные на значительные разрушения и большие жертвы среди мирного населения. Экологический терроризм должен достигать цели сам по себе — ненавистное государство должно быть уничтожено и средства, как и цена, значения не имеют. Этим вызваны и изменения формы организации террористических сообществ. На первый план выступают парадигмы «терроризма-войны» и «терроризма как средства достижения «нового мира». Теперь экологический терроризм становится самоцелью.

Сегодня экологический терроризм стал более опасным для общества, так как получил возможность использовать достижения современной науки и техники, а в

ряде случаев приобрел статус государственного и трансформировался в супертерроризм. Под «супертерроризмом» следует понимать использование (угрозу использования) в террористических целях наиболее передовых вооружений или технологий, вызывающее массовое поражение населения или нанесение ощутимого (на уровне государства) экономического или экологического ущерба. Таковыми являются ОМП (ядерные, химические и бактериологические (токсинные) средства), а также средства воздействия на биосферу, информационное пространство и психику. Основная опасность супертерроризма состоит в том, что в силу высокого потенциала воздействия и скрытности источника в условиях напряженности в межгосударственных отношениях он может стать катализатором международных конфликтов.

Таким образом, исследование экономических, политических, социальных и иных причин всех видов экологического терроризма и связанных с ними чрезвычайных ситуаций, в системе энергетической безопасности страны, а также проблемы безопасности и защиты населения должны стать первоочередными задачами государственного значения. Сегодня, эта проблема для своего решения требует комплексного, всестороннего подхода, разработки международных законоположений и системы эффективных практических мер по предотвращению угрозы национальной и общественной безопасности.

*Список использованных источников:*

1. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://statut.by/novosti/1114-02-01-2016>. – Дата доступа: 20.02.2016
2. Биненко, В.И., Бутков, П.П. Терроризм и проблема безопасности в современном мире / В.И. Биненко, П.П. Бутков. – СПб.: СПбГПУ, 2006. – 95 с.
3. Закон Республике Беларусь «О борьбе с терроризмом» [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: [http://base.spinform.ru/show\\_doc.fwx?rgn=1891](http://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=1891). Дата доступа: 20.02.2016
4. Доклад рабочей группы ООН «Меры по ликвидации международного терроризма» A/C.6/56/L.9, October, 2001 [Электронный ресурс]. – 2016. Режим доступа: <http://www.un.org>. – Дата доступа: 20.02.2016
5. Муравых, А.И. Экологическое управление / А.И. Муравых. – М.: 2004. – 340 с.

**Новосельцев В.Г., Д.В.Новосельцева, Е.В.Клюева, В.А.Халецкий**

## **АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДОМОВ С СИСТЕМОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ, ПОСТРОЕННЫХ В БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, кафедра инженерной экологии и химии*

Постановлением правительства № 706 от 1 июня 2009 г. утверждена Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь. Она включает совокупность организационно-технических, нормативных и законодательно-правовых мер, охватывающих все этапы жизненного цикла здания, и определяет

прогнозные объемы строительства энергоэффективных жилых домов на 2009–2015 гг. и на период до 2020 г. [1].

В Брестской области в настоящее время построено четыре энергоэффективных жилых дома: два в г. Пинске (2011 год), один в г. Малорита (2012 год) и один в г. Дрогичине (2014 год). Проекты этих домов были разработаны Институтом ОАО «Брестпроект».

Строительными проектами предусмотрено следующее инженерное обеспечение здания: холодное централизованное водоснабжение, поквартирное горячее водоснабжение и отопление, механизированная система приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией тепла (централизованная по подъездам в домах № 34 по ул. Юной (г. Пинск) и №2 по ул. Несенюка (г. Малорита), поквартирная – в доме № 36 по ул. Юной (г. Пинск)).

Таблица 1. Основные технико-экономические показатели домов № 34 по ул. Юной (г. Пинск) и №2 по ул. Несенюка (г. Малорита)

Наименование	Единицы измерения	Показатели по проекту
Вместимость, число квартир	шт.	40
в том числе:		
однокомнатных	шт.	10
двухкомнатных	шт.	25
трехкомнатных	шт.	5
Строительный объем	м <sup>3</sup>	13190,84
в т.ч. подземной части	м <sup>3</sup>	1686,26
Общая площадь квартир	м <sup>2</sup>	2291,9
Жилая площадь квартир	м <sup>2</sup>	1134,9
Площадь жилого здания	м <sup>2</sup>	2813,23
Удельный расход энергоресурсов на 1 м <sup>2</sup> общей площади (показатели энергоэффективности)		
воды	м <sup>3</sup>	0,02
топлива:		
натурального	тыс. т.	
условного	-«-	
тепла	кВт	39,45
электроэнергии	кВт/м <sup>2</sup>	0,047
Расход холодной воды (сутки/год)	м <sup>3</sup>	48,0/17520
Расход тепла (час/год) (отопление)	МВт	0,437/90,41

Проектами предусмотрены следующие решения для обеспечения энергоэффективности:

#### Архитектурно-планировочные

- рациональное объемно-планировочное решение жилого дома, обеспечивающее наименьшую площадь наружных ограждений, минимальное количество наружных углов, рациональная компоновка секций здания;
- ориентация продольного фасада здания (ось «А»), на северо-запад;
- естественное освещение помещений при минимально возможном отношении площади окон к площади помещений не выше 1:5,5;
- остекление лоджий;
- устройство регулируемого приточного клапана в конструкции оконного блока, для обеспечения притока наружного воздуха;
- устройство тамбура на входе в жилой дом.

Таблица 2. Основные технико-экономические показатели дома № 36 по ул.Юной (г.Пинск) и дома в г.Дрогичине

Наименование	Единицы измерения	Показатели по проекту
Вместимость, число квартир в том числе: однокомнатных двухкомнатных трехкомнатных	шт.	40 20 20 -
Строительный объем в т.ч. подвала	м <sup>3</sup>	12329,14
Общая площадь квартир	м <sup>2</sup>	2068,9
Площадь жилого здания		
Жилая площадь	м <sup>2</sup>	2527,24
Удельный расход энергоресурсов на 1 м <sup>2</sup> общей площади (показатели энергоэффективности)		
воды	м <sup>3</sup>	0,02
топлива:		
натурального	тыс.т.	-
условного	-«-	-
тепла	кВт	38,1
электроэнергии	кВт/м <sup>2</sup>	0,052
Расход холодной воды (сутки/год)	м <sup>3</sup>	48,0/17520
Расход тепла (час/год) (отопление)	МВт	0,044/91,2

### Конструктивные

- использование эффективных утеплителей для:
  - трехслойной кладки на гибких связях – пенополистирола с расчетным коэффициентом теплопроводности (условия эксплуатации «Б»)  $\lambda = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;
  - в конструкциях покрытия и перекрытия  $\lambda = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  (при применении пенополистирола) и  $\lambda = 0,044(0,047) \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;
- утепление цокольной части здания на глубину 0,6 м от отстки здания обеспечивает термическое сопротивление ограждающих конструкций подвала (техподполья) не ниже  $R_{т.тр.}$ ;
- утепление внутренней стены между неотапливаемой лестничной клеткой 1-го типа и помещениями квартиры;
- сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций составляет:
  - дома № 34 по ул.Юной (г.Пинск) и
  - №2 по ул.Несенюка (г.Малорита)
    - а) наружные стены –  $3,34 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
    - б) совмещенное покрытие –  $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
    - в) перекрытие над подвалом –  $2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
    - г) заполнение световых проемов –  $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
  - дом № 36 по ул.Юной (г.Пинск) и дом
  - в г.Дрогичине
    - а) наружные стены –  $4,064 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
    - б) совмещенное покрытие –  $6,723 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
    - в) перекрытие над подвалом –  $2,50 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
    - г) заполнение световых проемов –  $1,00 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

### **Теплоснабжение**

- источником тепла для систем отопления и горячего водоснабжения каждой квартиры служит аппарат отопительный двухконтурный газовый АОГВ-24-3П производительностью  $Q_{п} = 24$  кВт.
- для поквартирного регулирования нагревательные приборы системы отопления оборудованы индивидуальными терморегуляторами.

### **Вентиляция**

- проектами предусмотрена механизированная система приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией тепла уходящего воздуха (централизованная по подъездам в домах № 34 по ул.Юной (г.Пинск) и №2 по ул.Несенюка (г.Малорита), поквартирная – в доме № 36 по ул.Юной (г.Пинск) и доме в г.Дрогичине).

### **Описание системы отопления и горячего водоснабжения**

Система отопления запроектирована двухтрубная с разводкой по каждой квартире полипропиленовыми трубами, проложенными в конструкции пола. Теплоноситель – для системы отопления – вода с параметрами 80-60<sup>0</sup>С. В качестве нагревательных приборов приняты алюминиевые радиаторы «МИСОТ-Стиль», в ванных комнатах – полотенцесушители.

Отопление лестничных клеток и подвальных помещений не предусматривается. Проектами предусматривается регулировка теплоотдачи приборов термостатическими клапанами. Подводки к отопительным приборам – трубы полипропиленовые, проложенные в штрабе. На всех отопительных приборах устанавливаются краны Маевского. Внутренняя сеть горячего водоснабжения монтируется из полипропиленовых труб.

Отвод дымовых газов от отопительных аппаратов осуществляется посредством изолированных газоходов в трубы дымоудаления Ø250 мм. Забор воздуха – изолированной трубой Ø80 мм через балкон.

### **Описание системы вентиляции домов № 34 по ул.Юной (г.Пинск) и №2 по ул.Несенюка (г.Малорита)**

Вентиляция запроектирована централизованная приточно-вытяжная с механическим побуждением и утилизацией тепла.

Схема системы вентиляции предполагает установку приточно-вытяжного агрегата на каждую секцию жилого дома (в доме 2 секции). Агрегаты устанавливаются на чердаке в венткамерах.

Свежий приточный воздух подогревается в теплообменнике-утилизаторе теплом удаляемого воздуха. Для догрева воздуха до необходимой температуры служит встроенный электронагреватель. От установки по системе воздуховодов воздух поступает в жилые помещения и кухни квартир.

Для перетока воздуха из жилых комнат в прихожую, коридоры, кухню, санузел и ванную, в дверях этих помещений устанавливаются переточные решетки.

Удаление воздуха предусматривается из кухонь – 90 м<sup>3</sup>/час, из ванн – 25 м<sup>3</sup>/час. Для удаления воздуха из санузлов (25 м<sup>3</sup>/час) устанавливаются канальные вентиляторы.

Для очистки кухонного воздуха устанавливается электрический воздухоочиститель, а также на воздуховоде решетка с фильтром.

В случае, когда механическая вентиляция не будет работать, клапан с электроприводом откроет естественный вытяжной канал. В ванной также предусмотрен канал для естественной вытяжки с установленной на нем решеткой с ручным регулированием живого сечения.

По квартире воздуховоды прокладываются под подвесным потолком. Раздача воздуха осуществляется потолочными диффузорами.

### **Описание системы вентиляции в доме № 36 по ул.Юной (г.Пинск) и доме в г.Дрогичине)**

Вентиляция запроектирована приточно-вытяжная с утилизацией тепла.

Схема системы вентиляции предполагает размещение вентиляционного агрегата АВТУ-150 в квартире, в подсобном помещении.

Свежий приточный воздух по системе воздуховодов, проложенных под подвесным потолком, через диффузоры, подается в жилые комнаты и кухню квартиры. Удаление воздуха предусматривается из кухни – 90 м<sup>3</sup>/час, ванн и туалетов – 25 м<sup>3</sup>/час.

Воздух из жилых помещений поступает в прихожую, коридоры и туалетные комнаты через переточные решетки, установленные в дверях помещений.

При включении механической вентиляции естественный вытяжной канал в кухне закрывается автоматическим запорным клапаном с электроприводом. Воздух в кухнях очищается воздухоочистителем электрическим и через съемную потолочную решетку с фильтром РШ-1 (400x100). В туалетной комнате установлен канальный вентилятор Вентс 125К, который срабатывает при включении света.

#### *Выводы*

Анализ проектных решений показывает, что в рассматриваемых зданиях учтены все требования, предъявляемые на момент проектирования нормативными документами Республики Беларусь к энергоэффективным домам (необходимо отметить, что и в настоящее время нормативные документы по проектированию энергоэффективных домов практически отсутствуют).

Так, нормативное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций в соответствии с действующим в настоящее время (с 1 апреля 2013 года) изменением №4 к ТКП 45-2.04-43-2006 “Строительная теплотехника” составляет:

- а) наружные стены – 3,2 м<sup>2</sup>·°C/Вт
- б) совмещенное покрытие – 6,0 м<sup>2</sup>·°C/Вт
- в) перекрытие над подвалом – по расчету, из условия обеспечения перепада между температурой пола и температурой воздуха помещений первого этажа не более 0,8 °C и отсутствия конденсата на внутренних поверхностях ограждающих конструкций
- г) заполнение световых проемов – 1,0 м<sup>2</sup>·°C/Вт

Нормативное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций в соответствии с изменением №1 к ТКП 45-2.04-43-2006 “Строительная теплотехника” (утвержденных с 1 июня 2009 года), действовавших на момент проектирования, составляет:

- а) наружные стены – 3,2 м<sup>2</sup>·°C/Вт
- б) совмещенное покрытие – 6,0 м<sup>2</sup>·°C/Вт
- в) перекрытие над подвалом – 2,5 м<sup>2</sup>·°C/Вт
- г) заполнение световых проемов – 1,0 м<sup>2</sup>·°C/Вт

Таким образом, теплотехнические характеристики запроектированных энергоэффективных домов соответствуют (а в отношении наружных стен и превышают их) нормативам действовавшим и на момент проектирования и в

настоящее время (расхождение в сопротивлении теплопередаче для перекрытия над подвалом, определенное по расчету, будет отличаться незначительно).

В соответствии с п. 6.14 изменений № 3 к СНБ 4.02.01-03 “Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха” (утвержденных с 1 января 2010 года), действующими в настоящее время, при проектировании отопления жилых зданий необходимо предусматривать регулирование и учет потребляемой теплоты каждым отдельным потребителем в здании (то есть каждой квартирой), а также зданием в целом. Для этого следует предусматривать устройство квартирных систем отопления с горизонтальной разводкой труб и установкой счетчика расхода теплоты (теплосчетчика) для каждой квартиры. в рассматриваемых энергоэффективных домах запроектированы квартирные системы отопления с горизонтальной разводкой труб, а поквартирный учет выполняется по счетчикам расхода газа.

В рассматриваемых энергоэффективных домах запроектирована приточно-вытяжная вентиляция с утилизацией тепла уходящего воздуха на основании мирового опыта проектирования энергоэффективных зданий и в соответствии с рекомендациями ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.».

В соответствии с п. 4.1 изменений № 4 к СНБ 4.02.01-03 “Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха” (утвержденных с 1 сентября 2010 года), действующими в настоящее время, удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий следует определять в соответствии с ТКП 45-2.04-196-2010 “Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения”. Для пятиэтажных энергоэффективных жилых домов с рекуперацией тепла он составляет 43 кВт·ч/м<sup>2</sup> для климатических условий Брестской области (таблица 2 изменений № 1 к ТКП 45-2.04-196-2010, утвержденные с 1 апреля 2013 года), а для запроектированных энергоэффективных домов – 38,1 и 39,45 кВт·ч/м<sup>2</sup>, что меньше нормативных показателей.

Таким образом, рассматриваемые энергоэффективные дома запроектированы с учетом всех требований, предъявляемых нормативными документами.

*Список использованных источников:*

1. Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 годы и на перспективу до 2020 года.

**Прокопеня О.Н., Олех А.Г., Прожишко О.Г.**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра АТПиП*

В соответствии с методическими рекомендациями по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий, утвержденными председателем Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь, использование регулируемых приводов насосов является одним из таких мероприятий. Однако экономия энергии обеспечивается только при соответствующем управлении приводами. Поэтому важное значение имеет правильный подход к



построению системы управления насосами с учетом особенностей конкретного технологического процесса [1, 2].

Гидравлическая сеть для насоса представляет собой «квадратичную» нагрузку, т.е. потери напора пропорциональны квадрату расхода. В то же время мощность, требуемая для привода насоса:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot h}{\eta}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность перекачиваемой жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $Q$  – подача насоса (расход), м<sup>3</sup>/с;  
 $h$  – напор, создаваемый насосом, м;  
 $\eta$  – КПД насоса.

Таким образом, при работе на «квадратичную» нагрузку потребляемая мощность пропорциональна подаче насоса в третьей степени, а количество потребленной энергии, как и объем перекачанной жидкости, пропорциональны времени работы насоса. Следовательно, энергия необходимая для перекачивания некоторого объема воды за определенное время минимальна, если насос работает непрерывно и с постоянной производительностью.

При неравномерном потреблении воды обеспечить такой режим можно только при наличии накопительной емкости. Однако при больших объемах и значительной неравномерности потребления объем емкости может быть очень большим, так что затраты на ее сооружение и обслуживание перекроют экономию электроэнергии приводом. К тому же в системах водоснабжения емкость должна устанавливаться на высоте, обеспечивающей необходимое давление у потребителя при максимальном отборе воды. Поэтому фактически насос всегда создает максимальный напор, т.е. потребляет мощность, соответствующую наибольшему расходу.

Отказ от накопительной емкости приводит к необходимости использования схемы с рециркуляцией и установки насосов с номинальной производительностью, соответствующей пиковому потреблению воды. При отсутствии регулирования производительности потребляемая энергия будет максимальна, т.к. привод все время будет работать с номинальной мощностью. КПД такой схемы будет невелик.

Очевидно, уменьшить энергозатраты на перекачивание воды можно за счет применения регулируемого привода насосов, работающих непосредственно на сеть. При уменьшении подачи снижаются потери в сети и создаваемый насосом напор. Соответственно, уменьшается потребляемая энергия.

На практике применяют несколько способов регулирования подачи. При ступенчатом регулировании используют несколько насосов одинаковой либо разной производительности, которые вводятся в действие по мере необходимости. Использование насосов разной производительности позволяет более точно согласовать их подачу с графиком потребления воды. Однако в обоих случаях полностью согласовать подачу насосов с потреблением, т.е. отказаться от рециркуляции, нельзя. К тому же реальный график потребления всегда будет отличаться от расчетного, поэтому в данных схемах обязательно должна быть предусмотрена рециркуляция.

Полный отказ от рециркуляции возможен только при использовании приводов с частотным регулированием, которые позволяют плавно и непрерывно изменять подачу насоса. В этом случае регулирование может осуществляться в функции давления в распределительной сети. Такая схема будет более эффективной, чем

схемы со ступенчатым регулированием, и в настоящее время находит наибольшее применение.

Следует отметить, что эффект уменьшения мощности при снижении подачи насоса будет несколько снижаться за счет падения коэффициента полезного действия (КПД). График зависимости КПД от подачи для центробежного насоса с номинальным расходом  $35 \text{ м}^3/\text{ч}$  приведен на рисунке 1. Приведенная зависимость является характерной для насосов данного типа. Поскольку с уменьшением подачи насоса его КПД может снижаться довольно существенно, это необходимо учитывать при расчете потребляемой приводом энергии.

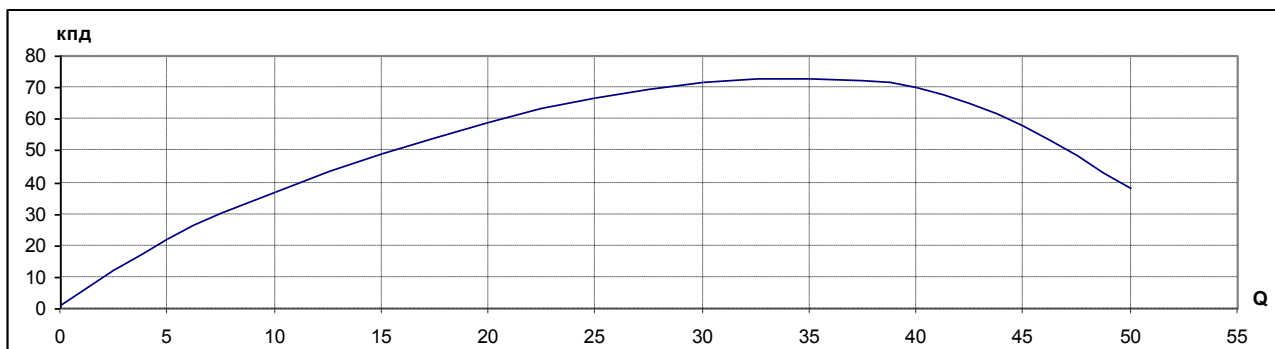


Рисунок 1 – График зависимости  $\eta(Q_n)$  насоса

Для сравнения энергоэффективности различных вариантов построения насосных станций системы водоснабжения были рассчитаны затраты электроэнергии на обеспечение водой населенного пункта, потребляющего  $845 \text{ м}^3$  воды в сутки, с использованием типового графика (рис. 2)

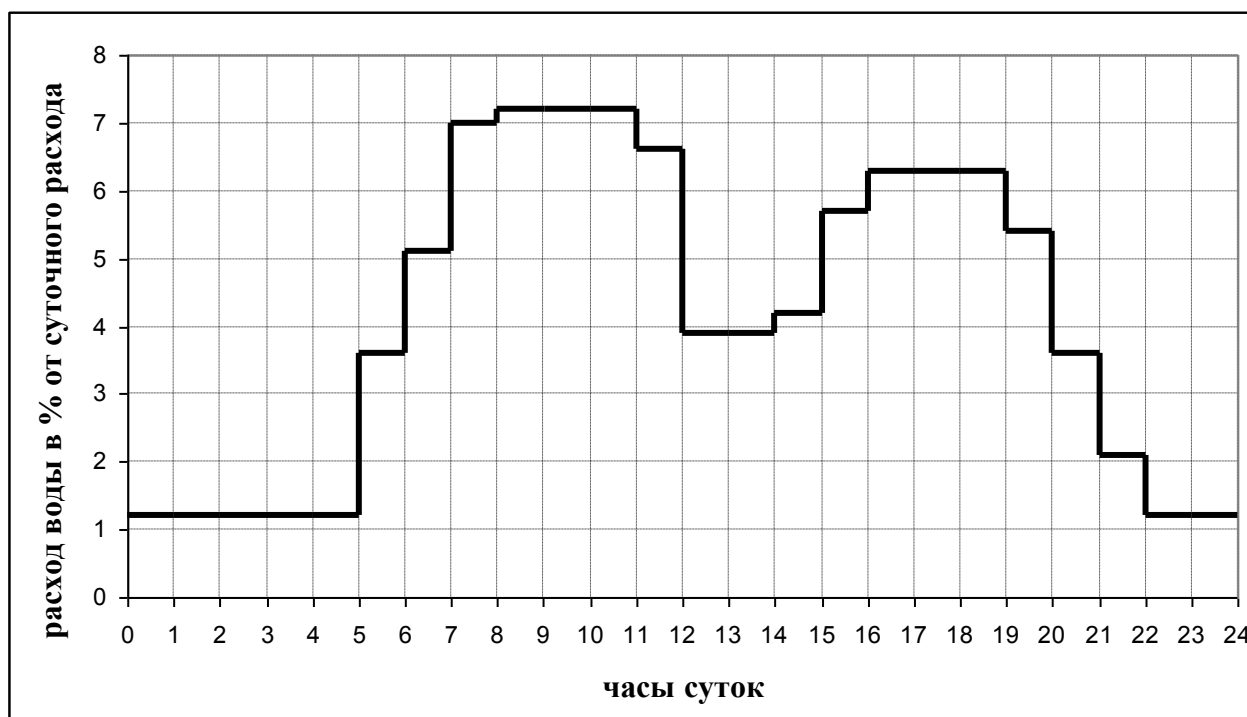


Рисунок 2 – Ступенчатый график водопотребления

В базовом варианте применялась схема с водонапорной башней. Максимальный напор, создаваемый насосами для обеспечения требуемого давления в

распределительной сети,  $h_{\max} = 30$  м. Напор в  $i$ -ый час суток для схемы с регулируемой подачей

$$h_i = h_{\max} \left( \frac{Q_i}{Q_{\max}} \right)^2 \quad (2)$$

Соответствующая мощность насосов определялась по (1) с учетом зависимости КПД от подачи. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Затраты электроэнергии на водоснабжение.

Тип насосной станции	Суточное потребление электроэнергии, кВт·ч
С водонапорной башней	94,6
С тремя насосами одинаковой производительности	78,1
С тремя насосами различной производительности	72,1
С регулируемой подачей насоса	64,1

Таким образом, схема с регулируемой подачей насоса экономичнее базового варианта на 32% и экономичнее схемы со ступенчатым управлением насосами разной производительности на 11%.

При использовании регулируемых насосов на канализационных насосных станциях (рис. 3) эффект экономии электроэнергии может быть даже несколько выше. В этом случае работа насосов, перекачивающих стоки из приемного резервуара (ПР) в напорный коллектор (НК), осуществляется на «квадратичную нагрузку», а емкость ПР не создает дополнительного напора для насоса.

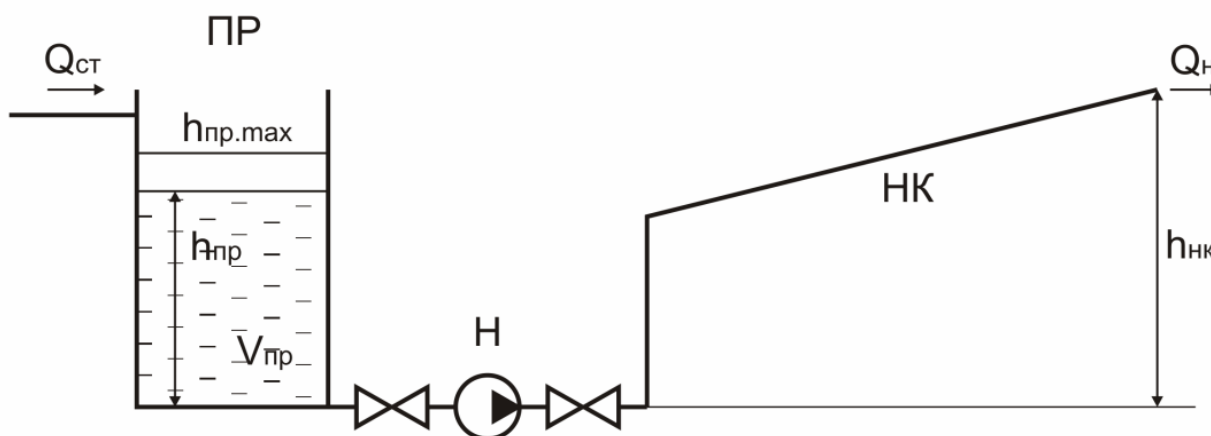


Рисунок 3 – Схема канализационной насосной станции

С увеличением уровня стоков  $h_{\text{пр}}$  требуемый напор насоса снижается. Очевидно, что поступление сточных вод  $Q_{\text{ст}}$  примерно соответствует графику потребления воды (рис. 2), т.е. является неравномерным. Расход на выходе коллектора  $Q_{\text{н}}$  должен соответствовать  $Q_{\text{ст}}$  в среднем за сутки. При этом емкость ПР оказывает сглаживающий эффект и позволяет обеспечить более равномерную подачу насоса, и соответственно, его работу с большим КПД. Оптимальная величина емкости  $V_{\text{пр}}$  должна определяться с учетом затрат на сооружение и дополнительного снижения расхода электроэнергии вследствие работы насосов в более экономичном режиме.

