

**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, 2015

УДК 620.9

ББК 72.33

Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы научного семинара, Брест, БрГТУ, 20 марта 2015 года / Под ред. В.С.Северянина, В.Г.Новосельцева – Брест: УО «БрГТУ», 2015. – 134 с.

В настоящем сборнике публикуются материалы научного семинара на тему «Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях», который состоялся в Брестском государственном техническом университете 20 марта 2015 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

Прудинник Д.Л. ЧЕМ ЖИВЕТ «БОЛЬШАЯ ЭНЕРГЕТИКА», ИЛИ КОРОТКО О РЕЗУЛЬТАТАХ РАБОТЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В 2014 ГОДУ .....	6
Северянин В.С. НОВЫЙ ВОЗМОЖНЫЙ ЭНЕРГОРЕСУРС В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ .....	11
Потолков Ю.В. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАК ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР .....	15
Горбачёва М.Г. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СПОСОБА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВ .....	18
Стрелец М.В. НЕФТЕДОБЫЧА В США В КОНТЕКСТЕ РЕАЛИЙ СОВРЕМЕННОГО МИРА .....	20
Омельянюк А.М. ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА КАК СПОСОБ СОКРАЩЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	23
Черноиван В.Н., Черноиван А.В., Игнатюк Т.В. ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НУЛЕВОГО ЦИКЛА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	27
Сальникова С.Р. ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА УМСТВЕННУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА .....	29
Галимова Н.П. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ ЗАПАДНЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ (1921–1939 ГГ.) .....	32
Батрак В.В., Веремейчик А.И., Сазонов М.И., Хвисевич В.М. ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПОМОЩИ ПЛАЗМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ .....	37
Крюков В.М. НЕФИЗИЧЕСКИЙ РЕСУРС ЭНЕРГИИ .....	42
Волкова Г.А., Андреев С.В. ОХЛАЖДАЮЩИЕ ОБОРОТНЫЕ СХЕМЫ В СИСТЕМАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	45
Посохина Г.И. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА ИНДИИ В НАЧАЛЕ XXI В.: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	48
Новосельцев В.Г., Олейник О.А., Янчилин П.Ф., Черников И.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ .....	51
Юськович В.И., Пчелин В.Н., Савчук Т.А. ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ВЕНТИЛИРОВАНИЕ НАРУЖНЫХ СТЕН С «ТЕРМОШУБОЙ» .....	55
Черников И.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ .....	58

Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В. К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ СОВМЕЩЕННЫХ ПОКРЫТИЙ С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	63
Мешик О.П., Рыжковская И.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ БЕЛАРУСИ КАРТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ .....	65
Баграк В.В., Веремейчик А.И., Сазонов М.И. ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ ПЛАЗМАТРОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ВЫСОКИМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И ТЕПЛОВЫМ КПД .....	69
Дмухайло Е.И., Белов С.Г. К ПРОБЛЕМЕ ОБРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	74
Харичкова Л.В., Матяс И.Д. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ БРАЗИЛИИ .....	76
Клюева Е.В. ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ДВУХКОНТУРНЫМИ ГАЗОВЫМИ КОТЛАМИ .....	79
Урецкий Е.А., Тишин О.А., Дарманян А.П., Мороз В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ВИХРЕВЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СМЕСИТЕЛЯХ .....	83
Чернюк В.П., Шляхова Е.И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБМАЗОК ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ ЗАБИВНЫХ СВАЙ В ГРУНТ .....	86
Северянин В.С., Новосельцева Д.В. ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕЗЖЕЖИВАНИЯ ДУРНОПАХНУЩИХ ГАЗООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ «ОГНЕВОЙ ФИЛЬТР» .....	88
Янчилин П.Ф. СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ .....	91
Житенев Б.Н., Новосельцева А.Г. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ РЕАГЕНТА ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД .....	93
Клебанюк Д.Н., Пойта П.С., Шведовский П.В. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НУЛЕВОГО ЦИКЛА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ .....	97
Жук В.В., Прилуцкая О.Е. К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК .....	101
Лешко Г.В., Щербач В.П., Бондарь А.В. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ВОПРОСАХ ОХРАНЫ ТРУДА .....	103
Урецкий Е.А., Гуринович А.Д., Мороз В.В. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТСТОЙНИКОВ, ПУТЁМ ДОБАВЛЕНИЯ В НИХ ЗЕРНИСТЫХ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ПОЛОЧНЫХ МОДУЛЕЙ .....	105

Дроневич А.Ю., Пойта П.С., Шведовский П.В. ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ПРОЕКТНОГО ВАРИАНТА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ .....	111
Шляхова Е.И. БАЗАЛЬТОВАЯ ФИБРА В БЕТОНЕ .....	115
Житенев Б.Н., Сук Е.В., Таратенкова М.А. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ НА ОБОРУДОВАНИЕ ТЭС, АЭС И ТЭЦ.....	117
Овсяник А.В. О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ КОТЛОВ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ НЕБОЛЬШИХ ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ЗДАНИЙ .....	118
Самосевич В.А. РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЕЛАРУСИ.....	121
Рачковская Е.Д. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ТЕРМОРЕГУЛЯТОРАМИ.....	126
Завадский Е.С., Бойко П.П. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИАГОНАЛЬНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНЕРА ....	129
Болтуцкий Б., Оскирко А. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРООУВЛАЖНИТЕЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНЕРА .....	132