*Список использованных источников:*

1. Козлов М., Чистяков А. Эффективность внедрения систем с частотно-регулируемыми электроприводами// Современные технологии автоматизации. – 2001. – №1. – 38-45 С.
2. Козлов А. Эффективность применения частотно-регулируемого электропривода на канализационных насосных станциях// Современные технологии автоматизации. – 2005. – №3. – 82-85 С.

**Харичкова Л.В.**

### **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА МЕКСИКИ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

*БрГУ имени Пушкина, к.и.н., доцент кафедры всеобщей истории*

В условиях текущей волатильности цен на нефть и геополитической напряженности возрастает роль диверсификации источников энергии как способа повышения энергетической безопасности. С 2004 г. в мире растет спрос на возобновляемые источники энергии (ВИЭ). В 2015 г., по данным Блумберг Нью Энерджи Файненс (Bloomberg New Energy Finance – BNEF), опубликованным 14 января 2016 г., в ВИЭ была инвестирована рекордная сумма (328,9 млрд. долл.). Это более чем в пять раз превышает сумму инвестиций 2004 г. (61,9 млрд. долл.) [5]. Показательно, что рост инвестиций произошел на фоне падения цен на основные виды ископаемого топлива. Данное обстоятельство свидетельствует о растущей значимости и конкурентоспособности возобновляемых технологий.

Статус крупнейшего рынка возобновляемых источников энергии сохранил Китай. В 2015 г. инвестиции в страну выросли на 17% до 110,5 млрд. долл. Это почти вдвое превышает показатель США, которые оказались на втором месте – их инвестиции составили 56 млрд. долл. Десятки миллиардов долларов были вложены в новые, перспективные рынки производства экологически чистой энергии, в число которых вошла и Мексика [5].

В текущем столетии страна демонстрирует хорошие экономические показатели. Наряду с Бразилией и Аргентиной она входит в тройку наиболее развитых государств Латинской Америки. По размерам ВВП (1,2 трлн. долл. в 2012 г.) Мексика уступает в Латинской Америке лишь Бразилии. По объему внешней торговли страна вышла на 16-е место в мире. Основная доля мексиканского экспорта приходится на продукцию обрабатывающей промышленности (81% в 2012 г.) [13]. По прогнозам, производство электроэнергии в Мексике будет расти в среднем на 3,2% в год вплоть до 2035 г. [9].

Стремясь удовлетворить спрос на электроэнергию, а также выполнить взятые на себя обязательства сократить к 2030 г. по сравнению с 2013 г. выбросы парниковых газов на 22%, правительство Мексики активно стимулирует развитие возобновляемой энергетики [14].

Производство электроэнергии за счет использования ВИЭ в основном приходится на гидроэнергетику. Установленная мощность электростанций Мексики выросла с 30.78 млн. кВт в 1992 г. до 62.00 млн. кВт в 2010 г., что вывело Мексику по данному показателю на 14-е место в мире [12]. В 2011 г. 73% производства

электроэнергии за счет использования ВИЭ приходилось на гидроэнергетику [9], общий потенциал которой оценивался в 5,3 ГВт. В 2012 г. вступила в действие электростанция «Ла Йеска» (La Yesca) мощностью 750 МВт. На момент введения в строй ГЭС «Ла Йеска» обладала самой высокой (220 м) в мире насыпной плотиной с бетонным покрытием. В ее создании участвовала российская компания «Силовые машины», поставившая для новой гидроэлектростанции 2 гидротурбины мощностью 375 МВт каждая, 2 гидрогенератора, а также вспомогательное оборудование и выполнившая работы по монтажу оборудования машинного зала на условиях «под ключ». «Ла Йеска» является частью гидроэнергетического каскада на реке Рио-Гранде-де-Сантьяго на границе штатов Халиско и Наярит. Для двух ранее построенных станций этого каскада – ГЭС «Агуамильпа» мощностью 975 МВт и ГЭС «Эль Кахон» мощностью 750 МВт – основное энергетическое оборудование также поставили «Силовые машины». В настоящее время ведется строительство еще одной электростанции мощностью 900 МВт La Parota (Ла Парота), завершение которого намечено не ранее чем на 2018 г. [9; 10].

В 2012 г. Мексика вышла на четвертое место в мире после США (3086 МВт), Филиппин (1904 МВт) и Индонезии (1197 МВт) по установленной электрической мощности ГеоЭС (958 МВт – на 2010 г.; 960 МВт – на 2011 г.) [1, с. 102–103]. Разведанные запасы геотермальной энергии оцениваются в 1,3 ГВт, а еще около 4,5 ГВт предполагаемых запасов. Однако развитие производства данного вида энергии идет весьма медленно в виду больших затрат на инфраструктуру и специализированное оборудование, необходимое для бурения колодцев в вулканической породе при крайне высоких температурах [11].

В последние годы правительство Мексики активно развивает ветровую и солнечную энергетику.

Общий потенциал ветроэнергии страны оценивается более чем в 40 ГВт [11]. Если в 2004 г. ветряными электростанциями Мексики было произведено всего 2 МВт электроэнергии, то в 2011 г. уже 873 МВт. В 2012 г. в стране были введены в эксплуатацию новые ветротурбины мощностью 419 МВт. Темп роста ветроэнергетического рынка Мексики в 2012 г. составил 45%. Это позволило Мексике, наряду с Румынией, пополнить ряды членов «Гигаватт клуба». По итогам 2012 г., общая установленная мощность всех ветростанций в 24 его странах-участницах превысила 1 ГВт [15].

В 2014 г. по установленной мощности ветровых электростанций Мексика заняла 20-е место в мире [2, с. 21]. По прогнозам, к 2033 г. энергия ветра должна стать важнейшим сектором в энергетической отрасли страны и основным источником крупномасштабного использования ВИЭ, превысив гидроэлектростанции. Ежегодные инвестиции, как ожидается, составят 2 млрд. долл. в течение последующих 25 лет. Для инвесторов энергия ветра в Мексике является привлекательной из-за ее низкой стоимости. Так, стоимость одного мегаватта в час от ветрогенераторов может выйти на уровень 46 долларов за 1 МВт к 2040 г., по сравнению с сегодняшней стоимостью 75 долларов, которая сравнима со стоимостью электроэнергии, вырабатываемой на природном газе [4].

Хорошие перспективы имеет в Мексике рынок солнечной энергии. Страна входит в пятерку стран мира по количеству территорий с сильным воздействием солнечного излучения: в течение года страна получает примерно 400 ТВт солнечного излучения. Национальная ассоциация солнечной энергии Мексики (НАСЭ) заявила, что у страны есть потенциал для полного обеспечения населения электроэнергией, полученной из солнечной энергии.

О стремительном развитии рынка солнечной энергии свидетельствует тот факт, что с 2010 г. по 2011 г. инвестиции в фотоэлектрические установки выросли на 150%, с 20 до 50 млн. долл. [7]. Правда, первый масштабный проект в Мексике в сфере солнечной энергетики был реализован только в 2014 г. В марте этого года в штате Южная Нижняя Калифорния была введена в эксплуатацию солнечная электростанция Aura Solar I мощностью 39 МВт. Энергии, вырабатываемой на ней, хватит для обеспечения 164.000 человек, проживающих на данной территории. Еще один немаловажный факт – солнечная электростанция заменит местную ТЭЦ, которая в течение многих лет оказывала негативное влияние на состояние окружающей среды [8]. В 2015 г. количество солнечных электростанций в Мексике увеличилось на 67%. На сегодняшний день солнечная энергетика дает 260 МВт электроэнергии и занимает 0,4% энергосистемы страны по этому показателю. В 2016 г. Мексика инвестирует 900 млн. долл. в проекты солнечной энергетики, что обеспечит суммарную выработку 600 МВт электроэнергии, сообщила Национальная ассоциация солнечной энергетики Мексики (НАСЭ). По уровню генерации солнечной энергии Мексика в 2016–2017 гг. может выйти в мировые лидеры, указывают в НАСЭ [3].

Увеличение доли ВИЭ в структуре генерации страны, наблюдаемое в последние годы, обусловлено пристальным вниманием к развитию возобновляемой энергетики со стороны государства, которое активно привлекает в этот сегмент энергетической отрасли частный капитал, в том числе и иностранных инвесторов. Успешно действуют на мексиканском рынке возобновляемых источников энергии испанские (Iberdrola), итальянские (Enel Green Power), китайские (Envision) компании. Это должно позволить увеличить производство электричества в Мексике за счет ВИЭ с 26% в 2015 г. до 35% в 2024 году. Таким образом, возобновляемые источники энергии становятся все более важным компонентом общей структуры генерирующих мощностей Мексики.

*Список использованных источников:*

1. Алхасов, А. Возобновляемая энергетика / А. Алхасов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 256 с.
2. Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы // Материалы IV Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы» и VIII Школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э.Э. Шпильрайна. – ТОМ 1. 21–24 сентября 2015 г. / Под ред. д.т.н. А.Б. Алхасова – Махачкала: ИП Овчинников (АЛЕФ), 2015. – 371 с.
3. В 2016 г. Мексика инвестирует 900 млн. долл. в солнечную энергетику [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://m.rns.online/energy/V-2016-Meksika-investiruet-900-mln-v-solnechnuyu-energetiku-news-2015-12-16/>. – Дата доступа: 16.12.2015.
4. Из-за низкой стоимости ветроэнергетика в Мексике является все более привлекательной [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://myelectro.com.ua/340-iz-za-nizkoj-stoimosti-vetroenergetika-v-meksike-yavlyaetsya-vse-bolee-privlekatelnoj>. – Дата доступа : 28.06.2015.
5. Инвестиции в «чистую» энергетику [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://oilreview.kiev.ua/2016/02/06/investicii-v-chistuyu-energetiku/>. – Дата доступа : 06.02.2016.
6. Мексика намерена привлечь 15 млрд. долл. инвестиций в электроэнергетику [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electrovesti.net/44195meksika-namerena-privlech-15-mlrd-doll-investitsiv-v-electroenergetiku> – Д. д.: 22.01.2016.

7. Мексика удваивает свои инвестиции и мощность солнечной энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zeleneet.com/meksika-udvaivaet-svoi-investicii-i-moshhnosti-solnechnoj-energetiki/1953>
8. Новости. Обзор СМИ. Мексика. Электроэнергетика № 1055969, № 1055914.
9. Перспективы развития мировой электроэнергетики до 2035 г. // «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение». – 2011. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ruscable.ru/print.html?p=/article/Perspektivy\\_razvitiya\\_mirovoj\\_elektroenergetiki/](http://www.ruscable.ru/print.html?p=/article/Perspektivy_razvitiya_mirovoj_elektroenergetiki/)
10. «Силовые машины» успешно завершили проект в Мексике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdelanounas.ru/blogs/55771/> – Дата доступа: 05.12.2014.
11. ТЭК Мексики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [file:///C:/Users/User/Downloads/Mexico%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Mexico%20(5).pdf).
12. Установленная мощность электростанций регионов и стран мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eeseaec.org/contact-us/obsie-obemnye-tehniko-ekonomiceskie-pokazateli/rr-3-1>
13. Холодков, Н. Возможен ли прорыв в развитии экономических отношений России с Мексикой? / Н. Холодков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://russiancouncil.ru/inner/?id\\_4=2664#top-content](http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=2664#top-content). – Дата доступа: 11.11.2013.
14. Что ждет мировой климат [Электронный ресурс]. – <http://newrussianmarkets.com/obshhestvo/chto-jdet-mirovoi-klimat.html/> - Дата доступа: 31.10.2015.
15. The World Wind Energy Association. 2012. Annual Report [Электронный ресурс]. – Р. д.: [http://wwindea.org/webimages/WorldWindEnergyReport2012\\_russian.pdf](http://wwindea.org/webimages/WorldWindEnergyReport2012_russian.pdf).

**Сальникова С.Р.**

## **СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ – НЕТРАДИЦИОННЫЙ ЭНЕРГОРЕСУРС**

*Брестский государственный технический университет, ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

Несмотря на активное развитие альтернативной энергетики, сжигание углеводородов пока остаётся наиболее эффективным способом получения энергии. Большая часть добываемого в настоящее время природного газа залегают в крупных пустотах и трещинах пористых горных пород – песчаников, известняков, доломитов, или в газовых шапках над нефтяными месторождениями, либо в растворённом виде в нефти. В поисках источников сырья энергетики обратили внимание на сланцевый газ. Сланцевый газ – такой же природный газ, но залегают в мелких трещинах и порах сланцевых пород. В этих породах концентрация газа в единице объёма ниже.

Так что же такое сланцевый газ?

Сланцевый газ – это разновидность природного газа, хранящегося в толще сланцевого слоя осадочной породы, состоит преимущественно из метана, углекислого газа, аммиака и сероводорода. Сланцы – горные породы, с параллельным (слоистым) расположением низкотемпературных минералов, входящих в их состав. Сланцы характеризуются сланцеватостью – способностью легко расщепляться на отдельные пластины. Запасы отдельных сланцевых газовых коллекторов невелики, но в совокупности их достаточно для организации промышленной добычи. Сланцевые

залежи встречаются на всех континентах, что теоретически предполагает обеспечение необходимыми энергоресурсами любой страны, в том числе энергос зависимой.

Как же все-таки добывается этот источник топлива и чем технология его добычи отличается от традиционного газа?

Главное отличие — особенности его залегания. Традиционный газ добывается из пористых коллекторов, глубина залегания которых колеблется от 700 до 4000 метров. Из-за большого количества пор коллекторы имеют высокую проницаемость (около 25%) и голубое топливо легко выкачивать после того, как скважина будет пробурена. Сланцевый газ в свою очередь залегает на глубине от 2500 до 5000 метров в породах с низкой пористостью (3–4%), поэтому его разведка обходится гораздо дороже, а технология добычи намного сложнее.

Разведка сланцевого газа происходит следующим образом:

- в предполагаемом районе его залегания бурится скважина, в которой производится гидроразрыв;
- полученный газ анализируется, и на основании результатов анализа определяются оборудование и технология, которые необходимо будет применять для его добычи;
- продуктивность скважин определяется опытным путем, а не при помощи точных гидродинамических исследований, как при добыче обычного природного газа.

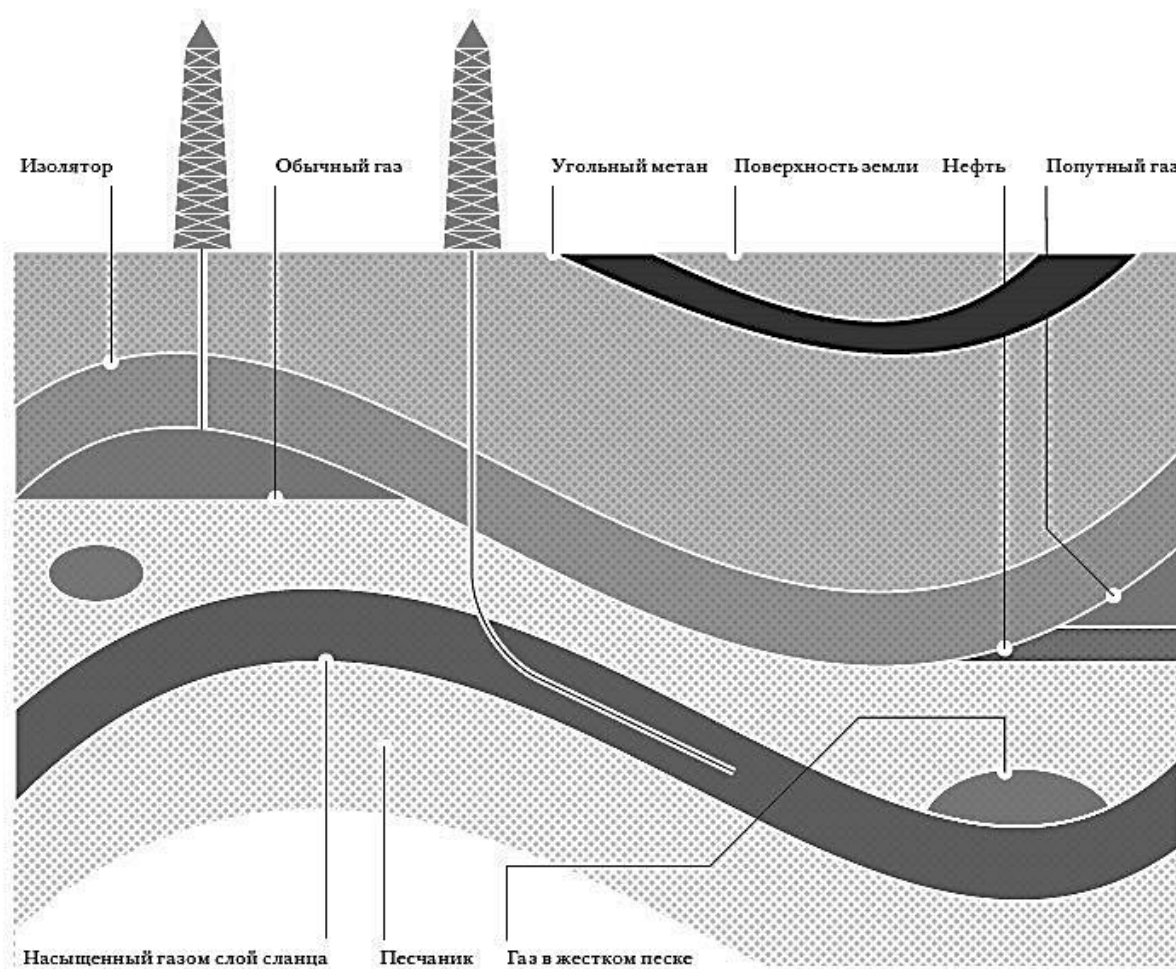


Рис. 1. Добыча сланцевого газа в сравнении с традиционными видами топлива



Особенностью добычи сланцевого газа является технология горизонтального бурения. Ее суть заключается в том, что после того, как была пробурена одна вертикальная скважина до глубины залежей сланцевого газа, бур начинает идти горизонтально.

Однако существует множество нюансов, которые необходимо соблюдать при бурении, например, необходимо следить, чтобы уровень наклона бура соответствовал углу наклона сланцевого пласта и т.д. Горизонтальная длина скважины может достигать 12 километров.

Добывающие компании вынуждены применять такую технологию, так как газ залегает на значительной глубине в изолированных карманах в очень небольших объемах. Срок эксплуатации скважин невелик — от 5 до 12 лет (срок эксплуатации скважины природного газа — от 30 до 50 лет).

В пробуренную скважину устанавливаются стальные трубы в несколько слоев. В пространство между ними и почвой заливается цемент, чтобы изолировать газ и жидкости для гидроразрыва пласта от пластов почвы, в которых содержится вода.

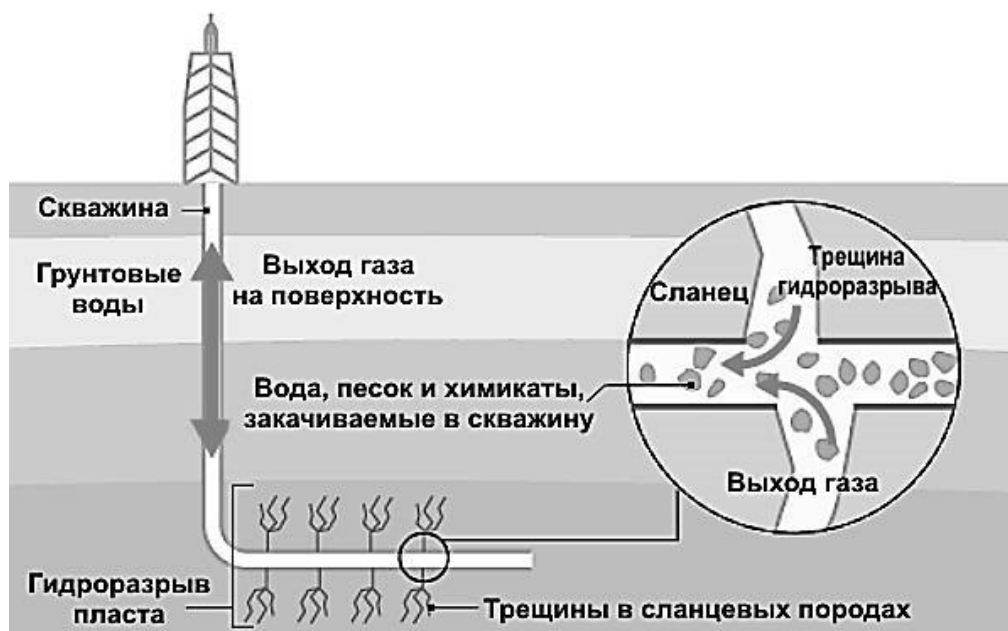


Рис. 2. Схема добычи сланцевого газа.

Поскольку сланцевый газ залегает в породе, имеющей низкую пористость, извлекать его традиционными методами невозможно. Именно поэтому для добычи сланцевого газа активно применяется технология гидравлического разрыва пласта (фрекинга). По трубам к залежам газа закачивается вода, химические реагенты (ингибиторы коррозии, загустители, кислоты, биоциды и множество других химических элементов, общее число которых может достигать до 90 наименований) и специальные гранулы диаметром 0,5–1,5 миллиметра, которые могут состоять из керамики, стали, пластика или песчинок. Вся эта смесь создает химическую реакцию, которая и приводит к гидроразрыву. В результате в породе, которая содержит газ, образуется множество мелких трещин, в которых застревают гранулы, чтобы трещины уже не могли сойтись. Затем вода откачивается назад (она фильтруется и повторно используется для нового ГРП), а сланцевый газ, благодаря перепаду давления, выкачивается через трубы на поверхность.

Однако добыча сланцевого газа сопряжена со следующими трудностями:

1. Высокая стоимость геологоразведочных работ.

2. Объемы месторождений сланцевого газа нередко превышаются заинтересованными организациями.
3. Большая глубина бурения скважин, их низкий дебит и связанная с этим высокая стоимость добычи сланцевого газа.
4. Серьезная экологическая угроза.

Экологический вред от гидроразрыва можно свести к минимуму при помощи применения технологии пропанового фрекинга. От обычного гидроразрыва она отличается тем, что вместо воды и химикатов к местам залежей сланцевого газа закачивается пропан, который, в отличие от традиционных жидкостей для ГРП, не оседает в почве после гидроразрыва, а полностью испаряется, поэтому загрязнять землю или воду он никак не может.

У пропанового фрекинга есть и существенный минус. Применение этого метода обходится в полтора раза дороже обычного гидроразрыва. Поэтому использовать подобную технологию можно только на месторождениях, имеющих высокую рентабельность.

Доставлять сланцевый газ обычными способами до конечных потребителей невозможно, так как стандартные газопроводы рассчитаны на давление в 5,5-7,5 МПа. В сланцевом газе этот показатель гораздо ниже из-за повышенного содержания аммиака, сероводорода, азота и углекислого газа и при прокачке его через газопроводы для природного газа может произойти взрыв.

Существует два решения проблемы транспортировки: строить заводы по очистке, что позволит сделать состав сланцевого газа приближенным к природному и затем доставлять его по уже существующим газопроводам, или создавать отдельную инфраструктуру для транспортировки сланцевого газа.

*Список использованных источников:*

1. Якунин, А. Как добывают сланцевый газ. [Электронный ресурс] / А. Якунин // Пронедра.ру. – 08.12.2014 – Режим доступа: <http://pronedra.ru/gas/2014/12/08/kak-dobyvayut-slantsevyy-gaz>. Дата доступа: 27.02.2016.
2. Малыгин, С. Сланцевый газ, как альтернатива природному. [Электронный ресурс] / С. Малыгин // Проза.ру. – 2014 – Режим доступа: <https://www.proza.ru/2014/04/25/1528>. Дата доступа: 25.02.2016.

**Тур Э.А., Халецкий В.А.**

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ АКРИЛОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОКРАСКИ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра инженерной экологии и химии*

Одним из популярных природных строительных материалов является древесина. Доступная цена, лёгкость в обработке, высокие тепло- и звукоизоляционные свойства обеспечивают древесине достойное место среди перспективных экологичных строительных материалов. В силу большого многообразия пород, древесину используют для отделки интерьеров, для наружной обшивки зданий, как конструкционный материал, а также для изготовления

столярных изделий (окон, дверей, столешниц и т.д.). Достаточно большие объёмы древесины используются для опор линий электропередач, шпал, шахтной крепи.

Наряду с рядом достоинств, древесина, как строительный материал, имеет серьёзные недостатки — склонность к биологическому разрушению (синеве, плесени, гниению, поражению древоокрашивающими и древоразрушающими грибами и насекомыми) и к возгоранию. Эти недостатки ограничивают применение этого ценного материала в строительстве. С помощью правильной защиты можно придать поверхности древесины устойчивость к атмосферным воздействиям, увеличить срок службы изделия или конструкции.

В зависимости от целевого назначения, материалы для защиты древесины, применяемые в строительстве, принято разделять на инсектицидные, биозащитные (антисептики), огнезащитные (антипирены), влагозащитные препараты и защитно-декоративные лакокрасочные материалы.

С точки зрения декоративных свойств, лакокрасочные материалы (ЛКМ) для древесины можно разделить на две основные группы: выявляющие текстуру древесины (лаки, лазури, морилки) и укрывающие (эмали, краски). Сформированное лакокрасочное покрытие (ЛКП) должно обеспечивать биологическую защиту, быть проницаемым для водяных паров и одновременно герметичным по отношению к капельной влаге, долговечным, устойчивым к воздействию ультрафиолетового (УФ) излучения [2]. До недавнего времени алкидные ЛКМ были одними из самых распространённых укрывающих материалов для защитно-декоративной окраски столярных изделий. Однако в последние годы на рынок вышли водно-дисперсионные ЛКМ.

Целью данной разработки являлось создание экологичного, не содержащего органических растворителей и сиккативов, атмосферо- и водостойкого, паропроницаемого, энергосберегающего и технологичного с точки зрения промышленного нанесения и без склонности к слипанию при складировании ЛКП для окраски столярных изделий.

Известно, что природа плёнкообразователя на 90% определяет основные свойства ЛКП на его основе [3]. Исходя из анализа плёнкообразователей различных типов, для создания нового ЛКМ был выбран акриловый сополимер, полученный методом эмульсионной сополимеризации бутилакрилата и метилметакрилата. Технические характеристики плёнкообразователя приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики плёнкообразователя

Наименование показателя	Величина показателя
Массовая доля нелетучих веществ, %	50
Минимальная температура плёнкообразования (МТП), 0°С	0
Температура стеклования, 0°С	-17/105
рН	7 - 8
Размер частиц, мкм	0,1
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,05
Прочность плёнки при растяжении (толщина плёнки 250 мкм, скорость растяжения 50 мм/мин), МПа	5-6
Удлинение при разрыве (толщина плёнки 250 мкм, скорость растяжения 50 мм/мин), %	330
Тип дисперсии	анионная

Так как ЛКП должно быть достаточно эластичным и одновременно твёрдым, и устойчивым к царапинам, данный полимер с его прочностью при растяжении идеально подходил для разрабатываемой рецептуры ЛКМ. Кроме того, МТП = 0°С в

соотношении с подобранными в процессе промышленного нанесения коалесцирующими добавками обеспечила оптимальное формирование плёнки ЛКП в соответствии с параметрами энергосберегающего технологического процесса сушки окрашенных столярных изделий (1 ч при температуре 50°C в сушильной камере).

Результатом подбора коалесцентоов и других функциональных добавок явилась достигнутая возможность складирования высушенных окрашенных изделий без их последующего слипания и нарушения целостности ЛКП.

В качестве пигмента в рецептуру ЛКМ включен диоксид титана рутильной формы, полученный хлоридным способом. Присутствие данного пигмента обеспечивает не только высокую белизну, но и укрывистость ЛКП. В качестве наполнителей для повышения твёрдости и укрывистости подобрана композиция из мелкодисперсного талька и сульфата бария. Так как акриловые дисперсии склонны к пенообразованию, в рецептуру ЛКМ введена композиция из двух пеногасителей и функциональной добавки, удаляющей пузырьки пены в массе ЛКМ на стадии его изготовления. В составе ЛКМ содержится также гидрофобизирующая добавка – парафиновый воск, не только снижающая водостойкость, но и придающая ЛКП некоторую матовость без введения матирующей добавки.

Для обеспечения биозащиты ЛКМ в таре и отвержденного ЛКП использованы: тарный консервант и биоцид фенольного типа. Данные биоцидные добавки являются низкотоксичными, нерастворимыми в воде, светостойкими, экономичными, не имеют запаха и совместимы с другими компонентами [4]. Для достижения сопротивления слипанию окрашенных изделий при складировании и увеличению гладкости поверхности ЛКП в состав композиции введена функциональная добавка, содержащая силикон. Кроме того, в рецептуре присутствует структурирующая тиксотропная добавка – акриловый ассоциативный загуститель, работающий в определённом диапазоне рН. Оптимизированная рецептура водно-дисперсионного ЛКМ приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимизированная рецептура водно-дисперсионного ЛКМ

Наименование компонента	Содержание компонента, масс. %
Акриловый сополимер	50,00
Диспергатор (неионогенное ПАВ)	0,30
Композиция гидрофобных полисилоксановых пеногасителей и деаэратора	1,50
Гидрофобизирующая добавка	0,50
Функциональная добавка против слипания поверхностей	0,40
Композиция биоцидов	0,50
Пропиленгликоль (коалесцент)	5,00
Бутилгликоль (коалесцент)	1,50
Тексанол (коалесцент)	2,00
Диоксид титана рутильной формы	18,00
Тальк	6,00
Сульфат бария	4,00
Акриловый загуститель	2,00
Регулятор рН – аммиак водный технический 25%-ный	0,12
Вода	8,18

Испытания ЛКМ и ЛКП проводились по стандартным методикам [5]. Основные показатели ЛКП на основе разработанной композиции приведены в таблице 3.

Анализируя результаты испытаний ЛКП, следует отметить его низкое водопоглощение (0,2%), высокую адгезию к древесине (2,0 МПа), укрывистость, устойчивость к воздействию переменных температур, а также технологичность (степень перетира - 15 мкм, время высыхания до степени 5 при температуре (50±2)°С - 1 ч), являющуюся важнейшим фактором, влияющим на разработку рецептур красок, предназначенных для промышленного нанесения.

Таблица 3 – Основные показатели ЛКП

Наименование показателя	Величина показателя
Внешний вид плёнки	Ровная и однородная матовая поверхность
Массовая доля нелетучих веществ, %	56,0
Вязкость по ВЗ-246 с соплом Ø4 мм при температуре (20±2)°С, с	105-115
Время высыхания до степени 5 при температуре (50±2)°С, ч	1
Степень перетира, мкм	15
Укрывистость высушенной пленки (норма – не более 220), г/м <sup>2</sup>	160
pH	8-9
Адгезия покрытия к основанию (норма – не менее 1), МПа	2,0
Водопоглощение (через 24 ч) при температуре (20±2)°С, %	0,2
Условная светостойкость покрытия (изменение коэффициента диффузного отражения) после 24 ч облучения ртутно-кварцевой лампой (норма – не более 5,0), %	0,8
Морозостойкость покрытия, циклов	более 50
Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па, не менее	0,005
Устойчивость к воздействию переменных температур, циклов	более 10

В результате проектирования составов композиций, лабораторных исследований и промышленных испытаний в заводских условиях, разработана энергосберегающая (обеспечивающая оптимальные условия промышленной сушки), экологически полноценная рецептура ЛКМ для столярных изделий, не содержащая органических растворителей, сиккативов, токсичных компонентов, отличающаяся своей технологичностью. ЛКП, сформированное на основе разработанной композиции, характеризуется светостойкостью, низким водопоглощением и высокой адгезией к древесине.

*Список использованных источников:*

1. Баенкевич, В.В. Защита древесины / В.В. Баенкевич, С.А. Максименко // Промышленная окраска. – 2004. - № 5. – С. 8-9.
2. Гербер, В.Д. Защита древесины / В.Д. Гербер // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2001. № 2-3. – С. 50-55.
3. Охрименко, И.С. Химия и технология плёнообразующих веществ / И.С. Охрименко, В.В. Верхоланцев. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.
4. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
5. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988.-272 с.

**Самосевич В.А.**

## **ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЕЛАРУСИ**

*Брестский государственный технический университет, ст. преподаватель  
кафедры социально-политических и исторических наук*

В современном мире энергетическая безопасность для многих стран мира выдвигается в числе наиболее острых. Энергетическая безопасность по определению Мирового Энергетического Совета это наличие энергии в том количестве и того качества, которые необходимы при определённых экономических условиях. В Концепции энергетической безопасности Беларуси энергетическая безопасность это «состояние топливно-энергетического комплекса страны, которое определяет способность данного комплекса на основе эффективного использования внутренних и внешних резервов обеспечивать надёжное энергоснабжение субъектов хозяйственной деятельности и населения без ущерба для энергетической безопасности страны». Беларусь обладает некоторыми топливно-энергетическими ресурсами: ежегодно добывается нефти – 1,8 млн.тонн, попутного газа – 250 млн.куб., торфа – 2,7 млн.тонн и леса, занимающие площадь около 40% территории страны [1]. Но этого явно недостаточно.

Перечислим основные факторы ослабляющие энергетическую безопасность страны:

1. Низкая обеспеченность собственными топливно-энергетическими ресурсами (85% импортируется, из России – до 98%).
2. Высокая доля природного газа и импортируемых ресурсов – 95%.
3. Высокая энергоёмкость экономики.
4. Высокая степень износа основных производственных фондов в топливно-энергетическом комплексе.
5. Большие затраты на импортируемые энергоресурсы.
6. Нестабильная обстановка около границ Беларуси.
7. Недостаточная политика энергосбережения.
8. Не стимулируется развитие и потребление местных и возобновляемых источников энергии.
9. Низкая обеспеченность гидроэнергетическими ресурсами.

Что порождает следующие проблемы энергетической безопасности страны:

1. Сложное финансовое положение топливно-энергетического комплекса.
2. Несовершенство финансовой, ценовой и налоговой политики в отраслях топливно-энергетического комплекса.
3. Низкая эффективность инфраструктуры топливно-энергетического комплекса.
4. Дефицит инвестиций в энергетику.
5. Несбалансированность структуры генерируемых мощностей.
6. Низкая производительность труда в отрасли.
7. Несовершенство законодательной базы.

Для решения этих проблем развивается энергетический сектор экономики по таким направлениям, как строительство Белорусской АЭС в г.Островце; расширение базы хранения топливно-энергетических ресурсов, возможное строительство терминала природного газа по его разжижению; строительство гидроэлектростанций

на Западной Двине, растёт использование местных источников энергии, развивается использование возобновляемых источников энергии.

На что ещё следует обратить внимание:

- оптимизацию экономических и организационных механизмов стимулирования энергосбережения, привлечение инвестиций;
- совершенствование системы учёта и контроля энергосбережения;
- повышение уровня энергоэффективности методами стандартизации;
- внедрение новейших научных достижений в области энергосбережения и энергоэффективных технологий [2];
- совершенствование систем учёта и контроля энергоресурсов и энергопотребления, в том числе охват потребителей электрической энергии «умными» счётчиками, поквартирная установка теплосчётчиков на объектах нового строительства;
- поэтапный переход на энергоэффективное строительство и тепловая модернизация существующих зданий;
- создание привлекательных возможностей для частного сектора;
- эффективное использование имеющихся ресурсов.

Таким образом, приоритетом энергетической политики Беларуси является стремление решить проблемы энергетической безопасности и уменьшить зависимость от импорта энергии.

Выводы:

1. Надёжное обеспечение устойчивого энергоснабжения национальной экономики возможно при модернизации энергосистемы страны на основе современных энергоэффективных технологий и оборудования.
2. Необходима дальнейшая диверсификация видов топлива и поставщиков энергоресурсов в энергетическом балансе страны.
3. Надо максимально использовать местные и возобновляемые источники энергии.
4. Настойчиво продолжить политику эффективного использования топливно-энергетических ресурсов и энергосбережение.

*Список используемых источников:*

1. <http://by.eefi.info>
2. С.Ткачѳв, В.Тимошпольский «Стратегия развития национальной энергетики», «Наука и инновации», [http://www.innosfera.by/energy\\_strategy](http://www.innosfera.by/energy_strategy)

**Юськович Г.И., Юськович В.И., Томашев И.Г., Веремейчик А.И.**

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАЙНОМ ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИИ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства, кафедра сопротивления материалов и теоретической механики*

Специалистам в области строительства известно, что одним из эффективных путей ускорения строительства и снижения его себестоимости является применение

свайных фундаментов. Практика оказывает, что свайные технологии позволяют сократить объем земляных работ на 75–95%, бетонных - на 30–55%, а трудоемкость работ нулевого цикла — в 1,5–2 раза, что снижает стоимость фундаментов до 25%. Кроме того, применение свайных фундаментов является большим резервом для повышения производительности труда в 1,5–2 раза и, в конечном итоге, для сокращения общих сроков строительства [1]. При этом в существенном повышении уровня механизации технологических процессов свайного фундаментостроения нуждаются и новейшие, прогрессивные технологии устройства свайных фундаментов.

На сегодняшний день в свайном фундаментостроении четко обозначились несколько направлений, предусматривающих повышение производительности труда и снижение потребления энерго- и трудовых ресурсов. Важнейшим можно назвать следующее: безударно и бесшумно, с тенденцией плавного увеличения усилия и непрерывного контроля несущей способности вдавливать железобетонные сваи всех типоразмеров промышленного изготовления во все несущие грунты, что можно достигнуть и путем использования различного рода обмазок.

Например, при участии Российской инженерной академии разработан комплекс оборудования для свайного фундаментостроения, обеспечивающий полномасштабное техническое оснащение новейших технологий свайного фундаментостроения [1]. Комплекс включает в себя комплект модельного ряда безударно погружаемых инъекционных устройств для изготовления железобетонных набивных свай всех типоразмеров без выемки земли, а также комплект модельного ряда универсальных вдавливающих устройств для безударного и бесшумного погружения забивных свай (всех типоразмеров) и свайных элементов. Техническое обеспечение должно быть направлено на повышение надежности и несущей способности забивных и набивных свай, сокращение объемов земляных работ при одновременном уплотнении грунта (за счет устройства фундаментных колодцев без выемки земли), сокращение сроков и снижение стоимости изготовления фундаментов. Такие комплексы широко используются при строительстве.

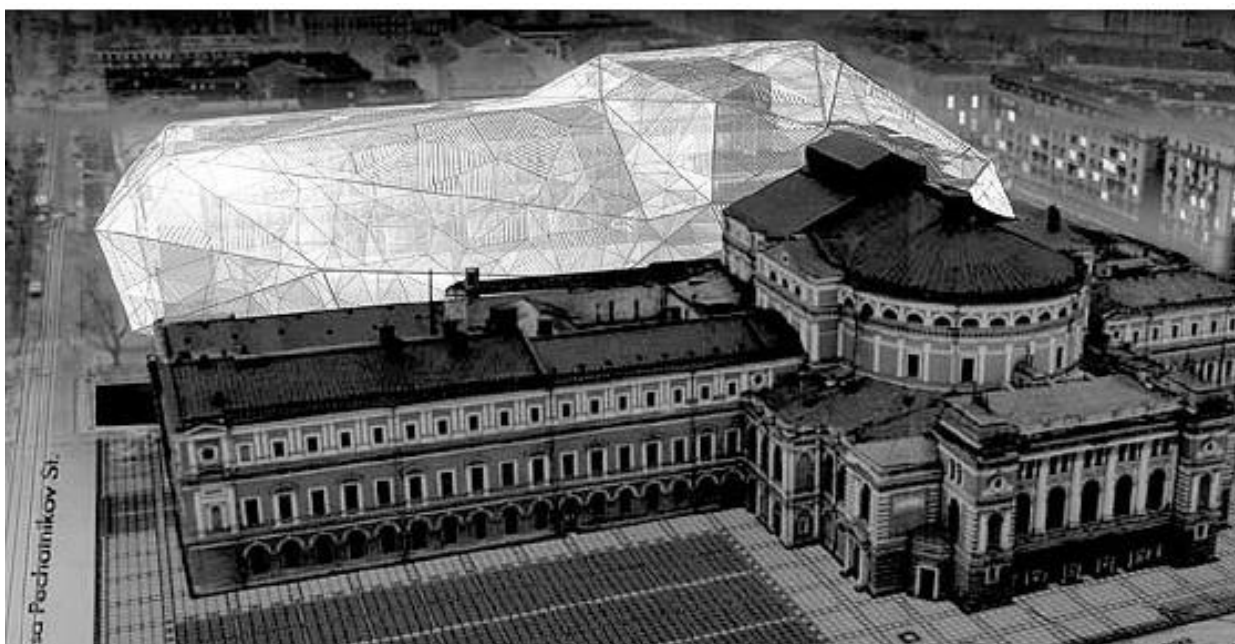


Рисунок 1 – Реконструкция Мариинского театра (г. Санкт-Петербург) с использованием новейшего комплекса



Общие характеристики комплекса:

- вдавливающие устройства оснащены новыми зубчатыми инерционными полигармоническими самобалансными вибраторами, способными в широком диапазоне амплитуд и ускорений безударно и бесшумно (т. е. без динамических воздействий на окружающую среду) создавать вдавливающие усилия от десятков до сотен и даже тысяч тонн;
- конструкции универсальных погружающих устройств позволяют им быть как свободно подвесными на крюковых обоймах кранов, так и навесными — на широко распространенных копровых установках грузоподъемностью 3, 5, 10, 16 и 25 тс.

Такие высокоамплитудные поличастотные погружающие устройства, оснащенные приводными вращающими механизмами, защищенными от внешних воздействий со стороны уплотняемого грунта, выгодно отличаются от существующих устройств тем, что способны обеспечить изготовление фундаментных колодцев в широком диапазоне диаметров и глубин, а также в несущих грунтах (без выемки самого грунта) при существенно большей производительности и меньших энергозатратах. Отсутствие колебательных движений формообразующего корпуса при вдавливании его в грунт исключает утрамбовку грунта, что резко снижает лобовое сопротивление грунта и практически исключает передачу динамических нагрузок на близстоящие сооружения [1].

Использование таких высокопроизводительных и малоэнергоёмких машин открывает новые возможности для изготовления качественных, с повышенной несущей способностью, виброинъекционных железобетонных набивных свай в грунтах разнообразного состояния при значительном снижении энергетических и материальных затрат.

КСВВИУ — высокопроизводительное малоэнергоёмкое навесное устройство (рисунок 2), превосходящее по своим технико-экономическим показателям самые современные зарубежные аналоги лучших производителей мира (например, фирмы BAUER, Германия). Это устройство обеспечивает без выемки земли: глубину колодцев (и свай) — до 20 м; диаметры колодцев - 400 мм, 530 мм, 630 мм, 820 мм, 1 020 мм и 1 200 мм; время изготовления колодца и свай - не более 15 мин.; диапазон устанавливаемых мощностей — от 30 до 120 кВт; рабочий диапазон температур окружающей среды — от -25 °С до +40 °С. Источник энергии — сеть переменного тока напряжением 380/220 В, 50 Гц. Физический срок службы — не менее 10 лет. Удельная энергоёмкость и материалоемкость — наименьшие из функциональных аналогов, существующих для данных целей наборов (комплектов) оборудования ведущих мировых производителей.

Кроме того, применение и использование различного рода свай в строительстве невозможно без использования армирования. В строительной практике в основном используется классическое стержневое армирование. Но, как показало время, применение дисперсного армирования не только возможно, но и нужно. Первооткрывателями в данной области были исследователи из СПбГАСУ [2]. Экономический эффект применения свайных фундаментов часто не достигается из-за многочисленных случаев преждевременного разрушения оголовков, а иногда и стволов железобетонных свай, в результате чего они не могут быть погружены до проектных отметок, что приводит к снижению расчетных сопротивлений и надежности свайных фундаментов. Результаты обследования свайных полей показали, что при погружении забивных свай в тяжелые и средние грунты около 30% железобетонных свай не достигают проектных отметок и более чем у 80% свай

приходится срезать головы и стволы перед устройством ростверка [2]. Поэтому одна из важных проблем – это забивка свай до проектной отметки. На основании проведенных исследований ОАО «Фундаментпроект», ОАО «ЦНИИПромзданий», ООО НИИЖБ и ОАО «СПбЗНИИПИ» разработали рабочие чертежи для широкой номенклатуры свай с применением сталефибробетона, а на «Экспериментальном заводе» (Санкт-Петербург) разработана промышленная технология и организовано первое в России производство сталефибробетонных свай [3].

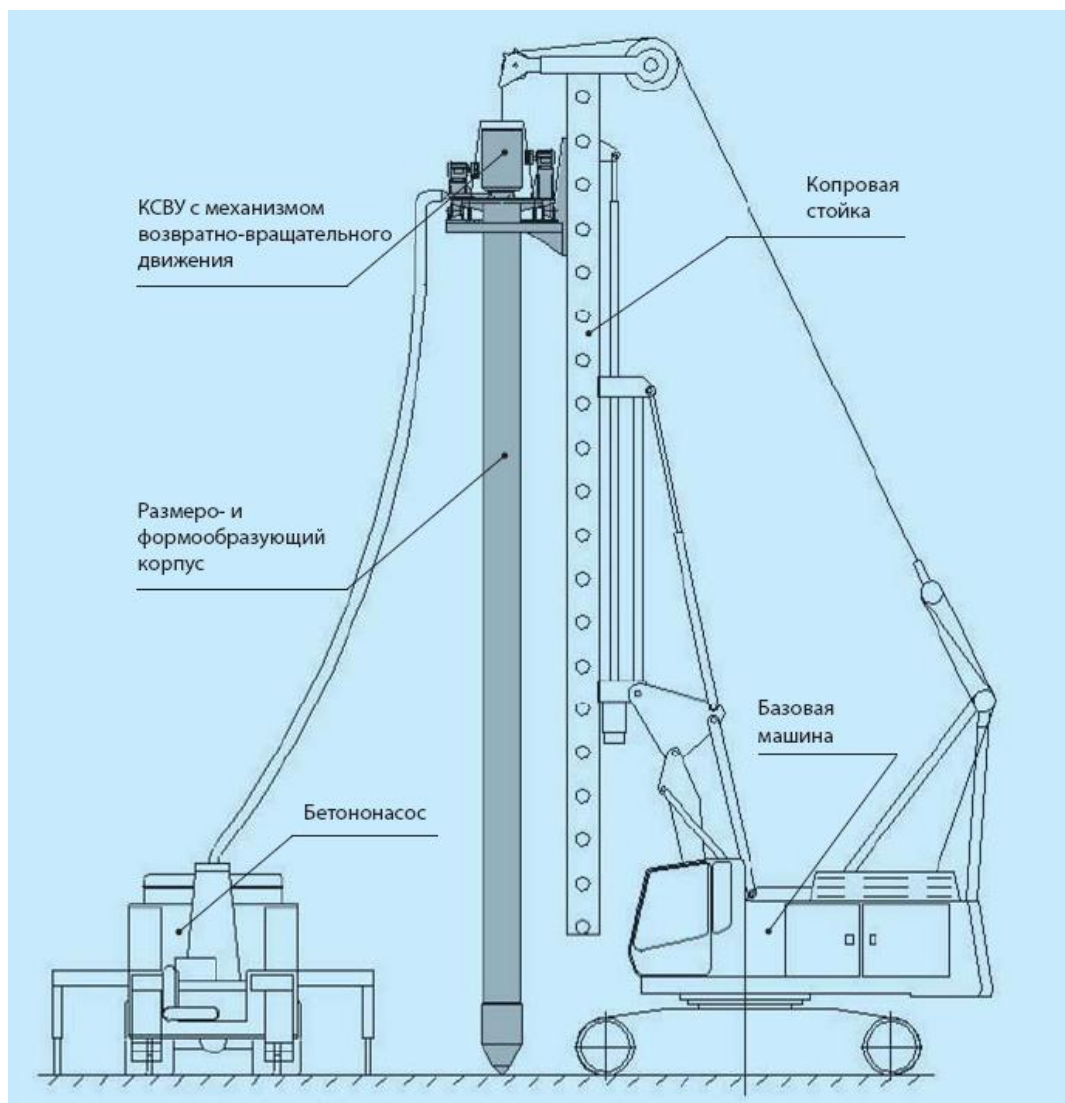


Рисунок 2 – Схема комплекса КСВВИУ

Изготавливаемые сваи прошли проверку в условиях реального строительства, в результате которой установлено, что они обладают высокой ударостойкостью, обеспечивающей бездефектное погружение до проектных отметок и возможность отказа от применения свай-дублеров. Новые сваи можно забивать на одинаковую глубину, что позволяет избежать срезки стволов перед устройством ростверка. Способность к восприятию значительной энергии удара сокращает время погружения свай на 50%, повышает возможности сваебойного оборудования и производительность сваебойных работ. Таким образом, открывается возможность решения механической системы «молот–свая–грунт» с наилучшими технико-экономическими показателями. Применение сталефибробетона в сваях снижает трудоемкость и стоимость изготовления свай, существенно повышает их

ударостойкость, что позволяет бездефектно погружать сваи в грунт до проектных отметок. Применяются также призматические и пирамидальные сваи сплошного квадратного сечения со сталефибробетонным оголовком и железобетонным стволом, а также сваи, целиком изготовленные из сталефибробетона. Призматические сваи имеют длину 8-14 м и сечение 35x35 см, пирамидальные – длину 6 м, сечение оголовка 40x40 см и тупого конца 20x20 см. Испытания показали высокую эффективность свай с применением сталефибробетона. Ударная вязкость сталефибробетона в два и более раз выше, чем железобетона при равном расходе стали. Для снижения стоимости сталефибробетонных свай в некоторых случаях советские первоткрыватели применяли не только фибру из проволоки диаметром 1,5-2 мм, но и фибру из отработанных канатов.



Рисунок 3 – КСВУ

В тех случаях, когда по гидрогеологическим условиям или по конструктивным соображениям необходимо значительно заглублять сваи, следует изыскивать способы облегчения процесса погружения их в плотные грунты. К числу таких мероприятий относятся обмазка поверхностей свай синтетическими полимерами, глинами, погружение с применением электроосмоса и с подмывом грунта. Наиболее распространен способ забивки или вибропогружения свай методом подмыва грунта [4]. Сущность метода заключается в подаче под давлением к острию свай воды, разжижающей грунт и облегчающей вследствие этого процесс погружения. Погружать сваи способом подмыва грунта разрешается на участках, удаленных от существующих зданий и сооружений не менее чем на 20 м, так как в процессе подмыва грунт может разжижаться не только под свайей, но и на некотором расстоянии от нее. В рабочих чертежах свайного поля указывают местоположение свай, погружаемых методом подмыва, и имеющиеся подземные коммуникации. Расстояния от коммуникаций до мест подмыва грунта должны быть определены в рабочих чертежах или ППР; они зависят от характеристик и фильтрующих особенностей грунтов, а также и технического состояния подземных коммуникаций. Если решено погружать сваи методом подмыва грунта, на стадии разработки ППР должны быть разработаны мероприятия по обеспечению сохранности подземных коммуникаций на период производства работ.

*Список использованных источников:*

1. Ермоленко В.Н., Насонов И.В. Инновационные решения для свайного машиностроения // Стройпрофиль - № 6, 2010 г. // <http://stroyprofile.com/files/pdf/6-10-20.pdf>
2. Войлоков А.И. Применение фибры при изготовлении свай // Инженерно-строительный журнал. № 8. 2009 г. // [http://www.fibrianfo.com/assets/files/stati\\_pdf/Primeneniye\\_fibry\\_pri\\_izgotovleni\\_i\\_svay.pdf](http://www.fibrianfo.com/assets/files/stati_pdf/Primeneniye_fibry_pri_izgotovleni_i_svay.pdf)
3. Пухаренко Ю.В., Стерин В.С., Легалов И.Н. Опыт проектирования и производства эффективных строительных конструкций из фиброармированных бетонов // Популярное бетоноведение, №4 (24). 2008.
4. <http://stroiteli-spravochnik-45.odn.org.ua/7.htm>

**Житенёв Б.Н., Андреюк С.В.**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОНИТОВЫХ ПРОТИВОТОЧНЫХ ФИЛЬТРОВ В ПРОЦЕССАХ ИОНООБМЕННОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ НИТРАТЫ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов*

*Введение.*

Большое количество ионообменных установок, внедренных в промышленность в последние годы, привело к резкому увеличению расхода кислот и щелочей, используемых для регенерации ионитовых смол, в то время как экономическая эффективность применения процесса ионного обмена определяется, в основном, затратами на регенерацию. Для снижения этих затрат необходимо обоснованно определить основные технологические параметры проведения процесса регенерации.

На кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов УО БрГТУ в рамках научно-исследовательской работы проводятся исследования и оптимизация процессов регенерации ионообменных материалов, работающих в цикле удаления из воды соединений азота. Такой опыт включает в себя изучение ионитовых противоточных фильтров для умягчения и обессоливания воды, разработку конструкции ионообменного фильтра для удаления из воды нитратов.

*Ионитовые противоточные фильтры для умягчения и обессоливания воды.*

В большинстве случаев ионообменный метод обработки воды обеспечивает необходимые параметры качества умягчения и/или деминерализации воды в промышленных условиях. Показатели экономической эффективности и экологичности ионного обмена напрямую зависят от выбора технологии регенерации ионитов, применяемой при эксплуатации.

Сравнение технологий с прямоточной (параллельноточной) регенерацией с противоточными свидетельствует о предпочтительности применения последних, в силу того, что при противотоке достигается более высокое качество обработанной воды при более низких значениях удельных расходах реагентов с использованием меньшего количества единиц установленного оборудования.

Ключевыми факторами, характеризующими эффективность регенерации и процесса ионного обмена в целом, являются:

- удельные расходы химических реагентов
- объемы потребления воды на собственные нужды.

По указанным выше показателям приоритет принадлежит технологическим процессам, в которых реализуется принцип «зажатого слоя» ионита, при котором практически весь рабочий объем фильтра заполняется слоем активной смолы.

Технологии, основанные на «зажатом слое», различаются между собой по следующим параметрам:

- надежность функционирования в широком диапазоне изменения рабочих нагрузок;
- толерантность к недостаткам предочистки (допустимое количество взвесей, присутствующих в обрабатываемой воде);
- простота конструктивных решений основного оборудования.

*Использование фильтров смешанного действия в процессах ионообменной очистки.*

При глубокой очистке и обессоливании природных и сточных вод после очистки с целью корректирования значения рН применяют фильтры смешанного действия (ФСД), в которые загружают смесь анионита и катионита. При этом используют катиониты и аниониты с различными плотностями. На обоих концах таких фильтров предусмотрены дренажные устройства, а в середине — специальные коллекторные патрубки для введения регенерационных растворов и отмывочной воды. Фильтры смешанного действия бывают двух видов: с внутренней и выносной регенерацией. В комплект оборудования ФСД с выносной регенерацией входят, кроме рабочих фильтров, еще два регенератора. Один из них оборудован верхним, нижним и средним распределителем, устройствам, другой этих устройств не имеет. Наличие двух регенераторов позволяет проводить совместную регенерацию катионита и анионита в одном регенераторе и отдельную в каждом из них. Преимущество очистки или обессоливания природных и сточных вод в ФСД по сравнению с процессами катионирования и анионирования в отдельных фильтрах заключается в том, что использование рабочей обменной емкости в ФСД достигает 80–90%, тогда как в отдельных фильтрах — 60–65%. Процесс ионного обмена осуществляется при проточке очищаемой воды через смешанный слой ионитов. После проскока катионов или анионов производится отдельная регенерация катионита и анионита соответственно растворами кислоты и щелочи. Процесс регенерации может происходить только после разделения ионитов, для чего снизу вверх подается вода под большим давлением. При этом ионит с меньшей плотностью (анионит) поднимается в верхнюю часть фильтра, а с большей (катионит) остается в его нижней части. Затем через катионит снизу вверх пропускают раствор кислоты до зоны анионита, а через анионит сверху вниз — раствор щелочи. Регенерирующие растворы через анионит и катионит можно пропускать одновременно или поочередно и выводить через средние коллекторы. После окончания регенерации производится предварительная отмывка ионита обессоленной водой, перемешивание ионитов сжатым воздухом — снизу вверх и окончательная отмывка ионитов потоком обессоленной воды сверху вниз. После отмывки фильтр включается в работу в следующем цикле.

*Особенности смешанного слоя ионитов.*

Качество фильтрата после смешанного слоя не зависит от концентрации солей в исходной воде. В зависимости от исходного содержания солей меняется только

объем обессоленной воды. Ряд сорбируемости на смешанном слое остается тем же, что и на отдельно используемых ионитах, но селективность смешанного слоя по отношению к различным ионам сглаживается. Особенности, отмеченные выше, приводят и к главному технологическому преимуществу смешанного слоя: фронт сорбции перемещается без размывания и, следовательно, рабочая обменная емкость слоя практически равна емкости, восстановленной при регенерации, т. е.  $E_p = \alpha E_n$ .

Близкое «соседство» зерен катионо- и анионообменников позволяет устранить недостаток сильноосновных анионитов – их плохую отмываемость от щелочи, оставшейся после регенерации. Для полной отмывки анионита АВ-17 до рН фильтрата, близкого к 7, затрачивают до 100 объемов обессоленной воды на 1 объём анионита. В смешанном слое отмывка слоя приобретает принципиально другой характер: щелочь, оставшаяся в порах анионита, поглощается зернами катионита, а остатки кислоты в порах катионита сорбируются анионитом смешанного слоя. В результате рабочая емкость слоя несколько уменьшается, но потери значительно меньше тех, которых требует получение обессоленной воды, идущей на отмывку отдельных слоев ионитов.

*Экспериментальные исследования при различных соотношениях катионита и анионита в ионообменном фильтре.*

Экспериментальные исследования проводились с использованием слабокислотного катионита и сильноосновного анионита в процессах очистки воды от нитратов в питьевых целях. Результаты исследований показали, что при небольших концентрациях катионов в обрабатываемой воде, не считая иона водорода, соотношение сорбентов можно варьировать от 1:1 до 1:6. При использовании ионитовых противоточных фильтров в процессах ионообменной очистки воды, содержащей нитраты, катионит нужен хотя бы для удаления следов катионов, извлекаемых пропускаемой водой из пор отрегенированного, но недостаточно отмываемого анионита.

Конструктивные особенности фильтра смешанного действия с регенерацией внутри реактора позволяют изменять соотношение катионита и анионита от 1:1 до 1:2.

В специально выполненном фильтре для удаления нитратов из мало минерализованной воды конструкция позволила выдержать соотношение 1:3, при этом удлинился рабочий период фильтра. В качестве реагентов для восстановления обменной емкости ионитового фильтра смешанного действия с внутренней регенерацией использовали раствор хлорида натрия для регенерации катионита и растворы соды и щёлочи для регенерации анионита.

В реакторах с выносной регенерацией при выборе соотношения сорбентов необходимо исходить из соотношения ионного состава воды и восстановленной емкости ионитов.

*Заключение.*

Исследование и оптимизация процессов регенерации ионообменных материалов, работающих в цикле удаления из воды соединений азота, представляют большой научный и практический интерес. Применение технологии противоточной регенерации предпочтительнее по сравнению с прямоточной (параллельноточной). Эксперимент показал, что полученные результаты можно использовать как основу рекомендаций на проектирование и конструирование ионообменных аппаратов, участвующих в процессах ионообменной очистки воды, содержащей нитраты.

*Список использованных источников:*

1. Гребенюк В.Д., Мазо А.А. Обессоливание воды ионитами. – М.: Химия, 1980. – 256 с.

2. ТКП 45-4.01-258-2012 Водоснабжение промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования. Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2012.
3. Житенев Б.Н., Андреюк С.В. Исследование и оптимизация процессов регенерации ионообменных материалов, участвующих в процессе очистки вод от соединений азота // Вестник БГТУ. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 21–25.

**Посохина Г.И.**

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЯПОНИИ**

*БрГУ имени Пушкина, к.и.н, доцент, доцент кафедры всеобщей истории*

В настоящее время политика промышленно развитых стран в области энергетики существенно изменилась. Значительное внимание уделяется переходу к т.н. возобновляемой энергетике. Это связано и с негативными экологическими последствиями использования традиционных источников энергии, их истощением, нестабильностью цен на них на мировом рынке и желанием обеспечить национальную энергетическую безопасность.

В 2010 году вступил в силу закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» (№ 204-3). Это главный документ, в котором прописаны права и обязанности производителей электроэнергии из возобновляемых источников, а также основные принципы государственной политики в этой сфере. В частности, указывается, что государство для владельцев установок на альтернативных видах топлива устанавливает тарифы с применением повышающих коэффициентов. Например, при использовании энергии солнца коэффициент равен 3, энергии ветра и биогаза - 1,3 и т.д. Владельцы подобных станций будут в течение первых 10 лет с момента установки продавать электроэнергию с повышающими коэффициентами. Тем самым государство пытается стимулировать субъектов хозяйствования использовать альтернативные способы получения энергии [4].

К 2020 году Республика Беларусь планирует довести долю возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в структуре валового потребления топливно-энергетических ресурсов до 6%. В то же время в странах Евросоюза доля ВИЭ в 2020 году прогнозируется на уровне 20% [3].

Одной из самых перспективных отраслей не только возобновляемой энергетики, но и всего топливно-энергетического комплекса является солнечная энергетика, которая сейчас переживает настоящий бум. Основными преимуществами солнечной энергетики являются неисчерпаемость, доступность в каждой точке планеты, экологическая чистота.

Солнечная энергия может стать главным источником электроэнергии из-за многочисленных экологических и экономических преимуществ и доказанной надежности. К примеру, чтобы покрывать 100% требуемой электроэнергии в Европе, необходимо всего лишь 0,7% общей площади континента Европы занять модулями солнечных батарей. Поэтому солнечная энергетика играет крайне важную роль в улучшении безопасности энергоснабжения Европы [5].

Целесообразность размещения солнечных модулей в широтах Беларуси является предметом дискуссий. Если основываться на метеорологических данных, то в Беларуси порядка 30-ти ясных солнечных дней в году, в то время как пасмурных - 250. Интенсивность солнечного излучения составляет около 2,8 кВт ч/м. В Беларуси уровень освещенности на 10% выше, чем в Польше, Нидерландах, и на 17% - чем в ФРГ, Бельгии, Дании, Ирландии, Великобритании, не говоря уже о странах, находящихся севернее [5]. Словом, расположение республики, ее географическая широта, высота над уровнем моря, а также метеорологические условия не являются сдерживающими факторами для развития солнечной электроэнергетики. У многих ученых и практиков уже не осталось сомнений, что производить электроэнергию за счет солнца в странах, сравнимых по освещенности с нашей республикой, вполне целесообразно.

Примером страны, в которой стремительно развиваются проекты по выработке электроэнергии из возобновляемых источников, таких как солнце, ветер, приливы и отливы, является Япония. И это не только дань модным мировым тенденциям. Катастрофа на АЭС «Фукусима-1» 11 марта 2011 г. в корне поменяла всю энергетическую политику Японии с точки зрения роли и места в ней атомной энергетики. Однако замена атомной энергетики тепловой в энергетическом балансе страны сразу вызвала ряд проблем. Достаточно сказать, что рост расходов на топливо для ТЭС привел к дефициту торгового баланса. Удорожание энергии снизило конкурентоспособность японской продукции на внешних рынках, повысило счета за энергию для граждан. Возникли сложности с выполнением Японией международных соглашений по сокращению выбросов парниковых газов.

Цепочка этих проблем побудила искать новые пути формирования энергетического баланса. Первоочередное внимание уделялось возможности замены мощностей АЭС не только ТЭС, но и возобновляемыми источниками энергии.

Японский опыт показал, что из всех видов ВИЭ наиболее привлекательным с точки зрения отдачи на капиталовложения было строительство солнечных электростанций (СЭС). Главное преимущество солнечной энергии перед другими видами ВИЭ состояло в том, что требуется всего несколько месяцев для возведения крупных СЭС, и даже мегакомплексы монтируются не более года. В то же время на подбор места для размещения комплекса турбин ветровых электростанций и оценки участков с точки зрения экономической целесообразности и возможного нанесения вреда окружающей среде требуется четыре-пять лет. Тот же главный недостаток и у геотермальных электростанций. Только подбор их места по срокам в два-три раза больше, поскольку часто требуется контрольное бурение [7].

Солнечная энергетика после аварии в Фукусиме стала условием выживания Японии. У страны к этому времени был накоплен достаточный опыт в этой сфере. Япония была первой страной, которая стала развивать солнечную энергетику на законодательном уровне. Ещё в 1994 г. министерство экономики, промышленности и торговли приняло программу субсидирования индивидуальных солнечных установок. И с тех пор отрасль стала активно развиваться. После введения стандартов портфеля на возобновляемую энергию в 2003 г. производство электроэнергии за счет возобновляемых источников в Японии удвоилось (хотя до сих пор их доля крайне низка – 2–4% в энергетическом балансе), и солнечная энергетика получила новый импульс к наращиванию мощностей [2]. В 2004 г. Япония стала первой в мире страной, преодолевшей отметку в 1 ГВт солнечных мощностей. Однако самым мощным солнечным электрогенератором (38% мировых установленных фотовольтаических мощностей) оставалась лишь до 2005 г., когда на первое место вышла Германия [1].



В 2012 г. для стимулирования интереса к развитию солнечной энергетики в Японии был введен беспрецедентно высокий тариф закупки электричества, вырабатываемого солнечными электростанциями: 42 иены за кВт·ч [2, с.18]), скорректированный в сторону снижения в апреле 2013 г. в связи с падением цен на фотоэлементы. В результате, всего за один год произошло удвоение этого энергетического сектора. Его доля во всех генерирующих мощностях страны также удвоилась – до 5%. В 2013 и 2014 гг. Япония по праву сохраняла звание второго крупнейшего рынка в мире по новым установленным мощностям, уступая только Китаю. После введения в эксплуатацию 6,9 ГВт в 2013 г. и 9,6 ГВт в 2014 г. суммарные установленные мощности солнечной энергетики превысили 23 ГВт, или 11% мировых установленных мощностей. Это вывело страну на третье место в мире после Германии (38,2 ГВт) и Китая (28,2 ГВт) и позволило обеспечивать более 2,5% потребностей Японии в электроэнергии [1].

На протяжении многих лет в Японии наблюдалось преобладание индивидуальных солнечных установок, т.к. в стране преобладают частные дома на одну семью даже в мегаполисах. Именно такие дома стало выгодно оснащать индивидуальными солнечными батареями (80% солнечных мощностей в 2011 г.). Это разительно отличало Японию и от стран Европы, и от Америки. Кроме того, для Японии характерно отсутствие больших свободных площадей, необходимых для функционирования систем промышленного масштаба. На электростанции наземного базирования и другие локальные источники, не входящие в общую энергосистему, в 2011 г. приходилось лишь 20%, но за один только 2012 г. их доля увеличилась до 30% и продолжает расти [1].

Для решения проблемы нехватки свободных площадей японцы проявляют чудеса инженерного и технического гения. Так, в ноябре 2013 г. в префектуре Кагосима была введена в строй крупнейшая солнечная электростанция морского базирования Kagoshima Nanatsujima мощностью 70 МВт [2]. Специально для станции в бухте был насыпан искусственный остров. В качестве территорий под солнечные электростанции японцы используют и водоемы. В мае 2015 г. в японском городе Касай была введена в эксплуатацию крупнейшая в мире плавучая солнечная электростанция. Она расположена на поверхности пруда Сакасамаикэ и способна вырабатывать 2,3 МВт энергии, что вполне достаточно для обеспечения электричеством 820 домов. При этом в марте 2015 г. были введены в эксплуатацию еще две плавучие солнечные электростанции в префектуре Хёго. Их совместная мощность составляет 2,9 МВт. Кроме очевидного решения проблемы территорий, расположение солнечных панелей на воде снижает и эксплуатационные издержки за счет того, что вода обеспечивает естественное охлаждение панелей, что, в свою очередь, спасает их от перегрева [1].

Судя по сообщениям печати, Япония становится привлекательной страной для строительства СЭС иностранными компаниями. Так специализирующаяся на строительстве СЭС китайская компания Sky Solar, которая строит СЭС более чем в 20 странах, планирует за три года построить в Японии 126 СЭС общей мощностью 400 тыс. кВт.

Страны Европы и США также нацелены на японский рынок СЭС. Так, американская компания Greenpower Capital LLC, которая специализируется на разработках и продажах СЭС за счет собственного финансирования, намерена инвестировать в Японии 180 млрд. иен в СЭС общей мощностью 500 тыс. кВт. Япония стала основным объектом инвестирования, и компанией уже подобрано 15 мест для строительства СЭС [7].

Такая привлекательность японского рынка СЭС оправдана тем, что в Японии закупочные тарифы на их энергию – самые высокие в мире. Наиболее значимым в плане развития альтернативной энергетики было принятие системы «зеленых» тарифов. Основная цель системы – ускорить внедрение ВИЭ через привлечение в их развитие частных средств. В соответствии с системой «зеленых» тарифов 10 региональных электроэнергетических компаний (РЭЭК) страны были обязаны покупать по весьма высоким фиксированным расценкам энергию, генерируемую солнечными, ветровыми и другими ВИЭ. В 2012 году, первом году действия «зеленых» тарифов, они были более чем в три раза выше, чем установленные в Германии и Италии в то время. В результате на японский рынок СЭС, по подсчетам компании IHS, уже в 2013 году приходилось более четверти глобального рынка [7].

На апрель 2018-го года в Японии намечен запуск в эксплуатацию самой крупной в мире солнечной электростанции. Это новый проект сразу нескольких крупных японских компаний под названием *Osaki Solar Hills LLC*. СЭС будет построена в городах Каноя и Осака префектуры Кагосима, на поверхности пруда Сакасамаикэ. Ее мощность составит 92 мегаватт, что, по расчетам, хватит для обеспечения электричеством около 30,5 тысяч домохозяйств. Электростанция будет состоять из девяти тысяч специализированных солнечных панелей размером в 1 на 1,7 метров. Расположение солнечных панелей на поверхности озера обусловлено стремлением к снижению эксплуатационных расходов и призвано защитить их от перегрева. По расчетам создателей, новая электростанция сможет уменьшить выбросы CO<sub>2</sub> на 35,7 тысяч тонн ежегодно. Стоимость строительства составит около 290 миллионов долларов США [6].

Весьма активно в проектах строительства СЭС в Японии участвуют и местные органы власти, предоставляя пустоши и неудобные земли в качестве инвестиционной доли в проекте или сдачи земли в аренду. Это укрепляет финансовое положение японских муниципалитетов.

Ряд муниципалитетов считает, что в сравнении с прямыми капиталовложениями в СЭС более эффективны меры по стимулированию капиталовложений. Так, администрация Токио разработала программу, по которой Токио к 2020 году должен получать 29% потребляемой энергии от ВИЭ, и разместила на своем сайте рекомендации, как в полной мере получить выгоду от установки солнечных панелей. Это не плод кабинетных фантазий. Предварительно администрация израсходовала 50 млн. иен на аэрофотоснимки около 2,6 млн. строений столичной префектуры, и на основе их анализа составила рекомендации, где наиболее выгодно и с большей отдачей размещать солнечные панели [7].

По мнению экспертов, страна восходящего солнца скоро обгонит Германию вместе с Италией и превратится во второй по величине рынок солнечной энергетики планеты после Китая. Недавно правительство страны объявило о начале действия ряда административных и финансовых стимулов, благодаря которым, солнечные электростанции в Японии начнут возводиться еще активнее. Данные стимулы касаются большинства производителей солнечных батарей: от японской *Kyocera* до китайской *Yingli Green Energy Holdings* [8].

Таким образом, можно сделать вывод, что фактический прорыв в солнечной энергетике уже произошел. Япония, которая традиционно зависит от импорта энергетического сырья и испытывает недостаток электроэнергии результате катастрофы 2011 г. на Фукусиме, будет в ближайшем будущем претендовать на сохранение своего места среди мировых лидеров солнечной энергетики.

*Список использованных источников:*

1. Акимова В.В., Тихоцкая И.С. Будущее солнечной энергетики в Японии. [Электронный ресурс]. Р. д.: <https://interactive-plus.ru/e-articles/136/Action136.pdf>
2. Акимова, В.В. Новое японское «чудо». Солнечное! / В.В. Акимова, И.С. Тихоцкая // Азия и Африка сегодня. – 2014. – №9. – С. 18–25.
3. Беларусь планирует увеличить долю возобновляемых источников до 6% [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://naviny.by/rubrics/economic/2015/07/09/ic\\_news\\_113\\_460245/](http://naviny.by/rubrics/economic/2015/07/09/ic_news_113_460245/)
4. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» (№ 204-3). [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.energya.by/zakon-respubliki-belarus-o-vozobnovlyaemyih-istochnikah-energii/>
5. Лебедев, В. Энергетический вызов современности/ В. Лебедев // Наука и инновации. - №5. – 2008 [Электронный ресурс]. - Р. д.: <http://innosfera.org>
6. Маслухин Н. В Японии будет построена крупнейшая солнечная электростанция [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.computerra.ru/125754/v-yaponii-budet-postroena-krupneyshaya-solnechnaya-elektrostantsiya/>
7. Тебин Н. Японская энергетика «зеленеет» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.ng.ru/energy/2014-10-14/15\\_japan.html](http://www.ng.ru/energy/2014-10-14/15_japan.html)
8. Япония станет вторым по величине рынком солнечной энергетики [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.abercade.ru/research/industrynews/8395.html>

**Чернюк В.П., Шляхова Е.И., Ивасюк П.П.**

**СВАЙНАЯ ОПОРА ПОВЫШЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства*

Устройство фундаментов в грунтах оснований, в том числе свайных – весьма трудоемкий и энергоемкий процесс, зависящий от множества влияющих факторов – прочности и плотности грунта, наличие и мощности сваепогружающего оборудования, буровой техники, технологических параметров погружения, несущей способности свай и т.д. Поэтому разработка и внедрение высокоэффективных конструкций свай, обладающих минимальной энергоемкостью погружения, трудоемкостью производства работ, высокой несущей способностью по грунту основания, является насущной задачей современного строительства. Достаточно, если ли одна новая конструкция сваи может заменить несколько типовых решений.

Свайные фундаменты и опоры получили в строительстве достаточно широкое и разнообразное применение в качестве свай, опор, фундаментов и устройств повышенной несущей способности по грунту основания, в частности, при работе на действие значительных по величине горизонтальных и вертикальных вдавливающих нагрузок и их совместное действие, в том числе, для крепления надземных элементов и конструкций зданий и сооружений к грунту основания, в особенности линейных сооружений типа опор трубопроводов, линий электропередачи, мостов, теплиц, заборов. Типовое решение устройства свайной опоры включает бурение в грунте скважины определённого диаметра и длины, установку в неё металлической трубы и последующее бетонирование скважины [1, с.18-23; 3, с. 303]. Этого мало, так как

несущая способность такой опоры по грунту основания невелика из-за небольших размеров уширения в скважине.

В [4, с. 2-3] приведены и описаны три эффективные разработки БрГТУ (свайные опоры и фундаменты), запущенные патентами РБ на полезные модели №8370, 8603 и 9214. Сейчас предлагается новая, более совершенная и эффективная, весьма простая и надёжная конструкция свайной опоры и технология её устройства в грунте, превосходящая аналогичные технические решения по целому ряду экономических показателей, на которую университетом получен патент РБ №10205 [2, с. 206] (рис. 1).

Данная конструкция, в отличие от других, содержит всего лишь одну короткую металлическую трубу (полую, без усложняющих деталей и элементов) с открытыми верхними и нижними концами длиной примерно 2,5 метра, диаметром около 100 мм. Трубу 1 на I этапе возведения погружают в грунт забивкой любым способом (вручную или молотом) на глубину примерно 2 м (рис. 1, а).

На II этапе трубу извлекают (или выдёргивают) вручную или краном до глубины 0,5-1 м так, чтобы над поверхностью грунта верх трубы 1 оставался бы на высоте 2-1,5 м, а под нижним её концом образовалась полость 2 глубиной 1-1,5 м (рис. 1, б).

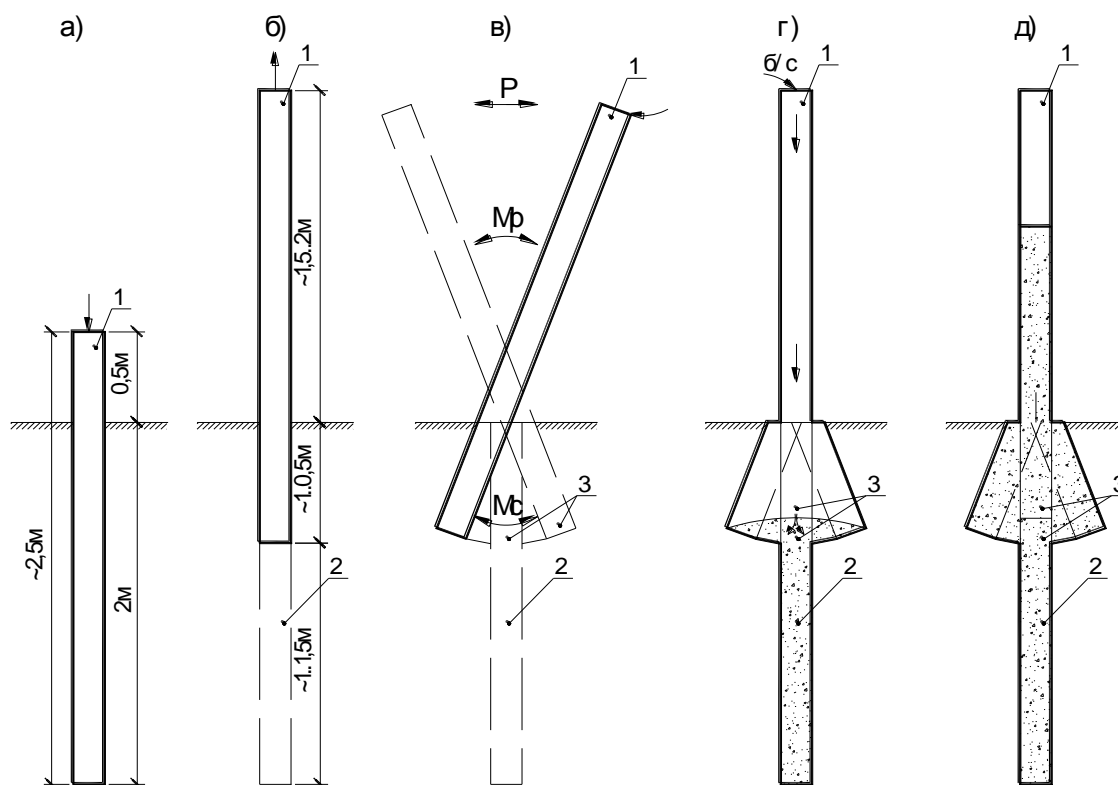


Рис.1 Технологическая последовательность возведения свайной опоры в грунте: а- погружение; б- извлечение; в- расшатывание; г- бетонирование полости и уширения; д- бетонирование ствола и сваи; 1-металлическая труба; 2-полость; 3-уширение

На III этапе трубу 1 расшатывают над поверхностью грунта в разные стороны вручную, трактором или бульдозером для образования уширения 3 в грунте вокруг нижнего конца трубы 1 (рис. 1, в). Заметим, что длина надземной части трубы 1 равна 1-2 м, а подземной – 1-0,5 м, т.е. рычаг над землёй больше подземного, следовательно, расшатывающий момент  $M_r$  в надземной части трубы 1 больше

момента сопротивления  $M_c$  в подземной части грунта. После образования в грунте уширения 3 достаточных размеров, о чём можно судить по углу наклона трубы 1 к вертикали (чем больше угол, тем больше уширение 3), трубу 1 возвращают в вертикальное положение, прочищают её полость от возможной закупорки грунтом, при необходимости поднимают на 10-20 см или опускают и приступают к бетонированию полости 2 и уширения 3 в основании через открытый верхний торец, т.е к этапу IV (рис.1, г).

На заключительном V этапе (рис.1, д) окончательно завершают бетонирование (и, если нужно, уплотнение через ствол трубы 1) полости 2 и уширения 3 и приступают к бетонированию ствола трубы 1 (при необходимости). Для бетонирования свай целесообразно использовать бетон, армированный базальтовой фиброй. Сваи, армированные базальтофибробетоном, известны как в монолитном, так и в сборном исполнении. Забивные пирамидальные сваи, например, изготавливаются в России на Емельяновском заводе ЖБИ, а также на Украине в Днепропетровске.

В заключение следует отметить, что конструкция такой свайной опоры весьма проста и минимально металлоёмка, технология её устройства общедоступна, а несущая способность по грунту основания весьма высока.

*Список использованных источников:*

1. Работников А.И. О некоторых особенностях работы буронабивных свай // Вопросы исследования лессовых грунтов, оснований и фундаментов. Ростов-н/Д, 1977.
2. Свайная опора: пат. 10205 РБ. № 20130979; заявл. 22.11.2013; опубл. 30.08.2014, Бюл. НЦГУ № 4 (99).
3. Технология, организация и комплексная механизация свайных работ / Н.В. Бойко [др.]; под общ. ред. Н.В. Бойко. М.: Стройиздат, 1985.
4. Чернюк В.П. Свайные фундаменты и опоры для возведения строительных конструкций // Изобретатель, Минск, 2012. № 11 (155).

**Ярошевич А.В.**

## **АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С АНАЛОГОВЫМ ВЫЧИСЛИТЕЛЕМ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра АТПиП*

Установка компенсирующих устройств реактивной мощности позволяет снизить активные потери за счет снижения полного тока в сетях электроснабжения. Таким образом, компенсация реактивной мощности может быть в полной мере названа одной из *технологий энергосбережения*.

Традиционно считалось, что бытовые нагрузки потребляют в основном активную мощность (АМ). Распространение бытовых приборов с трансформаторами, электродвигателями и сложными электронными схемами привело к увеличению реактивной (индуктивной) мощности (РМ). По данным [1]  $\cos \varphi$  в таких цепях может составлять 0,65...0,97. Средневзвешенное значение  $\cos \varphi = 0,85$ . Передача РМ к потребителю приводят к дополнительным потерям АМ в распределительных электрических сетях. При значении  $\cos \varphi = 0,85$  РМ составляет 60% от АМ.

Вследствие этого возрастают и активные потери от передачи электроэнергии, которые при  $\cos \varphi = 0,85$  составляют 15% от полезной активной мощности у потребителя при 10% в случае чисто активной нагрузки.

Наглядное представление о сущности компенсации реактивной мощности даёт рисунок 1. На рис. 1а изображена схема электрической цепи. Пусть до компенсации потребитель имел активную мощность  $P$ , соответственно ток  $I_a$  (отрезок  $OB$  на рис.1б) и реактивную мощность от индуктивной нагрузки  $Q_L$  с соответствующим током  $I_L$  (отрезок  $BA$ ). Полной мощности  $S_1$  соответствует вектор  $I_H$  (отрезок  $OA$ ). Коэффициент мощности до компенсации  $\cos \varphi_1$

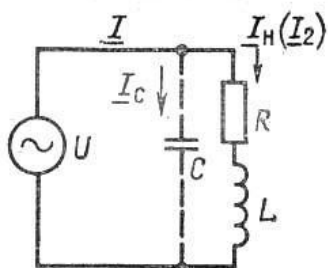


Рисунок 1.4а

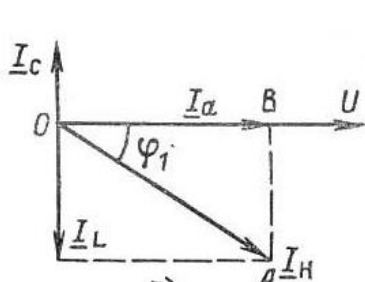


Рисунок 1.4б

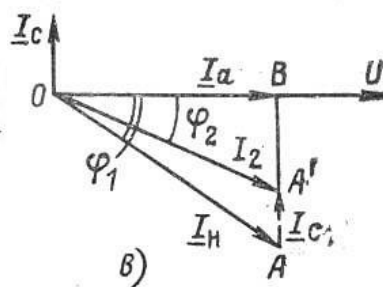


Рисунок 1.4в

Векторная диаграмма компенсации представлена на рис. 1в. После компенсации, т.е. после подключения параллельно нагрузке конденсаторной установки  $KУ$  с мощностью  $Q_k$  (ток  $I_c$ ), суммарная реактивная мощность потребителя будет уже  $Q_1 - Q_k$  (ток  $I_L - I_c$ ) и соответственно снизится угол сдвига фаз с  $\varphi_1$  до  $\varphi_2$  и повысится коэффициент мощности с  $\cos \varphi_1$  до  $\cos \varphi_2$ .

Полная потребляемая мощность при той же потребляемой активной мощности  $P$  (токе  $I_a$ ) снизится с  $S_1$  (ток  $I_H$ ) до  $S_2$  (ток  $I_2$ ) (отрезок  $OA'$ ). Следовательно, в результате компенсации можно при том же сечении проводов повысить пропускную способность сети.

Учитывая значительную долю бытового потребления электроэнергии, составляющую 20% от общего, задача разработки управляемого компенсатора реактивной мощности (КРМ) непромышленных нагрузок является актуальной. Промышленные устройства ступенчатого регулирования реактивной мощности построены с применением микропроцессорного контроллера и являются сложными и дорогими для массового использования в квартирных и других электрических сетях до 0,4 кВ с нагрузками до 50 кВт.

Исходя из этого, можно сформулировать основные требования к вычислителю КРМ для бытовых нагрузок. Для обеспечения экономической целесообразности применения решающим параметром должна быть стоимость устройства. Стоимость определяется построением электрических схем из простых и надёжных элементов, количество которых должно быть невелико. Такой подход позволит обеспечить другое важнейшее требование – небольшие габариты – позволяющие встраивать КРМ в квартирные щиты энергоснабжения.

Способ решения этой задачи и некоторые требования к устройствам предложены в [2] путём применения аналоговой схемы вычислителя для КРМ. При реализации схемы компенсации РМ необходимо решить следующие проблемы:

- измерение величины реактивных потерь в реальном времени;
- определение ёмкости компенсирующего конденсатора;
- коммутация к сети ёмкости из конденсаторной батареи.

Общая схема предлагаемого устройства для компенсации РМ бытового потребителя электрической энергии представлена на рисунке 2.

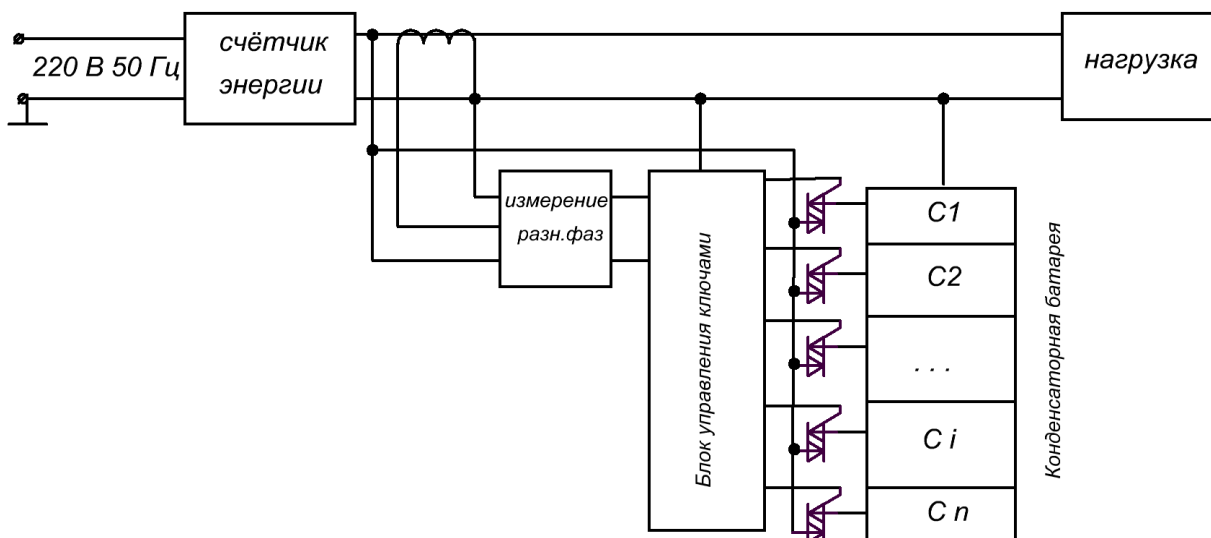


Рисунок 2. Общая схема устройства для компенсации РМ

Схема компенсации РМ подключается между счётчиком электроэнергии и нагрузкой потребителя. Основными узлами схемы являются:

- схема измерения разности фаз сетевого напряжения и потребляемого тока, отражающей долю РМ в нагрузке;
- схема управления тиристорными ключами для коммутации компенсирующей ёмкости;
- линейка тиристорных ключей между конденсаторами батареи и фазным проводом;
- компенсаторная батарея конденсаторов.

Схему управления ключами предлагается реализовать на основе асимптотических формул для расчёта ёмкости компенсирующего конденсатора [3].

Для обоснования предлагаемой асимптотической формулы получены следующие соотношения. При средневзвешенном значении  $\cos \varphi = 0,85$  погрешность от представления  $\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$  (рад) не превысит 0,1 от значения  $\operatorname{tg} \varphi$ . Тогда соотношение активной и реактивной мощности  $\operatorname{tg} \varphi = Q/P$  можно представить формулой  $Q/P \approx \varphi$ .

Погрешность от представления  $\cos \varphi \approx 1 - \varphi$  не превысит 0,12 значения  $\cos \varphi$ , тогда активную мощность можно представить формулой  $P \approx UI(1 - \varphi)$ ,

реактивную мощность  $Q \approx UI(1 - \varphi)\varphi$ .

Индуктивная мощность нагрузки, подлежащая компенсации  $Q_L \approx UI_N(1 - \varphi)\varphi$ , где  $U$  – напряжение сети,  $I_N$  – ток в нагрузке.

С другой стороны ёмкостная мощность  $Q_C = I_C^2 / (2\pi fC)$ , где  $f$  – частота сети,  $C$  – ёмкость компенсирующего конденсатора,

$I_C = I_N \sin \varphi \approx I_N \varphi$  – ток ёмкости. Отсюда можно получить соотношение

$$C \approx \frac{I_N \varphi}{2\pi fU(1 - \varphi)} \text{ (Ф)}, \text{ а с учётом значений } f = 50 \text{ Гц, } U = 220 \text{ В}$$

$$C \approx \frac{kI_N \varphi}{1 - \varphi} \text{ (Ф)}, \text{ где } k \approx 0,000015.$$

Для вычисления значения ёмкости в МкФ коэффициент  $k = 15$ , тогда

$$C \approx \frac{15I_H\varphi}{1-\varphi} \text{ (МкФ)}.$$

Допустив, что  $1-\varphi \approx 1$ , получим  $C \approx 15 I_H \varphi$ .

Эта асимптотическая формула является основой для построения схемы управления ключами.

Для отображения величины и фазы потребляемого тока служит трансформатор тока на фазном проводе сети. Измерение разности фаз выполняется схемой на компараторах с транзисторными ключами. Эта схема имеет максимальную чувствительность и линейную прямо пропорциональную зависимость выходного напряжения от разности фаз входных сигналов. Перемножение аналоговых сигналов  $I_H$  и  $\varphi$  выполняется схемами с операционными усилителями.

АЦП имеет выходной трехразрядный двоичный код  $a_0a_1a_2$ , позволяющий управлять семиступенчатым подключением конденсаторов батареи. Конденсаторная батарея может быть построена на специальных компенсирующих конденсаторах. Расчёт ёмкости батареи конденсаторов при токе нагрузки  $I_H = 25 \text{ А}$  и средневзвешенном значении  $\cos\varphi = 0,85$  даёт величину  $C \approx 200 \text{ МкФ}$ .

Анализ погрешностей, обусловленных асимптотическими приближениями и ступенчатым включением конденсаторных батарей требует дальнейших исследований.

*Список использованных источников:*

1. Шишкин С.А. Реактивная мощность потребителей и сетевые потери электроэнергии // Энергосбережение № 4. 2004.
2. А.В.Ярошевич. Схема компенсации реактивной мощности в квартирных электрических сетях // Вестник Брестского государственного технического университета - Физика, математика, информатика. Вып.5 (71) – Брест: БрГТУ. 2011. С.66-67.
3. Регулятор реактивной мощности с аналоговым вычислителем. Рэспубліка Беларусь / ПАТЭНТ на карысную мадэль № 8066 / Аутар Ярошевич А.В. / Зарэгістравана у Дзяржауным рээстры карысных мадэляу 2011.12.15.

**Черников И.А.**

## **О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В БЕЛАРУСИ**

*Брестский государственный технический университет, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

В последнее время интерес к проблеме использования солнечной энергии резко возрос во всем мире. Потенциальные возможности энергетики, основанной на использовании непосредственно солнечного излучения, чрезвычайно велики.

В южных регионах с высокой инсоляцией строят не просто отдельные гелиоустановки, а целые станции, вырабатывающие энергию в промышленных масштабах. Количество солнечной энергии, производимое ими, весьма велико и многие страны с подходящим климатом уже начали постепенный перевод всей энергосистемы на такой альтернативный вариант. По принципу работу станции делят на фототермические и фотоэлектрические. Первые работают по методу коллекторов и



подают в дома разогретую воду для ГВС, вторые же вырабатывают непосредственно электричество.

Существует несколько видов гелиостанций:

1. Башенные. Позволяют получать сверхнагретый водяной пар, подаваемый на генераторы. В центре станции базируется башня с водным резервуаром, вокруг нее размещают гелиостаты (зеркальные), которые фокусируют лучи на резервуаре. Это достаточно эффективные станции, главный их недостаток - сложность точного позиционирования зеркал.

2. Тарельчатые. Состоят из приемника гелиоэнергии и отражателя. Отражатель - тарелкообразное зеркало, концентрирующее излучение на приемнике. Такие концентраторы солнечной энергии располагаются на небольшом удалении от приемника, а их количество определяется требуемой мощностью установки.

3. Параболические. Трубки с теплоносителем (обычно - маслом) помещают в фокусе длинного параболического зеркала. Разогретое масло отдает тепло воде, та вскипает и вращает генераторы.

4. Аэроостатные. По сути, это самые эффективные и мобильные гелиостанции на Земле. Их главный элемент - аэроостат с фотоэлектрическим слоем, наполненный водяным паром. Он поднимается высоко в атмосферу (обычно выше облаков). Разогретый пар из шара по гибкому паропроводу подается на турбину, на выходе из нее конденсируется, и вода насосом поднимается обратно в шар. Попав в шар, вода испаряется и цикл продолжается.

5. На фотобатареях. Это уже привычные всем установки на солнечных батареях, которые используются для частных домов. Они обеспечивают получение электроэнергии и подогрев воды в нужных объемах.

Сегодня разного рода гелиостанции (в том числе и комбинированные, объединяющие несколько типов) играют все большую роль в энергоснабжении многих стран. Но, к сожалению, вряд ли когда-нибудь эти огромные потенциальные ресурсы удастся реализовать в больших масштабах. Одним из наиболее серьезных препятствий такой реализации является низкая интенсивность солнечного излучения. Чтобы коллекторы солнечного излучения "собирали" за год энергию, необходимую для удовлетворения всех потребностей человечества нужно разместить их на территории 130 000 км<sup>2</sup>. Необходимость использовать коллекторы огромных размеров, кроме того, влечет за собой значительные материальные затраты.

Интенсивность солнечного света на уровне моря составляет 1-3 кВт/м<sup>2</sup>. КПД лучших солнечных батарей составляет 12-18 %. С учетом КПД преобразование энергии солнечных лучей с помощью фотопреобразователей позволяет получить с 1 м<sup>2</sup> не более 1/2 кВт мощности.

Опыт использования солнечной энергии в умеренных широтах показывает, что энергию солнца выгоднее непосредственно аккумулировать и использовать в виде тепла.

Территория нашей страны расположена между 56-м и 51-м градусами северной широты, что определяет угол падения солнечных лучей, продолжительность дня и солнечного сияния, с чем связано количество поступающей солнечной радиации. На географической широте Республики Беларусь солнечное излучение в год составляет около 1200 кВт.ч на 1 м<sup>2</sup>. Это соответствует количеству энергии, содержащемуся в 60 литрах нефти. В целом, ежегодное солнечное излучение на всей территории Беларуси составляет такое количество энергии, которое превышает в 20 раз потребность в газе для выработки энергии. В течение года угол падения солнечных лучей в полдень изменяется на 47°, продолжительность дня - более чем на 10 часов. Годовой приход

суммарной солнечной радиации увеличивается от северных к южным районам - от 3500 до 4050 МДж/м<sup>2</sup> (84 - 97 ккал/см<sup>2</sup>).

По метеорологическим данным, в Республике Беларусь в среднем 250 дней в году пасмурных, 185 дней с переменной облачностью и 30 ясных, а среднегодовое поступление солнечной энергии на земную поверхность с учетом ночей и облачности составляет 240 кал на 1 см<sup>2</sup> за сутки, что эквивалентно 2,8 кВт.ч/м<sup>2</sup>. Относительно малая интенсивность солнечной радиации и существенное изменение её в течение суток и года предполагает отчуждение значительных участков земли для сбора солнечного излучения, что требует весьма высоких материальных и трудовых затрат. По оценкам, для обеспечения потребностей Беларуси в электроэнергии при современном технологическом уровне требуемая площадь фотоэлектрического преобразования составляет 200 - 600 км<sup>2</sup>, то есть 0,1 – 0,3 % площади республики, что породило предложения об использовании территории Чернобыльской зоны для строительства площадок солнечных и ветровых электростанций.

В условиях Республики Беларусь целесообразны несколько вариантов использования солнечной энергии:

- для сушки кормов, семян, фруктов, овощей;
- для подъёма и подогрева воды на технологические и бытовые нужды;
- пассивное использование солнечной энергии методом строительства домов «солнечной архитектуры». Однако в настоящее время полностью игнорируются даже принципы пассивного солнечного отопления. Единственное здание в Беларуси, построенное с использованием этого принципа – немецкий Международный Образовательный Центр;
- для целей горячего водоснабжения и отопления с помощью солнечных коллекторов, которые рекомендуется устанавливать в коттеджах и загородных домах;
- для производства электроэнергии с помощью фотоэлектрических установок.

В результате возможная экономия ТЭР оценивается всего в 5 тысяч тонн условного топлива в год.

В настоящее время в Беларуси используется одна солнечная электростанция на фотоэлементах установленная в Беловежской пуще, которая отапливает два дома, и ещё несколько установлены в чернобыльской зоне.

Создано опытное производство систем горячего водоснабжения, базирующихся на использовании солнечной энергии. Эти устройства включают в себя солнечные коллекторы и теплонакопители. Оптимальный для местного климата вариант – система с четырьмя коллекторами – позволяет обеспечить потребности в горячем водоснабжении семьи из 4-5 человек. Зимой установку можно интегрировать со стандартной системой отопления.

Организовано производство гелиосистем для нагрева воды. Они представляют собой лёгкие, компактные конструкции, собираемые по модульному принципу. В зависимости от конкретных условий можно получить установку практически любой производительности. Гелиоустановки могут подсоединяться к централизованной системе отопления или работать автономно с заправкой бака-накопителя требуемой ёмкости.

При благоприятных экономических и производственных условиях можно рассчитывать на широкое использование гелиоводонагревателей в южных районах республики. Целесообразно также развивать автономные источники питания мощностью до 3-5 Вт (бытовая аппаратура, освещение, энергообеспечение жилого дома, линий связи и т. д.) и модульные фотоэлектрические установки для

сельскохозяйственных потребителей мощностью 0,5 и 1 кВт на элементах нового поколения.

Однако в целом в ближайшее время на значительное увеличение доли солнечной энергетики в стране рассчитывать не приходится. Высокая стоимость солнечных коллекторов, а также сопутствующие затраты на строительные работы, конструкции, кабели, системы управления, технические средства для обслуживания, инфраструктуру, в настоящее время накладывают сильные ограничения на развитие гелиоэнергетики в Беларуси.

*Список использованных источников:*

1. Алексеев В.В., Чекарев К.В. Солнечная энергетика. №12. - М.: Знание, 1991.-64с.
2. Кравченя Э.М., Козел Р.Н., Свирид И.П. Охрана труда и основы энергосбережения. – Мн.: ТетраСистемс, 2004.- 288 с.
3. Усковский В.М. Возобновляющиеся источники энергии. - М.: Россельхозиздат, 1986. – 126 с.

**Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Новосельцев В.Г., Черноиван А.В.**

### **ЭФФЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МОНОЛИТНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ФУНДАМЕНТНЫЕ ПЛИТЫ**

*Брестский государственный технический университет кафедра технологии  
строительного производства, кафедра теплогазоснабжения и вентиляции*

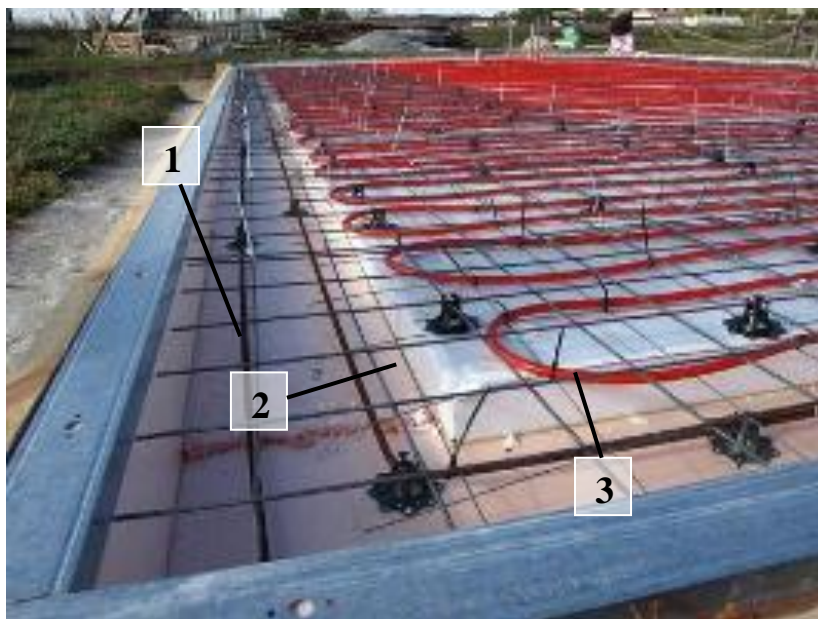
Плитные фундаменты являются разновидностью мелкозаглубленных фундаментов, закладываемых на глубине 40-50 см. От незаглубленных ленточных фундаментов они отличаются тем, что плитные основания жестко армируются по всей плоскости. Применение плитных фундаментов позволяет снизить объемы земляных работ и расход бетона, существенно сократить трудозатраты. Наличие армирования позволяет обеспечить совместную работу фундамента с грунтовым основанием, т.е. при замораживании грунтового основания фундаментная плита – перемещается вверх, а при оттаивании грунта – опускается. Совместность работы фундаментной плиты с грунтовым основанием предотвращает разрушение здания. За это свойство фундаменты такого типа получили свое второе название – “плавающие”. Плавающие основания особенно эффективны при больших нагрузках на фундамент, на слабых грунтах, на неравномерно сжимаемых грунтах, в сейсмически активных районах, на глубоко промерзающих почвах.

В последнее время плитные фундаменты стали широко применять как при возведении одноэтажных, так и многоэтажных зданий, и сооружений с подвалами или полуподвалами. Вызвано это тем, что фундаментная плита выполняет функции основания пола, и это позволяет существенно снизить трудоемкость при устройстве пола в полуподвальных или подвальных помещениях, исключив из производства работ такие технологические операции как: устройство подсыпки и подготовки под полы.

Отличительной особенностью плитных фундаментов является наличие в их конструктивном решении теплоизоляции. Это позволяет без дополнительных затрат обеспечить снижение потерь тепла через полы из помещений, расположенных на первом этаже зданий и сооружений. В качестве теплоизоляции рекомендуется

использовать экструдированный пенополистирол, который не гниет и обладает высокой прочностью и долговечностью.

На сегодня в Швеции разработана монолитная фундаментная плита, в конструкцию которой входит отопительная система (рис. 1).



1 – гидроизоляция (геотекстиль); 2 – теплоизоляция (плитный полистирол); 3 – система отопления (трубы водяного отопления)

Рис. 1 – Конструкция шведского варианта монолитной фундаментной плиты

Технология возведения шведского варианта плитного основания аналогична процессу возведения классического плитного основания [3] и отличается только тем, что включает устройство теплого пола.

Теплый пол по сравнению с радиаторным отоплением имеет следующие преимущества:

- при напольном отоплении распределение тепла в помещении идеально с точки зрения физиологии человека;
- большая часть тепла (до 70%) передается излучением, благодаря чему воспринимается более комфортно;
- из-за относительно низкой температуры теплоносителя, это примерно 25...50°C, экономия тепловой энергии составляет: в жилых зданиях – 20...30%; в помещениях с высокими потолками (высотой от трех метров) до 50% и выше;
- отсутствие традиционных отопительных приборов позволяет более эффективно использовать жилую площадь;
- отсутствие конвективных потоков приводит к уменьшению количества пыли в воздухе обогреваемого помещения.

Теплые полы по конструктивному решению подразделяются на обогреваемые электричеством или нагретой водой. В первом случае теплый пол представляет собой нагревательный кабель, в котором электрическая энергия преобразуется в тепловую. В другом варианте источником энергии является нагретый теплоноситель (чаще всего вода), который, проходя по уложенным в полу трубам, отдает тепло помещению.

Водяные теплые полы рекомендованы к использованию в частных домах. В городских квартирах с централизованным отоплением обустройство таких полов категорически запрещено из-за увеличения гидравлического сопротивления системы. Систему электрического теплого пола, исходя из вышесказанного, можно применять как для частных домов, так и для многоквартирных домов.

Для максимального снижения теплопотерь через полы первого этажа рекомендуется под нагревательные элементы теплого пола уложить на предварительно очищенное основание плитного фундамента теплоизоляционный слой. При укладке теплого водяного пола, как правило, используют плитный полистирол плотностью не менее 35 кг/м<sup>3</sup>.

Для устройства теплого пола с электрическим нагревательным кабелем применяются фольгированные теплоизоляционные плиты толщиной до 10 мм, что позволяет экономить 10-20% электроэнергии. Необходимо использовать только материалы с защитным слоем поверх фольги. Иначе фольгированный слой после заливки стяжки разрушается в течение 3-5 недель под воздействием щелочной среды. В качестве теплоизоляции в основном используются: изофлекс, пенофол, фольгоизолон, а также листы пробки и фольги

Технология устройства теплых полов подробно достаточно хорошо отработана на практике и изложена в литературе [2].

*Список использованных источников:*

1. ТКП 45-2.04-43-2006\* (02250) Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитект РБ., 2014. – 47 с.
2. В.Н. Черноиван, С.Н. Леонович. Теплоизоляционные, кровельные и отделочные работы – Минск: Новое знание; М.: ИНФА-М, 2014. – 272 с.
3. Технологическая карта на устройство монолитной фундаментной плиты. 7351ТК. ОАО ПКТИ промстрой, Москва, 2002. – 49 с.

**Батрак В.В., Веремейчик А.И., Сазонов М.И., Хвисевич В.М.,  
Черноиван Н.В.**

### **УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПОМОЩИ ЗАКАЛКИ ДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАЗМЕННОЙ ДУГОЙ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра сопротивления материалов и теоретической механики, кафедра технологии строительного производства*

#### *Введение*

Для повышения ресурса работы режущего и дробильного инструмента могут использоваться различные методы, основные из которых приведены в работах [1-3]. Проведенные эксперименты позволяют особо выделить из существующих способов поверхностное упрочнение деталей при помощи высокоинтенсивных источников нагрева [4], применение которого позволяет реализовать процесс упрочнения деталей лишь на незначительную глубину, оставляя пластичной сердцевину детали после предварительной объемной закалки. С целью повышения стойкости инструмента для переработки древесины необходима разработка соответствующих методов

увеличения надежности и долговечности при помощи поверхностной закалки движущейся плазменной дугой.

### *1. Особенности проведения исследований*

Проведено изучение процессов износа и упрочнения инструмента детали для дробления древесных отходов, использующихся при производстве ДСП. Эта деталь по форме представляет собой усеченную пирамиду из стали 45. Внешний вид детали с закаленными дорожками приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид детали

В процессе изготовления деталь на первом этапе подверглась предварительной объемной закалке с соответствующим отпуском при 200 °С с целью исключения образования вмятин при имеющих место значительных ударных нагрузках. Визуальные обследования показали ряд типичных дефектов – затупление, растрескивание и выламывание режущей кромки, отламывание кусков в периферийной зоне (рисунок 2).



Рисунок 2 – Характер износа ножа

Результаты экспериментов показали, что объемная термозакалка не обеспечивает требуемых физико-механических свойств детали. Для повышения

износостойкости в процессе трения и увеличению сопротивляемости пластическому и хрупкому разрушению предлагается применить двухстадийную поверхностную термообработку детали как наиболее полно обеспечивающую оптимальное сочетание величины вязкости сердцевины детали с высокой поверхностной твердостью. Такое упрочнение реализуется путем локальной закалки при помощи быстро перемещающегося высокоинтенсивного высококонцентрированного источника тепла, а именно плазменной дуги, генерируемой плазмотроном постоянного тока мощностью 0,6 – 1,4 кВт.

Такое упрочнение детали характеризуется рядом преимуществ [4]:

- достаточно малой глубиной закалки (всего лишь в местах износа) до 0,7 мм при  $v = 12$  мм/с; дополнительно – лишь до 0,1 мм при  $v = 30$  мм/с;
- при таком способе закалки твердость поверхностного слоя значительно выше, чем при объемной закалке;
- отсутствие термических деформаций изготавливаемой детали благодаря локальности и кратковременности взаимодействия плазмы с поверхностью металла.

Плазменная установка состоит из плазмотрона постоянного тока, силового источника питания дуги, высокочастотного устройства поджига дуги, системы газоснабжения плазмотрона аргоном и азотом, а также системы водоохлаждения плазмотрона. Силовой источник обеспечивает горение дуги при напряжениях 14-35 В и токах до 30 А, а его напряжение холостого хода не превышает 60 В.

Плазменная закалка производилась в среде аргона, причем в плазмотроне применено обжимающее дугу сопло с диаметром отверстия 1,2 мм. Скорость перемещения плазмотрона варьировалась от 10 до 30 мм/с. В результате проведенных экспериментов определены оптимальные параметры упрочнения. Оптимальная скорость перемещения плазмотрона  $v = 10-12$  мм/с, причем ток дуги составляет  $I = 26$  А для плоской поверхности дробильного инструмента, а при повторной закалке режущей кромки на небольшую глубину -  $I = 16$  А и  $v = 30$  мм/с.

## 2. Результаты экспериментальных исследований и обсуждение

Исследованы микротвердость поверхностного слоя в зависимости от расхода аргона, тока дуги, скорости перемещения плазмотрона. Определены зависимости микротвердости стали от скорости движения плазменной дуги по глубине поверхностного слоя. Типичная зависимость микротвердости по глубине при различных скоростях движения плазмотрона представлена на рисунке 3.

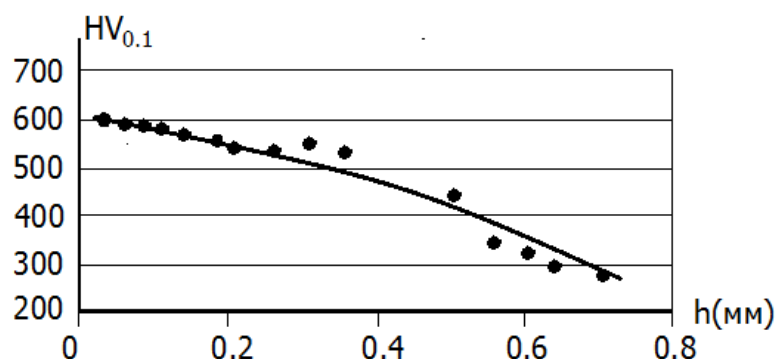


Рисунок 3 - Характер распределения микротвердости упрочненного слоя по глубине при  $v = 11$  мм/с

Результаты исследований показали, что значение микротвердости почти в 2 раза выше исходного. Наибольшая глубина упрочненного слоя достигается при

$v = 11$  мм/с, т.е. уменьшение скорости движения плазменной дуги приводит к увеличению глубины упрочненного слоя.

Достигнуто увеличение микротвердости до 500-600 HV<sub>0,1</sub>, причем толщина упрочненного слоя может изменяться в зависимости от скорости упрочнения от 0,1 до 0,7 мм. Кроме того, изучено влияние величины тока дуги на микротвердость и глубину закаленного слоя.

Как показали исследования, значительное влияние на формирование структуры материала поверхностного слоя и микроструктуру оказывает также среда, в которой горит дуга. При термообработке стали плазменной струей в защитной среде азота четко наблюдаются все три характерных слоя, которые видоизменяются при различных расходах защитного газа. Во внутренней зоне, плавно переходящей в исходный металл наблюдается преимущественная ориентировка зерен (текстура), которая возникает вследствие пластической деформации и аналогичной структуре ядра материала. Граница этой зоны соответствует глубине теплового влияния плазменной струи. Вторая зона состоит из равноосных зерен рекристаллизованного материала. Этот слой был подвержен расплавлению и при такой температуре произошел процесс перекристаллизации.

Поверхностный слой обработанной стали содержит дендритную структуру, возникающую в процессе перекристаллизации материала. Дендритная структура материала хорошо наблюдается при увеличении  $\times 675$ , она возникла вследствие быстрого охлаждения нагретого материала. Обследование закаленных образцов показало, что увеличение тока дуги ведет к значительному расширению зоны теплового воздействия плазменной струи.

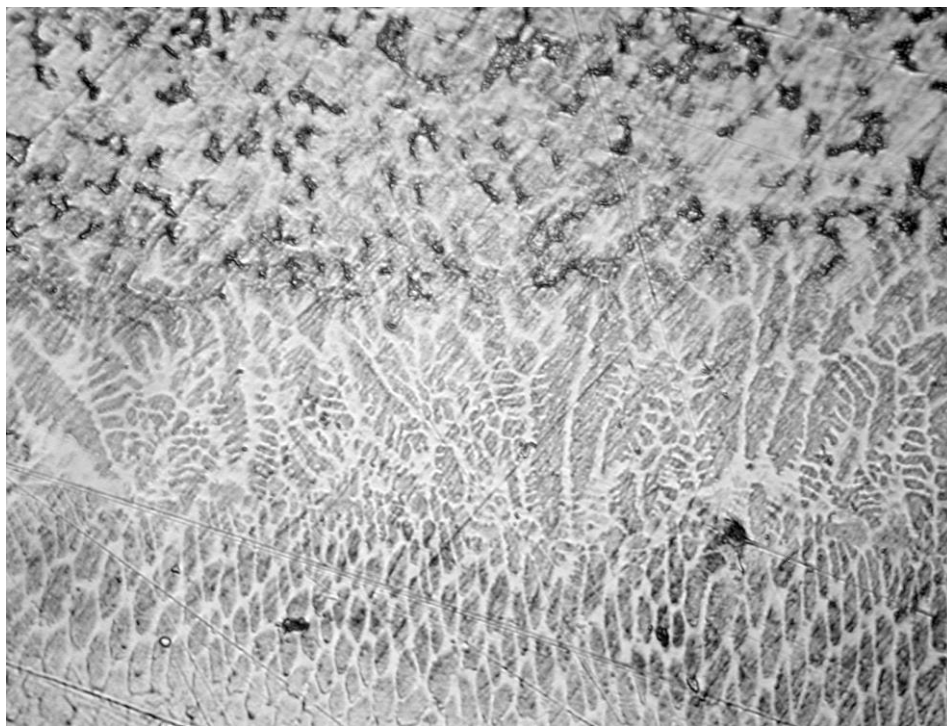


Рисунок 4 - Микроструктура стали при токах дуги при  $I = 15$  А ( $\times 675$ )

Проведены исследования фазового состава упрочненного слоя стали методом дифракции рентгеновских лучей. Сравнение фазового состава поверхностного слоя образцов, обработанных плазменной струей в защитных средах азота и аргона, показали значительное отличие.



Анализируя результаты рентгеноструктурных исследований, установлено, что при воздействии плазменной струи в защитной среде азота в фазовом составе стали образуются карбиды и нитриды железа – гексагональная фаза типа  $\epsilon$ , что объясняется диффузионным насыщением азотом и углеродом исходного материала и происходящими химическими процессами.

### 3. Некоторые результаты теоретических исследований

Проведено исследование температурных полей при закалке режущей кромки ножа. По режущей кромке прикладывалась температура  $1300^{\circ}\text{C}$ , остальные поверхности находились при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . Рассматривалась задача теплопроводности в стационарной и нестационарной постановке. Основные физико-механические характеристики материала принимались по [5]. Для расчетов использовался конечно-элементный комплекс «ANSYS» [6]. На рисунке 5 приведена схема инструмента, на рисунке 6 его конечно-элементная модель.

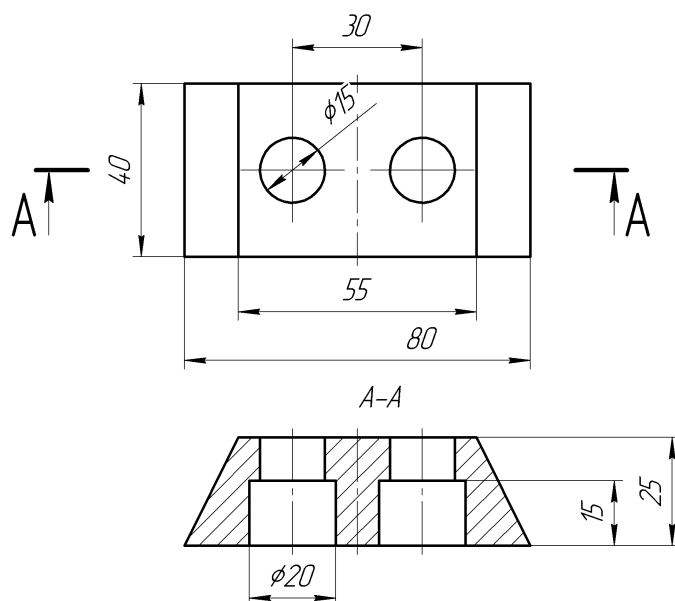


Рисунок 5 – Схема детали

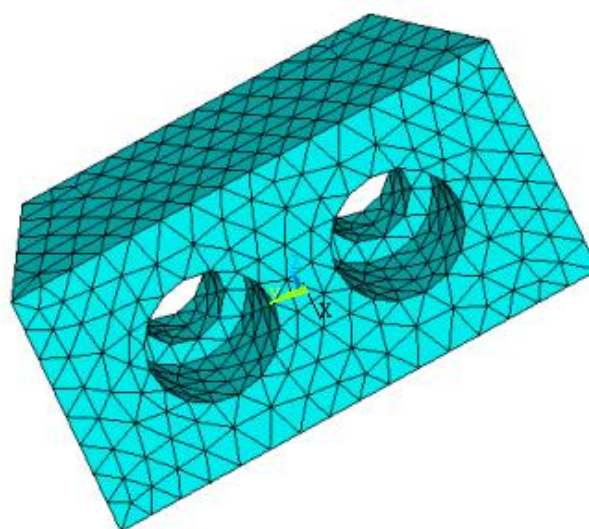


Рисунок 6 – Конечно-элементная модель

В результате теоретических исследований для различных режимов поверхностной закалки получены распределения температурных полей. Типичные распределения температурных полей по режущей кромке по опорной поверхности приведены на рисунках 7, 8.

Результаты теплового анализа сохраняются в отдельном файле и могут быть использованы при проведении статического анализа детали в качестве внешней нагрузки. При решении задачи термоупругости в случае одновременного действия механической нагрузки и полей температур полученные тепловые поля будут использоваться в качестве температурных добавок напряжений и учитываются в уравнениях термоупругости.

### Заключение

Проведено обследование работоспособности инструмента для дробления древесных отходов. Установлено, что ресурс непрерывной работы лимитируется сроком режущей детали, причем интенсивный износ детали связан с высокими скоростью вращения и особой структуры древесины.

В процессе эксплуатации происходит затупление, растрескивание, выламывание и вмятины режущей части кромки. Исследования показали, что такой

характер износа связан с объемной термозакалкой и возникающими высокими напряжениями в металле, в процессе эксплуатации детали.

Предложено для упрочнения применять дополнительно плазменную поверхностную закалку при помощи сжатой движущейся плазменной дуги, генерируемой плазмотроном постоянного тока малой мощности при скоростях перемещения ее 10-30 мм/с.

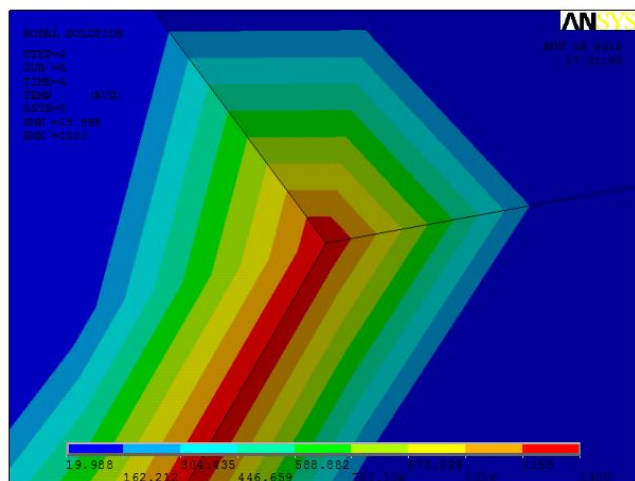


Рисунок 7 – Распределение температурных полей по режущей кромке

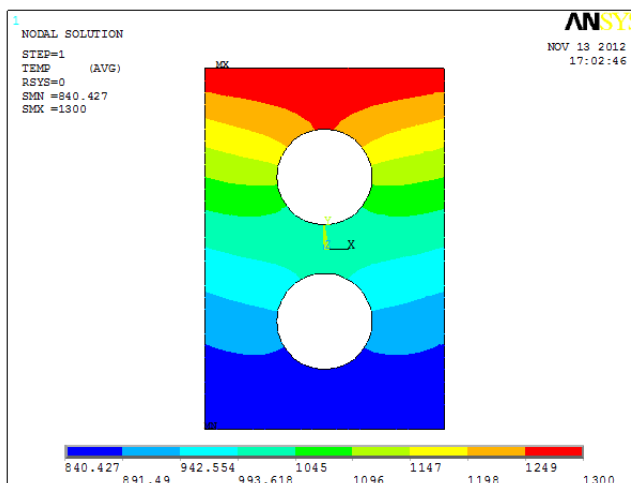


Рисунок 8 – Распределение полей температур на опорной поверхности инструмента

Проведены исследования структуры поверхностного закаленного слоя, его фазовый состав, микротвердость поверхностного слоя детали в зависимости от параметров плазменной дуги: тока дуги, скорости перемещения плазмотрона, величины расходов плазмообразующего и защитного газов (аргона и азота). В результате проведенных экспериментальных и теоретических исследований установлены оптимальные параметры плазменного упрочнения детали. Установлено, что ресурс работы детали увеличен в 4-4,8 раза.

*Список использованных источников:*

1. Спиридонов, Н.В. и др. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин / Н.В. Спиридонов, О.С. Кобяков, И.Л. Куприянов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1988. – 155 с.
2. Рыкалин, Н.Н. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник // Н.Н. Рыкалин. – М.: Машиностроение, 1985. – 485 с.
3. Кундас, С.П. Компьютерное моделирование процессов термической обработки сталей / С.П. Кундас. – Мн.: Бестпринт, 2005. – 313 с.
4. Сазонов, М.И., и др. Теоретические и экспериментальные исследования процесса поверхностного плазменного упрочнения режущего инструмента / М.И. Сазонов, В.М. Хвисевич, А.И. Веремейчик, В.В. Гарбачевский // Вестник БрГТУ – серия Машиностроение. – Брест: БрГТУ, 2013. – С. 28–31.
5. Басов, К.А. ANSYS: справочник пользователя / К.А. Басов. – М.: ДМК Пресс-2005. – 640 с.
6. Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. И.К. Кикоина. - М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.

Дмухайло Е.И., Белов С.Г., Белов В.С.

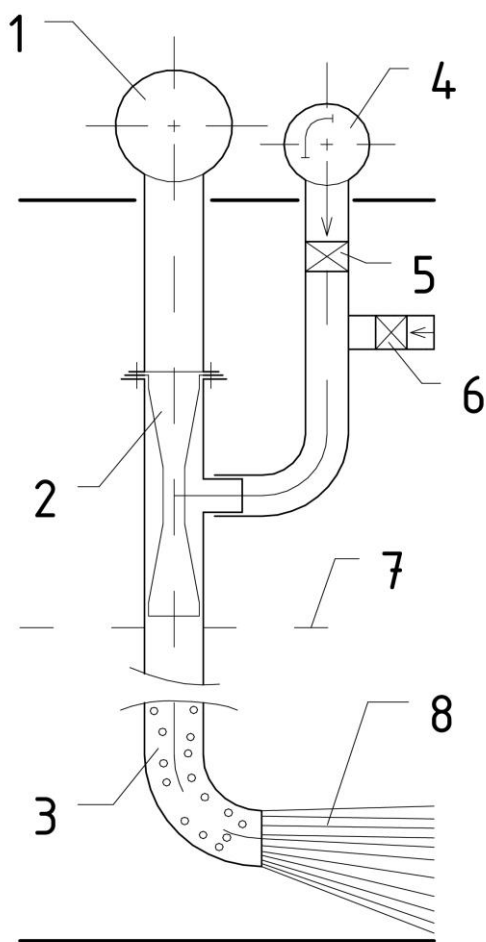
## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА СТРУЙНОЙ АЭРАЦИИ ДЛЯ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАБОТКИ ОСАДКА

*Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов*

До 80 % энергетических затрат станций очистки городских сточных вод составляют затраты на аэрацию воды и осадка. Совершенствование процессов аэрации позволяет увеличить производительность очистных сооружений, уменьшить их габариты, стоимость и занимаемую площадь, сократить потребление энергии [1].

Самыми эффективными с энергетической точки зрения являются мелкопористые распылители (пневмоаэраторы), однако они требуют сложной системы подводящих воздухопроводов, большого количества распылительных элементов, склонны к зарастанию пор в процессе эксплуатации. На втором месте по энергоэффективности находятся жидкостно-газовые эжекторы (струйные аэраторы), к.п.д. изотермического сжатия в которых достигает 45 %. В отличие от пневмоаэраторов струйные аэраторы надежны в работе, просты в конструкции и изготовлении, позволяют аэрировать не только сточные воды, но и осадки [2].

На кафедре ВВиОВР БрГТУ разработана система струйной аэрации, которая совмещает в себе достоинства механических и пневматических аэраторов. Основным элементом данной системы являются вертикальные трубы с эжекторными насадками (Рис. 1). Аэрируемая жидкость циркуляционным насосом (на рисунке не показан)



нагнетается в циркуляционный трубопровод 1, откуда поступает в вертикально расположенные насадки 2. Насадок представляет собой отрезок трубы, пережатый во взаимно-перпендикулярных направлениях, он продуцирует закрученную струю жидкости, которая увлекает воздух, дробя его на мелкие пузырьки. Газо-жидкостная смесь транспортируется по смесительной трубе 3 ко дну сооружения, обеспечивая насыщение жидкости кислородом и перемешивание. Аэратор может работать как в режиме самовсасывания, так и с наддувом сжатого воздуха, подаваемого по воздухопроводу 4. Для переключения режимов предусмотрены клапаны 5 и 6.

Предлагаемая система аэрации обеспечивает высокие скорости внесения кислорода при эффективности аэрации 2-3 кг  $O_2$ /кВт·ч электроэнергии, ее применение может быть особенно актуально в условиях перегрузки очистных сооружений.

Рис. 1. Устройство для аэрации жидкости:

1 – распределительная труба; 2 – эжекторный насадок; 3 – смесительная труба; 4 – воздуховод; 5 – клапан отключения-включения воздуховода; 6 – клапан отключения-включения режима самовсасывания; 7 – уровень жидкости; 8 – газо-жидкостный факел.

*Список использованных источников:*

1. ТКП 45-4.01-202-2010. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования. Минск, 2011, Министерство архитектуры и строительства РБ.
2. Худеико Б.М., Шпирт Е.А. Аэраторы для очистки сточных вод. М., Стройиздат, 1973. 112 с. (Всесоюз. науч.-исслед. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. Канализация).

**Янчилин П.Ф.**

## **СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ МАЛЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

*Брестский государственный технический университет, м.т.н., ст. преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

Солнечная энергия весьма универсальная с точки зрения возможностей ее использования человеком для своих нужд. Солнечное излучение (СИ) может быть относительно легко преобразовано в тепловую, механическую и электрическую энергию, а также использована в химических и биологических процессах. Солнечные энергетические установки (СЭУ) работают в системах отопления и охлаждения жилых, общественных и промышленных зданий, в технологических процессах, протекающих при любых температурах (от очень низких до ультравысоких). Сами технологические процессы преобразования и использования СИ по своей технологической сложности могут быть очень разными. Сами СЭУ могут быть по своим габаритам также различными [1].

В зависимости от технологических схем СЭУ могут существенно отличаться друг от друга — от простейших нагревательных плоских поверхностей до сложнейших систем управления для слежения за Солнцем с целью получения максимального прихода СИ на произвольную площадку. Для малых энергетических потребителей сложные системы экономически не выгодны, поэтому рассмотрим относительно простые варианты.

Принцип работы солнечных коллекторов основан на трансформации лучистой энергии солнца в тепловую энергию. Происходит это путем нагревания циркулирующего в коллекторе теплоносителя (чаще всего воды, иногда – антифриза) и последующей передачи накопленного тепла. Иными словами, солнечный коллектор работает как своего рода водонагреватель, что и определило его сферу применения (ГВС частных домов, отопление).

Существуют различные виды гелиоколлекторов, однако в водонагревательных установках все они работают по одной схеме. Солнечные лучи нагревают теплоноситель, который по тонким трубкам поступает в заполненный водой бак. Трубки с теплоносителем проходят через весь внутренний объем бака и нагревают

находящуюся в нем воду. В дальнейшем эта вода расходуется на бытовые нужды (отопление, ГВС и т.д.). Температура воды в баке контролируется специальными датчиками, при ее охлаждении ниже заданного минимума автоматически включается резервный подогрев (обычно – газовый или электродогрев).

*Плоский солнечный коллектор* нагревает теплоноситель при помощи пластинчатого абсорбера. Устроен он довольно просто. По сути, это пластина теплоемкого металла, выкрашенная сверху в черный цвет специальной краской. К нижней поверхности пластины плотно прилегает (приваривается) змеевидная трубка, по которой и циркулирует жидкость.

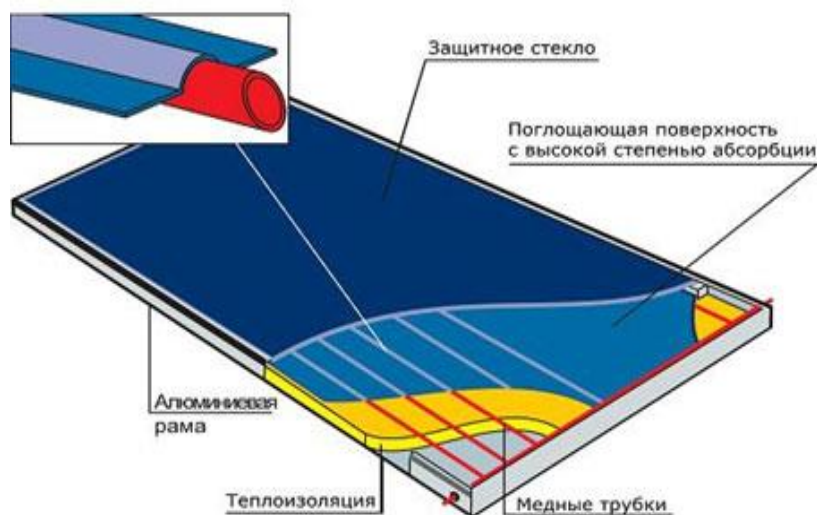


Рис. 1. Устройство плоского коллектора

Черная селективная краска обеспечивает максимальное поглощение солнечных лучей, причем их отражение практически равно нулю. Поглощенные лучи прогревают теплоноситель под абсорбером, он, в свою очередь, подается далее в систему. Для минимизации тепловых потерь применяются теплоизоляция абсорбера от корпуса коллектора и закаленное стекло, почти не содержащее окислов железа, которое устанавливается над абсорбером и выполняет функцию верхней крышки корпуса. Кроме того, использование подобного стекла позволяет создать своеобразный «эффект парника», что еще больше увеличивает прогрев абсорбера, а значит, и температуру теплоносителя.

Принцип работы *вакуумных коллекторов* иной. Объясняется это прежде всего разницей в конструкции. Главным рабочим элементом в вакуумных моделях является не пластина абсорбера, а система вакуумированных трубок и теплосборник. Причем вариантов конструкций таких трубок несколько. Тем не менее, несмотря на конструктивные различия, общая схема действия таких трубок фактически одинакова. Стеклопленочная поверхность поглощает максимум солнечных лучей благодаря специальному высокоселективному покрытию. Энергия солнца нагревает внутренний теплоноситель, а вакуумная прослойка ликвидирует теплопотери, так как вакуум – лучший изолятор. Через теплосборник аккумулированное тепло поступает далее в систему и используется для нагрева воды в баке-накопителе. В целом коллектор этого типа обеспечивает более высокую производительность по сравнению с плоским аналогом.

Устройство классической вакуумированной трубки довольно просто. Она представляет собой двухстенную стеклянную колбу, между стенками которой создан

вакуум. Внутри расположен медный сердечник (тепловой канал). Такая трубка называется «коаксиальной». Еще один вид – так называемые «перьевые трубки», одностенные колбы с вакуумом в самом тепловом канале. Принцип работы вакуумной трубки зависит от особенностей строения ее теплового канала и от типа самой колбы. Каналы же, как и колбы, бывают двух видов, *прямоточные* и типа *heat pipe* [2].

Действие прямоточных каналов основано на непосредственном протекании теплоносителя через U-образную медную трубку. Охлажденная жидкость попадает в трубку из теплосборника, проходит через нее, нагревается и возвращается в теплосборник. Там она отдает накопленное тепло основному теплоносителю и возвращается в трубку.

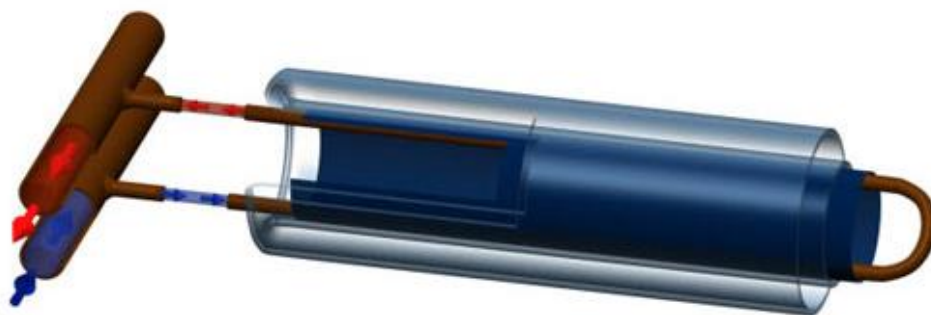


Рис. 2. Устройство прямоточного вакуумированного коллектора

Трубка *heat pipe* работает несколько иначе. Принцип ее работы основан на переносе тепла посредством легко испаряющейся жидкости, заключенной в тепловом канале. Сам канал (трубка) выполняется из теплоемкого металла (алюминий, медь). Солнечный свет нагревает жидкость, она испаряется из нижнего конца трубки и конденсируется в теплосборнике. Конденсат стекает вниз, где его вновь разогревает солнечный свет. Основной теплоноситель забирает тепло из теплосборника и передает его через коллектор дальше в систему.

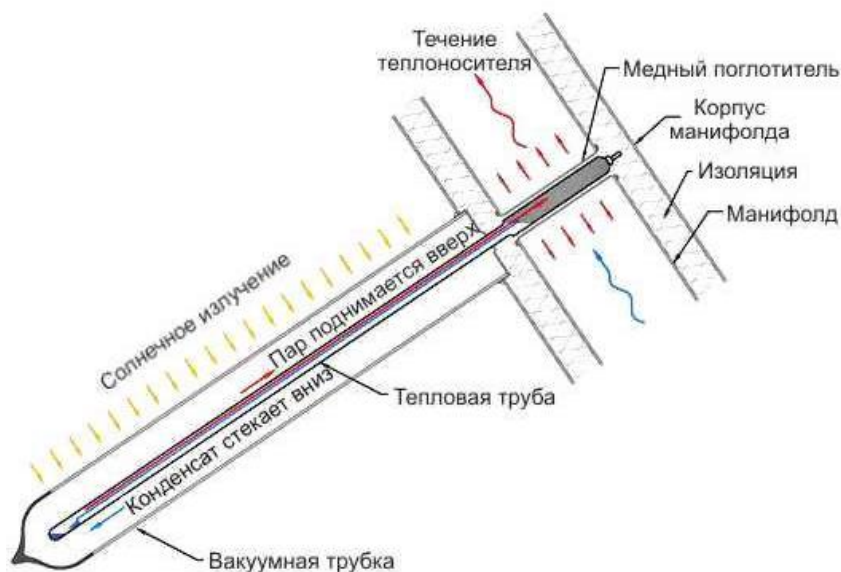


Рис. 3. Устройство вакуумированного коллектора типа «тепловая трубка»

Помимо трубок, вакуумный солнечный коллектор оснащен теплосборником, которые необходим для передачи тепла от трубок к теплоносителю. Размещается

теплосборник в верхней части агрегата. Принцип его работы – медный сердечник передает накопленную энергию основному теплоносителю, циркулирующему в замкнутом круге «теплообменник бака – коллектор». Циркуляцию обеспечивает специальный небольшой насос. Причем если температура теплоносителя упадет ниже определенного минимума (например, ночью), то управляющая автоматика водонагревательной системы отключит насос. Таким образом предотвращается обратный прогрев, при котором теплоноситель будет забирать тепло горячей воды в накопительном баке.

Ключевую роль играет характер инсоляции в конкретной местности, например, важным показателем может оказаться высота над уровнем моря. Пользователи из южных регионов, где более трёхсот солнечных дней в году, по достоинству оценят работу гелиосистемы. Больше всего тепла можно получить в ясную погоду, когда солнце в зените. Вечером и утром, а также в пасмурные дни производительность системы неизбежно падает. Чтобы «поймать» максимум лучей, нужно правильно установить коллектор: выдержать угол наклона, ориентировать модули на юг, устранить возможность затенения (высокие соседние здания, деревья) [3].

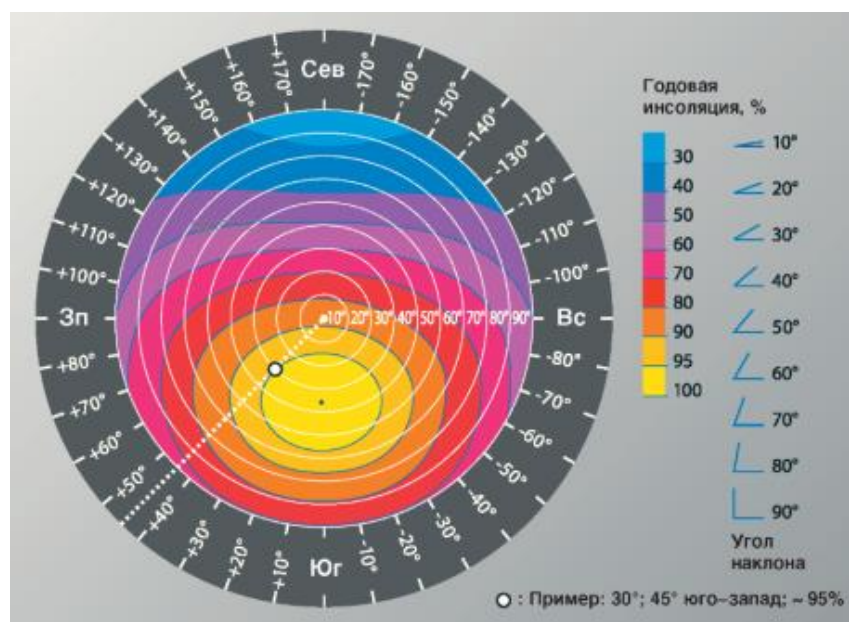


Рис. 3. Выбор оптимального угла установки коллектора в зависимости от времени года и направления

Довольно распространенный и, пожалуй, наиболее перспективный вариант использования солнечной энергии для теплоснабжения индивидуальных домов и других небольших объектов – система, представляющая собой комбинацию солнечных коллекторов, бака-аккумулятора, одного или нескольких отопительных котлов (технологически более «продвинутой» схема предусматривает еще и тепловой насос.) Такое сочетание обеспечивает комфортные условия с наименьшими затратами традиционных энергоносителей. В данном случае бак-аккумулятор с системой встроенных (обычно) теплообменников играет роль объединяющего и согласующего элемента всей установки теплоснабжения.

На сегодняшний день ситуация распространения солнечных коллекторов претерпела изменения. Ввиду изменения климата в некоторых областях использование солнечных коллекторов приобрело больше популярности. Солнечные коллекторы с успехом используют как для реализации бытовых нужд, так и для обогрева жилых помещений, на предприятиях различных масштабов, на овощных

плантациях. Такой способ получения энергии стал достаточно популярен во множестве государств, для которых экономия средств стоит на первом месте.

*Список использованных источников:*

1. Виссарионов В.И. и др. Солнечная энергетика: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И.Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 320с.
2. <http://solarb.ru/kak-rabotayut-solnechnye-kollektory-razlichnykh-vidov>
3. <http://teploguru.ru/sistemy/otoplenie-solnechnym-kollektom.html>

**Игнатюк Т.В., Лешко Г.В.**

## **ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства*

По статистическим данным в РБ ежегодно более 3000 работников получают производственные травмы различной степени тяжести. Опасной тенденцией стало развитие «человеческой составляющей». Такое положение обусловлено индивидуальными возможностями сотрудников строительной отрасли.

Во время трудового процесса функциональные возможности человека изменяются, и это находит отражение в колебаниях внимания, производительности труда и степени риска. Показатели работоспособности строителей в течение дня изменчивы.

Существует четыре периода работоспособности: адаптации, компенсации, неустойчивой компенсации, снижения работоспособности.

Период адаптационный (вработываемость). По мере приложения волевого усилия работоспособность человека нарастает, полнее включаются механизмы автоматического (стереотипного) действия (длится 20-30 мин). При этом в работе могут возникнуть сбои и ошибки.

Период компенсации. Уровень работоспособности устойчиво высокий, характеризуется оптимальным, экономичным режимом работы организма, стабильными результатами работы, а также максимальной производительностью. На этом этапе несчастные случаи редки (продолжительность 3,5-4 ч).

Период неустойчивой компенсации характеризуется колебаниями работоспособности, но без закономерной тенденции к снижению, могут быть объективные признаки утомления (продолжительность 1-2 ч).

Период снижения работоспособности. Производительность снижается постепенно на 20-25 %, появляются выраженные субъективные и объективные признаки усталости (продолжительность 1-2 ч).

На фоне характерной динамики изменения работоспособности могут быть изменения, обусловленные кратковременными психологическими и физиологическими причинами (психологической стимуляцией, изменением воздушной среды, температуры помещения и т.п.). Психологическая стимуляция может осуществляться на любом этапе работоспособности. Человек способен усилием воли повышать внимание и работоспособность на определенный период времени.



Наиболее часто в практике наблюдаются снижения работоспособности, связанные с перерывом в работе и психологическим угнетением. Перерыв обычно обусловлен обедом. При этом кривая изменения работоспособности имеет стандартный характер: снижается перед обедом и не сразу восстанавливается после него. Изменения работоспособности обусловлены развивающимся утомлением или явлениями «психологической демобилизации» в предобеденный период и необходимым этапом вработываемости при возобновлении работы (при приеме пищи также физиологической слабостью, сопровождающей пищеварительный процесс). Длительные перерывы в работе сопровождаются спадом не только работоспособности, но и внимания.

Имеются также наблюдения о характерных изменениях работоспособности людей в течение года. Наивысшая производительность по данным некоторых авторов наблюдается в декабре и январе, в конце августа начинается спад производительности умственного труда. Наибольшее значение с позиций организации безопасности труда имеет изменение работоспособности, которая также характеризуется периодом адаптации в начале недели и периодом спада на завершающем этапе.

Руководителю необходимо знать динамику работоспособности для того, чтобы корректировать поставленные работнику задачи. Снижение работоспособности в конце дня или недели требует снижения ритма и величины нагрузки, особое внимание следует уделить профилактике травматизма.

Еще одной причиной возникновения травм, аварий и несчастных случаев в строительстве, является психологическая обстановка в коллективе. Степень снижения психофизиологических профессионально важных качеств работника зависят от выраженности психотравмирующей ситуации и от личностных показателей (особенности темперамента, функционального изменения в организме, дефекта органов чувств, неудовлетворенность данным видом деятельности) человека. К психическим производственным факторам относят неопределенность роли работника, когда ему не ясно, что входит в круг его обязанностей, пренебрежение мнением коллег, изолированность рабочих мест и недостаточные социальные контакты, вызывающие чувство одиночества.

Негативно воздействуют на персонал в процессе деятельности физические стрессы труда. Это может быть чрезмерная интенсивность работы или, наоборот, значительная недогрузка, вызывающая состояние пустоты. Давление фактора времени (срочная работа). Однообразный монотонный труд, недостаточная двигательная активность. Различные негативные воздействия (шумы, вибрация, высокая или низкая температура). Сменный график труда, когда нарушается сон, периодичность еды, привычки.

Чрезмерные формы психического напряжения принято называть запредельными. Нормальная загрузка (эмоциональная стимуляция) человека не должна превышать 40 – 60 % и только в кризисных ситуациях она может возрасти до 80 % максимальной нагрузки, т.е. нагрузки до предела, когда, наступает снижение работоспособности.

Формирование правильных взглядов на организацию работы и выполнение мероприятий по охране труда имеет решающее значение для благоприятного функционирования рабочего коллектива, снижения риска возникновения несчастных случаев на производстве, повышения производительности труда.

Для выполнения этой работы необходимы постоянное внимание руководителей производства и комплексные усилия общественных организаций и специалистов охраны труда. Учитывая наибольшую подверженность молодых строителей

производственному травматизму, для этой категории сотрудников в коллективах должна создаваться особая обстановка заботы по воспитанию и обучению безопасным формам труда. Производственному активу, наставникам следует использовать все методы для формирования у молодых рабочих установки на соблюдение требований безопасности труда.

Применение на практике психофизиологических особенностей человека позволит рационально организовать труд, и тем самым, обеспечить безопасность работников и повышение производительности труда.

*Список использованных источников:*

1. Артемова Л.А. Охрана труда и стрессы на рабочем месте// Сибирский торгово-экономический журнал, 2009, №8
2. Челноков А. А., Ющенко Л.Ф.. Охрана труда : учеб. Пособие /– 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2006. – 463 с.

**Дворниченко А.В.**

### **КАТЕГОРИЯ «ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ» В РАЗРЕЗЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра высшей математики*

В Законе Республики Беларусь от 10 июля 2012 г. № 425-З «О государственной инновационной политике и инновационной деятельности в Республике Беларусь» даются следующие определения.

Инновации (нововведения) – создаваемые (осваиваемые) новые или усовершенствованные технологии, виды товарной продукции или услуг также организационно-технические решения производственного, административного, коммерческого или иного характера, способствующие продвижению технологий, товарной продукции и услуг на рынок.

Инновационная деятельность – деятельность, обеспечивающая создание и реализацию инноваций.

Инновационный процесс – процесс последовательного проведения работ по преобразованию новшества в продукцию (услуги) и введение ее на рынок для коммерческого применения.

Инновационный проект – комплекс работ по созданию и реализации инноваций (от исследований до практического использования полученных результатов). Целью проекта является создание и освоение новых технологий и (или) видов продукции (услуг), а также разработка новых решений производственного, организационного и социально-экономического характера. Проекты могут выполняться самостоятельно или быть составной частью государственных, отраслевых, региональных; межгосударственных научно-технических программ. [2]

В открытой экономической системе, которой является Республика Беларусь, традиционно выделяется четыре макроэкономических субъекта: домашние хозяйства, фирмы, государство и зарубежье. [1, с. 107-118] Современные исследователи институционального направления (Шумпетер, Норт, Турэн) [3] выделяют еще три

субъекта отношений, не входящих в вышеприведенную структуру – это предприниматель, группа и социальное движение.

Под группой понимают объединенных общей целью людей, между которыми исключается возникновение властных отношений. От фирмы группа отличается отсутствием формальных и властных отношений, каждый участник полностью свободен в процессе отношений и не делегирует часть своих прав другому члену группы. От домашнего хозяйства группа отличается отсутствием семейно-родственных связей и возможностью безграничного привлечения участников в ряды группы.

Под социальным движением понимается форма неправительственных некоммерческих организаций, объединяющих участников по принципу солидарности и соответствия определенным профессиональным, социальным, национальным и другим классификационным отличиям. Социальное движение, в отличие от группы имеет четкую совместную цель, а, следовательно, и общую мотивацию, содержит иерархию управления и механизм принуждения – социальная дискриминация членов движения вплоть до исключения из собственных рядов.

Такое дифференцирование процесса управления по субъектам данных приводит к экономической категории «благо». Благо – это эквивалент удовлетворения человеческой потребности или стремления, результат деятельности, удовлетворяющей эти потребности.

Экономическая категория «благо» имеет три формы – это частное благо, клубное и общественное. Частное благо соответствует императиву максимизации индивидуальной полезности, то есть, направлено на извлечение максимальной пользы индивидуальным (одним) пользователем блага. Клубное благо направлено на извлечение максимальной пользы закрытой группой лиц. А общественное благо стремится максимизировать реализацию общественных интересов [3].

В своей книге «Институциональная экономика» Олейников А.Н. сделал попытку анализа типологии инноваций с мотивацией ее субъектов [3].

В общем виде эта взаимосвязь представлена в таблице 1.

Таблица 1. Мотивация субъектов инновационного процесса к различным типам инноваций

Субъект Тип инновации	Предпри- ниматель	Домашнее хозяйство	Фирма	Группа	Социальное движение	Государ- ство
Частное благо	+2	0	0	+1	-1	-2
Клубное благо	+1	0	0	+2	+1	-2
Обществен- ное благо	0	-2	+1	-1	+1	+2

Цифры в таблице представлены в пятибалльной шкале: +2 – максимальная сила стимулов к осуществлению данного типа инноваций -2 – консервативная ориентация в данном типе инноваций, 0 – нейтральное отношение.

Анализируя данную таблицу можно сделать вывод о том, что в отношении инновации как частного блага заинтересован в первую очередь предприниматель. В наименьшей степени заинтересовано (консервативно) государство, так как ориентация на индивидуальную выгоду может принести ущерб общественным интересам.

Самые сильные стимулы к осуществлению инноваций имеет клубное благо. В нем более остальных заинтересована группа – потому, что закрытая группа позволяет

обеспечить извлечение дополнительной ренты всеми участниками. В наименьшей степени в клубном благе вновь заинтересовано государство – так как оно создает предпосылки к социально-экономической (а иногда и классовой) дифференциации общества, что не позволяет государству выполнять тезис об общедоступности прав граждан.

Государство в большей степени заинтересовано в инновациях в форме общественного блага как одной из форм проводимой социально-экономической политики. В то же время наиболее консервативны к такому роду инноваций домашние хозяйства, потому что любые общественные инновации приносят революционные изменения в протекании их текущей социально-экономической деятельности (по большей части рутинной). Эти изменения вызовут необходимость реорганизации и адаптации, что негативно воспринимается большей частью населения.

Исходя из императива ориентации на максимизацию экономического эффекта, можно предположить, что в большей степени внешний мир заинтересован в инновациях в форме частного и клубного благ – с помощью импорта национальных инновационных ресурсов, а в меньшей степени (или нейтрально) к инновациям в форме общественного блага.

Таким образом, в разрезе прикладных исследований, связанных с разработкой энергоэффективных технологий и процессов, при расчете наилучшего исхода игры (согласования взаимных интересов) можно минимизировать транзакционные издержки на создание, реализацию и закрепление прав собственности за участниками инноваций.

*Список использованных источников:*

1. Дорнбуш Р. Макроэкономика / Р.Дорнбуш, С.Фишер. – М.: ИНФРА-М, 1997.
2. О государственной инновационной политике и инновационной деятельности в Республике Беларусь: Закон РБ от 10 июля 2012 г. № 425-З.
3. Олейник А.Н. Институциональная экономика: учеб. пособие / А.Н. Олейник. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 416 с.

**Новосельцева А.Г.**

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ И ПАРООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов*

Промышленные газовые выбросы могут содержать токсичные вещества: наиболее опасны оксиды серы, азота, углерода (СО), аммиак, хлористый водород, фтористый водород, хлор, пары летучих органических соединений: ацетона, бензола, толуола, ксилола, фенола, метилэтилкетона, низших спиртов, гептана, сероуглерода, эфиров, галогенуглеводородов (фтор- и хлорпроизводных), бензина. Общим для всех загрязнений данной группы является то, что при обычных атмосферных условиях (давление, температура) эти вещества находятся в газообразном состоянии в потоке очищаемого газа.

Таблица 1. Методы очистки промышленных газовых выбросов от газообразных и парообразных загрязнений

Методы очистки	тип процесса	аппараты
абсорбционные	поглощение загрязнений растворителем (водой) с образованием раствора	насадочные башни; скрубберы; барботажно-пенные аппараты и др.
хемосорбционные	химическое взаимодействие загрязнений с жидкими сорбентами (поглотителями) с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений	насадочные башни; скрубберы; распылительные аппараты и др.
адсорбционные	адсорбция загрязнений на поверхности твердого вещества	адсорберы
термические	окисление загрязнений кислородом воздуха при высоких температурах с образованием нетоксичных (менее токсичных) соединений	камеры сжигания и др.
каталитические	каталитическая химическая реакция загрязнений с другими загрязнителями или добавленными веществами с образованием нетоксичных (менее токсичных) соединений	каталитические и термокatalитические реакторы
биохимические	трансформация загрязнений под воздействием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами	биофильтры; биоскрубберы

#### *Абсорбционные методы*

Они основаны на различиях в растворимости веществ в определенных растворителях. При контакте загрязненного газового потока с жидким растворителем пары определенных загрязнений поглощаются растворителем – абсорбентом с образованием раствора. Наиболее дешевым и доступным в промышленных условиях растворителем является вода. Процесс поглощения таких загрязнений растворителем (водой) проводится одним из следующих способов.

Загрязненный газовый поток:

- а) пропускается через насадочную колонну, орошаемую растворителем (водой);
- б) контактирует с каплями жидкости, распыляемой форсунками;
- в) барботируется через слой жидкости.

Чистый растворитель вводится в верхнюю часть аппаратов абсорбционной очистки, а из нижней части аппаратов отбирают отработанный раствор. Очищенный газ из верхней части аппаратов выводится в атмосферу. Полученный раствор подвергают обычно регенерации, т.е. очищают от загрязнений и снова возвращают в аппарат. Концентрат загрязняющих веществ используют в качестве ВМР – вторичного материального ресурса или отхода. Таким образом, в атмосферу загрязнения не поступают, но могут загрязнять почву в виде твердых отходов или поступать в водоемы в составе сточной воды, если не применяются в производственном процессе малоотходные или безотходные технологии.

#### *Хемосорбционные методы*

Они основаны на химическом взаимодействии газообразных или парообразных загрязнений с твердыми или жидкими поглотителями с образованием малолетучих

или малорастворимых химических соединений. Используемые в методе реакции, как правило, обратимы. Потому при определенных условиях возможно смещение равновесия в сторону обратной реакции, т.е. десорбция поглощаемого вещества, регенерация хемосорбента. Аппараты хемосорбционной очистки похожи на аппараты абсорбционной очистки. Общим недостатком этих аппаратов является образование большого количества отходов.

#### *Адсорбционные методы*

Они основаны на явлении избирательной адсорбции (поглощения и концентрирования) загрязнений на поверхности твердых тел. В адсорбционных методах очистки используются сорбенты, имеющие пористую структуру и, как следствие, большую удельную поверхность. Например, удельная поверхность единицы массы активированного угля достигает  $10^6$  м<sup>2</sup>/кг. Такие сорбенты применяют для очистки газов от паров органических растворителей, удаления неприятных запахов и др. Основными промышленными сорбентами являются активированный уголь, активированный глинозем, силикагель, синтетические цеолиты.

Аппараты для адсорбционной очистки газов представляют собой вертикальные, горизонтальные или кольцевые емкости, заполненные пористым адсорбентом, через слой которого пропускается поток очищаемого газа. За время контакта загрязнения задерживаются поверхностью адсорбента, а из аппарата выводится газ, который может содержать инертные примеси, не взаимодействующие с адсорбентом или незначительно им поглощаемые. Регенерацию адсорбента проводят продувкой нагретым водяным паром.

#### *Термическая нейтрализация*

Нейтрализация загрязненных газовых выбросов основана на окислении загрязнений кислородом воздуха при высоких температурах до менее токсичных соединений. Метод применим для очистки газовых выбросов, содержащих пары органических соединений, но не содержащих таких загрязнений, как галогены, сера, фосфор и их соединения. Ограничение обусловлено тем, что при горении указанных соединений образуются, как правило, продукты, превышающие по токсичности исходные загрязнения.

Процесс очистки может проводиться: прямым сжиганием загрязнений в пламени с температурой 600 – 800<sup>o</sup>C в присутствии катализаторов или без них, окислением при температурах 250 – 450<sup>o</sup>C. Прямое сжигание (факел) применяют для горючих газообразных отходов технологического процесса. Например, если отходящие газы содержат водород, летучие углеводороды, метан в больших концентрациях и температура их достаточна для горения, то такая газовая смесь будет гореть. В пламени проходит окисление других примесей. Термическое окисление при более низких температурах проводят в тех случаях, когда концентрация горючих примесей мала и они не обеспечивают требуемой высокой температуры газового потока, или в газовой смеси недостаточно кислорода для горения.

Каталитическое окисление проводят для того, чтобы получить менее токсичные продукты горения за счет образования определенных промежуточных соединений веществ газовой смеси с катализатором. В очищаемый газ при необходимости могут вводиться дополнительные вещества, участвующие в каталитической реакции с веществами-загрязнениями с образованием менее токсичных промежуточных продуктов. В промышленности в качестве катализаторов чаще применяются химически инертные металлы: платина, палладий. Процесс проводится в каталитических и термокаталитических реакторах.

### *Биохимические методы*

Биохимические методы очистки газовых выбросов от загрязнений – это по существу каталитические методы, но отличающиеся тем, что катализаторы процессов превращения загрязняющих веществ в менее токсичные «поставляются» живыми микроорганизмами. Процесс может проводиться в биофильтрах и биоскрубберах. Принципиальное отличие биофильтров от аналогичного типа аппаратов других методов газоочистки заключается в том, что фильтрующим элементом является почва, торф или другой – материал, на поверхности и в объеме создаются условия для поддержания жизнедеятельности сообщества микроорганизмов. Основное отличие биоскрубберов состоит в том, что поток газа контактирует не с каплями жидкости, а с каплями суспензии активного ила. Биохимический метод пока широкого применения не находит из-за сложности обеспечения стабильной жизнедеятельности сообщества микроорганизмов.

Для очистки воздуха от туманов, кислот, щелочей, масел и других жидкостей используются туманоуловители - волокнистые фильтры, принцип действия которых основан на осаждении капель на поверхности пор с последующим их стеканием под действием гравитационных сил.

*Список использованных источников:*

1. Буторина М.В. и др. Инженерная экология и экологический менеджмент. – М.- «Логос», 2003
2. Челноков А.А., Ющенко Л.Ф. Основы промышленной экологии. – Минск. – «Вышэйшая школа», 2001

### **Шляхова Е.И.**

#### **АРМИРОВАНИЕ БЕТОНОВ БАЗАЛЬТОВЫМ ВОЛОКНОМ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства*

В настоящее время большая часть строительных работ ведется с применением бетонов. По своей структуре бетон имеет хорошие показатели прочности на разрыв, но недостаточно стоек к сжатию. Повысить показатели прочности и избежать образования трещин можно несколькими способами: армированием непрерывной волокнистой арматурой и модифицированием вяжущего вещества с помощью полипропиленовых, стеклянных, базальтовых и металлических волокон. Второй способ является более эффективным. Он позволяет изготавливать конструкции сложной конфигурации, повышает пластичность бетонной смеси, уменьшает общую массу конструкции, а также позволяет решить проблемы, связанные с использованием сварной проволочной арматуры в перекрытиях и позволяет сэкономить на приобретении металла.

Полипропиленовое волокно при замене сварной проволочной сетки предотвращает образование усадочных трещин в конструкции и повышает ее прочность на изгиб более чем на 2 %. При определенном дозировании волокно заменяет вторичное армирование и обеспечивает пластичность бетона, но не заменяет конструктивную стальную арматуру. Однако, полипропиленовое волокно имеет свои

недостатки. Оно деформируется при небольших нагрузках на растяжение, теряет свои свойства с течением времени и горит при воздействии на него открытого пламени [1].

С целью сохранения прочностных характеристик бетона необходимо производить армирование с использованием базальтового волокна, которое полностью лишено всех перечисленных недостатков армирующих материалов.

Базальты весьма распространены, их запасы в земной коре практически неисчерпаемы, они обладают рядом ценных свойств. Технология получения базальтовых волокон принципиально не отличается от технологии получения стеклянных волокон. Но при получении базальтового волокна исключаются многие операции по приготовлению многокомпонентной шихты, что в свою очередь, позволяет снизить не только трудоемкость и энергоемкость технологического процесса, но и себестоимость волокна. Исследования свойств базальтовых и стеклянных волокон в различных средах свидетельствуют о том, что использование базальтового волокна в качестве армирующего элемента в цементных системах является целесообразным и эффективным. Базальтовое волокно обладает высокими физико-механическими свойствами, повышенной коррозионной и химической стойкостью к воздействию агрессивных сред [2].

Изготовленное из горных пород, базальтовое волокно не вступает в реакцию с солями или красителями, поэтому бетонные растворы с добавкой волокна могут применяться при строительстве морских сооружений, и в архитектурном и декоративном бетонах. При производстве дорожных покрытий с применением базальтового волокна оно предохраняет асфальтобетонные покрытия от проникновения антиобледеняющих солей и агрессивных веществ, а также повышает жесткость поверхности [1].

Главными особенностями базальтоцемента являются его высокая прочность при всех видах напряженных состояний и способность переносить большие деформации в упругом состоянии. При этом относительная деформация цементного камня без образования трещин достигает 0,7-0,9 %. Такая деформация в 35-45 раз превосходит предельное удлинение неармированного цементного камня, значительное увеличение деформативности и прочности цементного камня происходит за счет устранения базальтовыми волокнами влияния концентрации напряжений в местах, ослабленных структурными дефектами цементного камня (раковинами, микротрещинами и т.п.).

Основными преимуществами бетона, армированного базальтовыми волокнами, являются снижение толщины бетонного слоя на половину в сравнении с обычным бетоном, снижение общей стоимости строительства, уменьшение трудозатрат, связанных с установкой проволочной сетки, уменьшение стоимости ремонта и обслуживания благодаря долговечности бетона, армированного базальтовыми волокнами [3].

Качество бетонов, армированных базальтовыми волокнами, определяют следующие факторы:

- однородность структурного распределения волокна в цементной матрице, обусловленное технологией изготовления фибробетонной смеси;
- оптимальное содержание фибры с обеспечением заданного контролируемого качества бетона.

Для определения влияния дисперсного армирования базальтовым волокном на прочностные свойства напрягающего бетона, а также для установления оптимального содержания базальтового волокна в матрице бетона, были проведены экспериментальные исследования. Первоначально было произведено проектирование базового состава бетонной смеси, в которую далее вводили базальтовые волокна.



Содержание базальтовой фибры составило: 1 концентрация – 1 кг/м<sup>3</sup>; 2 концентрация – 1,5 кг/м<sup>3</sup>; 3 концентрация – 2 кг/м<sup>3</sup>. Приготовление бетонной смеси осуществлялось в следующей последовательности: перемешивание в сухом состоянии цемента, песка, щебня и базальтовой фибры с последующим затворением смеси заданным количеством воды. Затем из бетонной смеси готовились стандартные образцы, предназначенные для испытания на осевое сжатие и растяжение. В возрасте 7, 14 и 28 суток кубы каждой концентрации были испытаны на прочность при сжатии. Результаты испытаний в возрасте 7 суток: с первой концентрацией - 27,5 МПа, со второй концентрацией - 24,23 МПа, с третьей концентрацией – 26,27 МПа.

Экспериментальными исследованиями установлена рекомендуемая дозировка базальтовой фибры в напрягающий бетон, которая составила от 1 кг/м<sup>3</sup> до 1,5 кг/м<sup>3</sup>. При концентрации базальтовой фибры в таких пределах происходит рост прочностных показателей бетона, таких как прочность на растяжение при изгибе и прочность на сжатие. Рост прочности на растяжение при изгибе колеблется в пределах от 11 до 25 % для образцов с 1 и 2 концентрацией.

Увеличение прочности образцов на сжатие и изгиб объясняется тем, что введение в смесь базальтовых волокон способствует увеличению сцепления с цементно-песчаной матрицей. Проведенные исследования показали, что даже небольшая добавка базальтовой фибры значительно увеличивает прочность бетона на растяжение и изгиб. При дальнейшем увеличении дозировки базальтовых волокон начинает происходить комкование фибры, что приводит к образованию «ежей». При образовании таких комков, базальтовая фибра не может в полной мере равномерно распределиться в бетонной смеси и качественно сцепится с цементно-песчаной матрицей, при этом увеличение прочности не происходит.

Таким образом, применение базальтового волокна в качестве армирующего компонента для напрягающих бетонов, позволяет повысить прочностные характеристики и значительно уменьшить вес конструкции, решает вопрос экономии сырья, энергетических и трудовых ресурсов при производстве изделий.

*Список использованных источников:*

1. Бетоны, армированные базальтовыми волокнами/Новицкий А.Г.
2. Бучкин А. В. Мелкозернистый бетон высокой коррозионной стойкости, армированный тонким базальтовым волокном // Автореф. диссертации на соиск. уч. степени канд. техн. наук. –М., 2011. –20 с.
3. Аспекты применения базальтовой фибры для армирования бетонов/
4. Новицкий А.Г., Ефремов М.В. //Сборник Строительные материалы, изделия и санитарная техника. - 2010, № 36.

**Рачковская Е.Д.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ АВТОРИТЕТАМИ ТЕРМОСТАТИЧЕСКИХ КЛАПАНОВ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра  
теплогасоснабжения и вентиляции*

Повышение энергетической безопасности Республики Беларусь является одним из приоритетных направлений государственной политики. Эта цель ставит

соответствующие задачи перед строительной отраслью, в частности при проектировании инженерных систем зданий.

Эффективное управление системами отопления оказывает большое влияние, как на экономию энергии, так и на тепловой комфорт жильцов. По данным Министерства энергетики США, перегрев может увеличить объем потребления топлива на отопление на целых 3% за каждый градус по Фаренгейту выше требуемой заданной температуры точки пространства (Департамент США по энергетике, 2013).

В зависимости от типа системы отопления, существует несколько вариантов решения такой проблемы и балансировки системы, в результате которой может быть уменьшена центральная подача тепла. Один из способов – использование запорно-регулирующей арматуры, в частности терморегулятора.

Впервые автоматический радиаторный терморегулятор систем водяного отопления зданий был разработан основателем компании “Данфосс” Медсом Клаузенем в 1943 году. Более 40 лет назад терморегуляторы “Данфосс” впервые появились в России, тогда ими оборудовались лишь элитные постройки. Сегодня они ставятся в тысячах зданий.

Радиаторные терморегуляторы позволяют расходовать именно такое количество энергии, которое необходимо в данный момент для поддержания комфортной температуры в помещении.

По данным исследования, проведенного Рейнско-Вестфальским техническим университетом (г. Ахен, Германия): по сравнению с ручным регулировочным вентилем термостаты с жидкостным или парафиновым заполнением позволяют сэкономить 31% энергии, с газовым наполнением – 36%, использование электронных радиаторных термостатов – до 46% энергии на отопление.

Современный терморегулятор позволяет не только создать комфортные условия для труда и отдыха человека, но и в значительной мере снизить потребление энергоресурсов и уменьшить техногенное воздействие на окружающую среду.

Работа терморегуляторов превратила системы отопления в активно действующие и адекватно реагирующие на любые отклонения внутренних и внешних факторов системы. Их наличие существенно повлияло на гидравлический режим.

Терморегуляторы для систем обеспечения микроклимата производят с предварительной настройкой и без неё. Предварительная настройка предназначена для гидравлического уравнивания циркуляционных колец в двухтрубных системах.

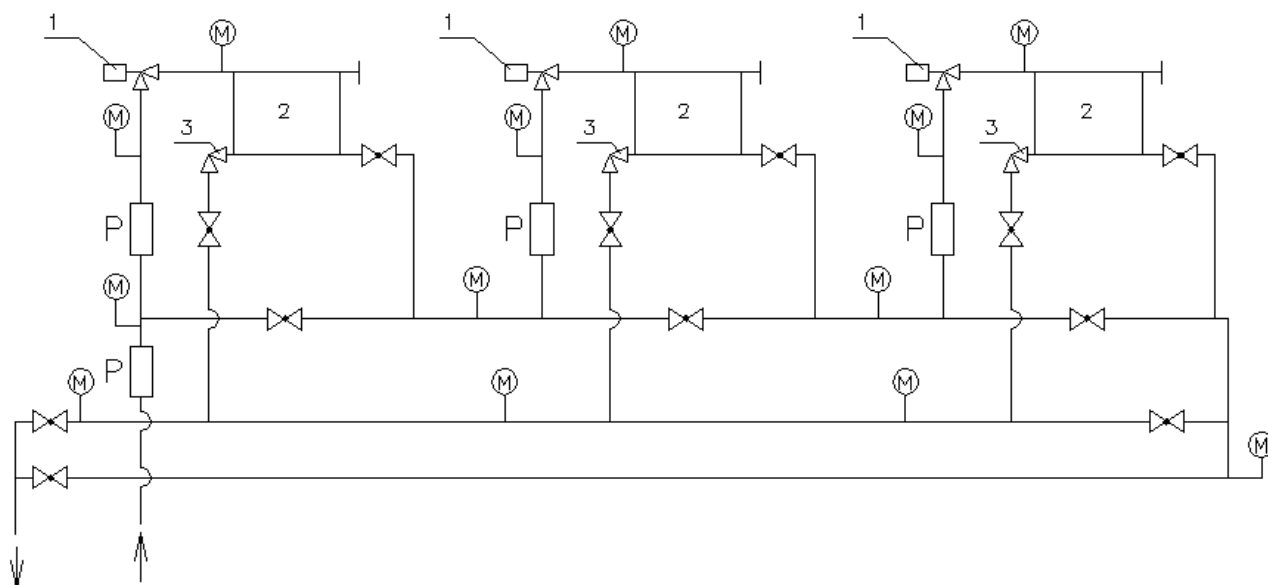
В лаборатории кафедры теплогазоснабжения и вентиляции БрГТУ на экспериментальном стенде были проведены исследования работы системы отопления с термостатическими клапанами с предварительной настройкой.

Во время работы системы измеряли:

- давление теплоносителя до и после циркуляционного насоса системы,
- давление перед и после термостатического клапана на приборе,
- общий расход теплоносителя в системе
- расход на каждый включенный в работу прибор.

Изменяя предварительную настройку терморегулятора на отопительном приборе, фиксировали перечисленные выше параметры. По полученным результатам подсчитали авторитет терморегулятора в каждом случае и соответствующее ему изменение расхода теплоносителя. Авторитет клапанов изменялся от 0,2 до 0,9. Анализируя полученные данные, сделан вывод, что оптимальное значение авторитета находится в пределах от 0,3 до 0,8.

Полученные в ходе исследования данные выявили оптимальные значения общего авторитета терморегулятора, при которых термостатический клапан наиболее эффективно регулирует теплоотдачу отопительного прибора.



1 – терморегулятор угловой, 2 – отопительный прибор, 3 – клапан запорный угловой, Р – ротаметр, М – манометр.

Рисунок 1 – Схема стенда

В соответствии с [1] рекомендуемый диапазон общего авторитета терморегулятора составляет 0,3-0,7, что близко к данным, полученным в ходе эксперимента. Общий авторитет определяет расчетное потокораспределение терморегулятора при его установке в систему отопления.

Данное соотношение можно охарактеризовать как коэффициент управляемости потоками, определяющий долю располагаемого давления системы или подсистемы отопления, приходящуюся на конус клапана при его движении с номинального к полностью открытому положению.

Для проектировщика это соотношение является проверкой верности гидравлического расчета при определении располагаемого давления в циркуляционном кольце, половину которого необходимо потерять на терморегуляторе при номинальном потоке без потерь давления в регулируемом сечении отверстия. Исходя из значения внутреннего и предлагаемых значений общего авторитета, находят допустимый диапазон проектного выбора потерь давления на терморегуляторе.

Диапазон значений внешнего авторитета при этом зависит от конструктивных особенностей терморегулятора, характеризуемых его внутренним авторитетом. С помощью варьирования внешнего авторитета появляется возможность достижения оптимального общего авторитета.

*Список использованных источников:*

1. Пырков, В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика: 2-е издание, дополненное / В.В. Пырков. – Киев: ДП “Таки справы”, 2010. – 304 с.

Агеевец Н.А. Олешко В.В.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНОВ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНЕРА

*Брестский государственный технический университет, студенты факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение и вентиляция*

При эксплуатации вентиляционных установок в жилых домах или производственных помещениях в целях экономии затрачиваемых средств необходимо еще на этапах проектирования предусматривать установку энергосберегающего оборудования, называемого приточно-вытяжными вентиляционными системами с применением процессов рекуперации тепловой энергии.

Кондиционер представляет собой каркасную металлическую конструкцию блочного типа, установленную на сварной раме, из труб квадратного сечения. Каркас выполнен из алюминиевого профиля. На каркас крепятся панели, выполненные из стальных оцинкованных листов, заполненные теплоизоляционным материалом. Зона обслуживания кондиционера - слева по ходу движения приточного воздуха. На стороне зоны обслуживания расположены съёмные панели (двери) для доступа к функциональным элементам кондиционера. К блоку теплообмена с теплообменником пластинчатый (общим для приточного и вытяжного канала) присоединяются последовательно блок воздухоподготовки приточного канала.

Все исследования проводились на лабораторном стенде «Центральный промышленный кондиционер КЦ-ТК-1,6-6/3» (производство «Альтернатива») в лаборатории университета.

В первую очередь мы исследовали работу пластинчатого теплообменника. *Рекуператор* — теплообменник поверхностного типа для использования теплоты отходящих газов, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделяющую их стенку.

Пластинчатый теплообменник является самым распространенным из применяемых, из-за его низкой стоимости и небольших размеров. Он применяется в системах с небольшими расходами воздуха, где необходимо предотвратить риск перетока вытяжного и приточного воздуха.

Мы измеряли в течении 10 минут температуру приточного воздуха (данные измерений приведены в таблице 1), нагреваемого за счет рекуперации. По данным, полученным в ходе исследования, была построена процессы обработки влажного воздуха (рис. 1) и графики (график 1, 2).

Таблица 2– Данные измерений рекуператора

Рекуператор													
Время, т, мин	0	0,5	1	2	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
Тн, °С	2	2	2	2	2	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,4	1,4
Тпр, °С	16,3	15,5	14,1	12,5	11,9	11,5	11	10,6	10,2	9,9	9,7	9,6	9,5
φ, %	-	-	34,5	36,2	37,4	39	39,9	41,2	42,1	42,6	43,5	43,8	44
Твыт, °С	16,8	16,9	16,8	16,7	16,5	16,3	16,3	16,2	16,2	16	15,9	15,7	15,8
Трек, °С	14,6	13,6	12,1	10,3	9,6	9,1	8,7	8,2	7,8	7,5	7,4	7,4	7,2
η, %	96,6	90,6	81,8	71,4	68,3	66,9	63,4	61,4	58,9	57,6	56,6	57,3	56,3

По графику 1 видно, что Т<sub>пр</sub> на первоначальном этапе опыта значительно уменьшается, но затем мы видим, что перепад температур с каждым измерением всё меньше. Это можно объяснить тем, что кондиционер до начала исследований

находился вне рабочего состояния, в результате чего его элементы были нагреты внутренним воздухом, вследствие чего  $T_{пр}$  и была изначально больше, но после начала выравниваться, что объясняется работой рекуператора в нормальном режиме.

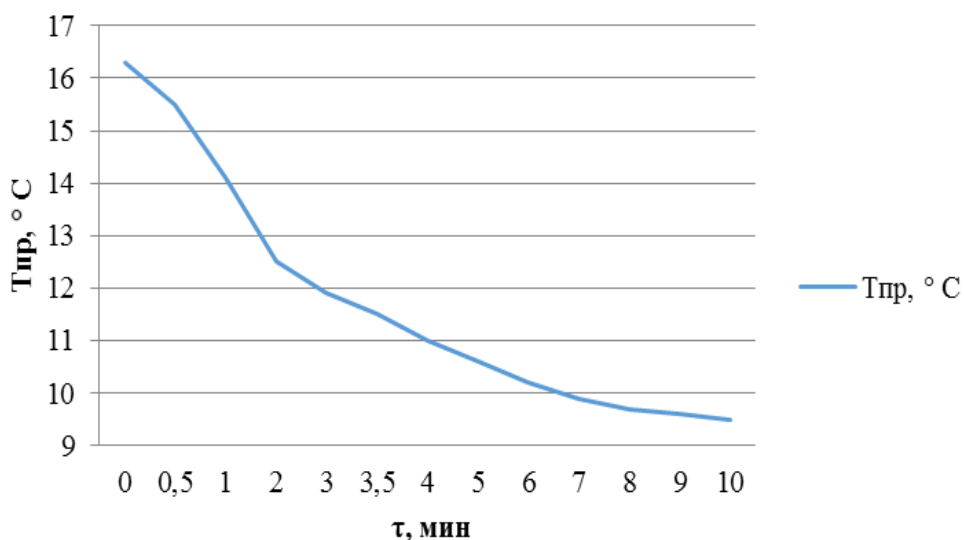


График 1 – зависимость изменения температуры приточного воздуха от времени

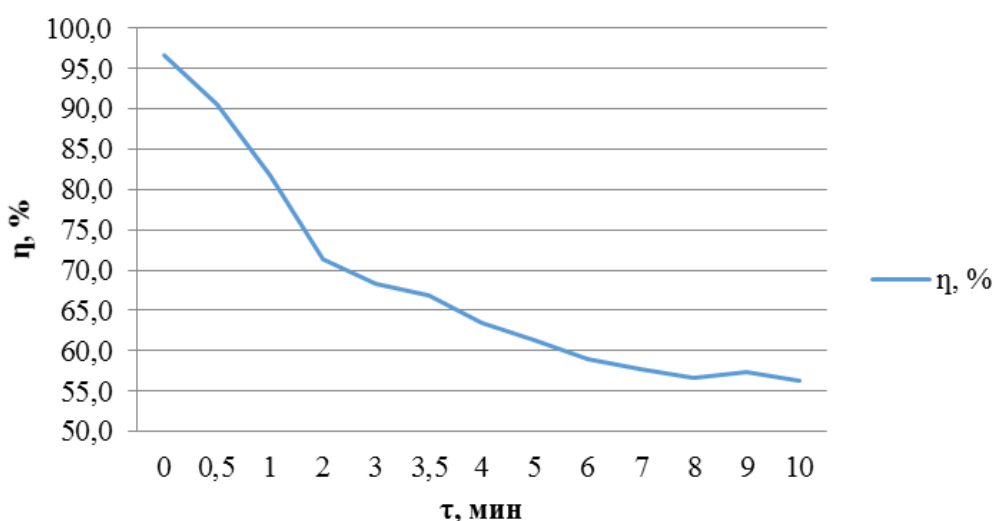


График 2 – зависимость изменения КПД рекуператора от времени

По графику 2 видно, что в начале исследования коэффициент полезного действия рекуператора высок (96,6%), это можно объяснить тем же, что было сказано ранее. На 7 минуте опыта мы видим, что рекуператор начал работать в оптимальном режиме.

Затем мы исследовали работу калорифера и произвели необходимые измерения, которые приведены в таблице 2.

*Калорифер* — прибор для нагревания воздуха в помещении, выполненный из медных трубок с алюминиевым оребрением, по которым циркулирует теплоноситель.

По приведенному графику 3 видно, что на первоначальном этапе опыта приточный воздух обладает высокой влажностью и низкой температурой, но затем влажность резко уменьшается, а температура увеличивается. Этот резкий перепад

можно объяснить тем, что мы проводили данный эксперимент сразу, после исследования рекуператора, в котором приточный воздух охлаждался, а влажность приточного воздуха увеличивалась. Но далее заметно, что параметры приточного воздуха выравниваются, это говорит о том, что калорифер начинает работать в нормальном режиме.

Таблица 3– Данные измерений калорифера

Калорифер																
Время, т, мин	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	6,5	7	8	12
Тн, °С	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7
Тпр, °С	10,3	14,1	17,4	20	22,3	24,1	25,3	26,1	26,7	27,3	27,6	27,8	28	28,1	28,3	28,6
φ, %	41,9	33,6	27,9	24,1	20,9	18,8	17,4	16,7	16,2	15,7	15,3	15,2	15,2	15,2	15,1	15,2
Твыт, °С	15,7	15,6	15,8	15,9	16,3	16,8	17,1	17,3	17,5	17,8	18,1	18,4	18,7	18,8	19	19,3
φ, %	-	-	37,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,3	-	-
Трек, °С	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,4	7,6	7,6	7,6	7,8	7,8	8,0	8,1	8,1	8,3

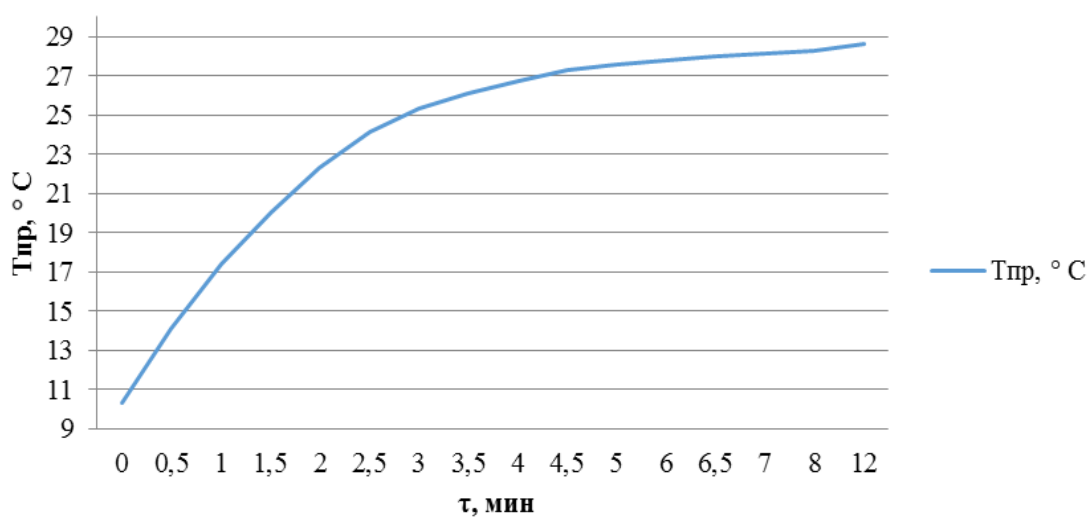


График 3 – зависимость изменения температуры притока от времени

Увлажнение воздуха осуществляется с помощью *пароувлажнителя*. Пар, вырабатываемый в пароувлажнителе при нагреве воды, по шлангам поступает в распределитель паровой. Распределитель представляет собой трубу из нержавеющей стали с отверстиями для выхода пара. Приточный воздух, насыщенный влагой, подается в обслуживаемое помещение.

В ходе исследования пароувлажнителя мы измеряем лишь изменение влажности в приточном воздухе. По данным фирмы-производителя на входе в пароувлажнитель влажность воздуха – 4%, а на выходе – 40% (при нормальной работе пароувлажнителя), по данным полученным опытным путём, мы получили: на входе влажность приточного воздуха – 19,8%, а на выходе – 30,5%.

Таблица 4– Данные измерений пароувлажнителя

Пароувлажнитель																		
Время, т, мин	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,3	1,6	2	2,3	2,6	3	3,3	3,6	4	4,3	4,6	4,8
Тн, °С	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тпр, °С	28,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
φ, %	19,8	19,8	20,6	21,7	22,4	22,1	23,4	23,6	24,1	23,8	24,6	24,2	24,6	24,2	24	22,9	22,2	22,6
Твыт, °С	19,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
φ, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Трек, °С	8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пароувлажнитель																		
5	5,3	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,6	6,8	7	7,2	7,4	7,6	7,8	8	8,2	8,4	9	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23,2	23,7	24,8	25	23,9	24,9	24,5	24,4	25	26	25,5	26,5	29,5	29,9	31,7	30,9	31,8	30,5	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

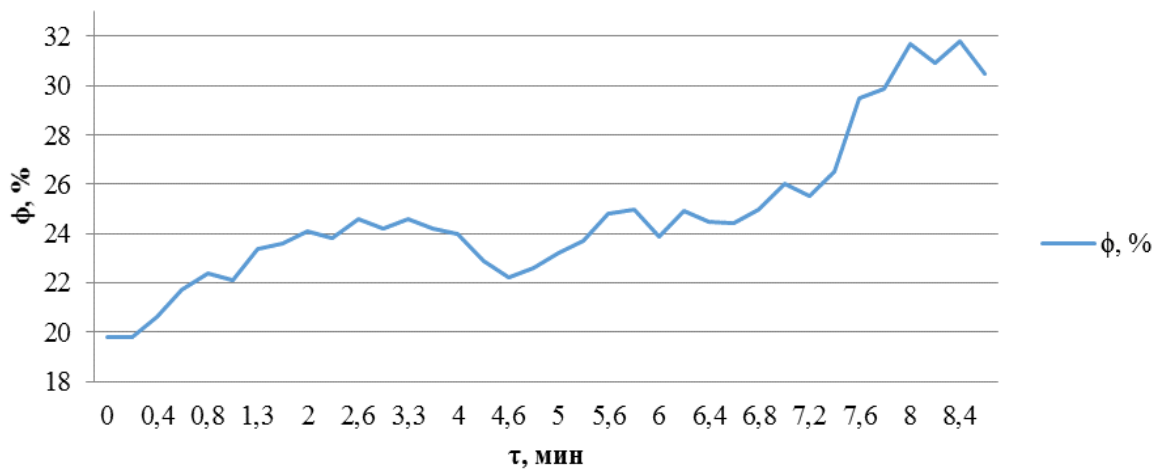


График 4 – зависимость изменения влажности от времени

По данным полученным в результате исследования работы пароувлажнителя мы построили график, по которому видно, что на 8 минуте он начинает работать в нормальном режиме. До этого он работал на прогревание внутренних поверхностей камеры.

Все полученные данные по изменению состояния воздуха в элементах центрального промышленного кондиционера мы отобразили на I-d диаграмме (рис. 1), где точка Н – наружный воздух, У – удаляемый воздух,  $\phi_{\min, \max}$  – максимальное и минимальное значение относительной влажности (в пароувлажнителе),  $T_{k, \min, k, \max}$  – минимальное и максимальное значение температуры в калорифере,  $T_{p, \min, p, \max}$  – минимальное и максимальное значение температуры в рекуператоре.

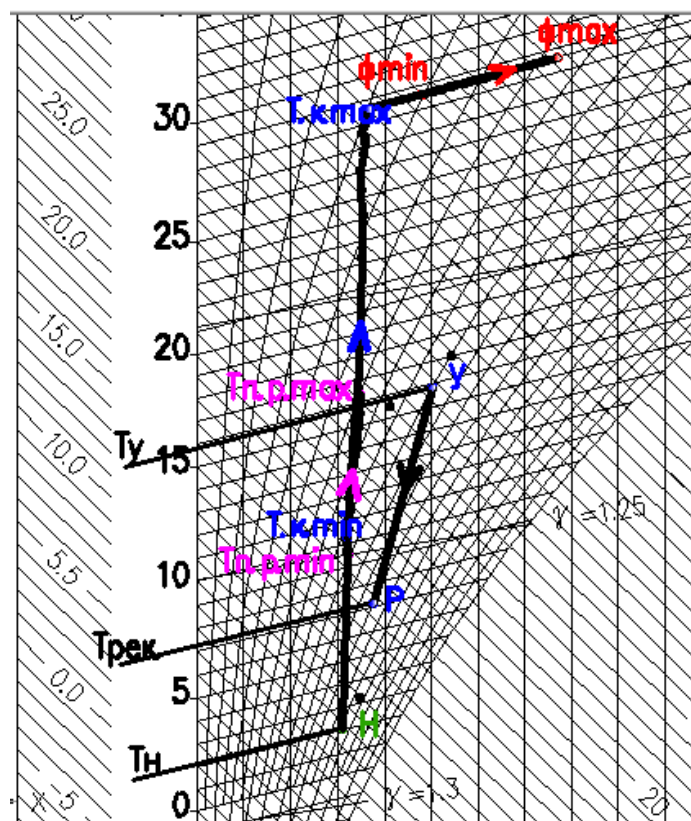


Рисунок 1 – Процессы изменения состояния влажного воздуха на I-d диаграмме

В данной статье мы исследовали работу элементов центрального промышленного кондиционера в его оптимальном режиме. В результате полученных экспериментальных данных, построенных графиков и диаграммы, мы определили, что рекуператор начал работать в нормальном режиме на седьмой минуте опыта, калорифер – на шестой минуте, а пароувлажнитель начал работу в оптимальном режиме на восьмой минуте его работы.



Научное издание

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 25 марта 2016 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: УО «БрГТУ», 2016. – 90 с.

Редакторы: В.С. Северянин, В.Г. Новосельцев.  
Технический редактор: П.Ф. Янчилин.  
Компьютерная вёрстка: П.Ф. Янчилин.  
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Тираж 100 экз.

Издатель и полиграфическое исполнение  
Брестское республиканское унитарное предприятие электроэнергетики  
«Брестэнерго»  
224030, Брест, ул. Воровского, 13/1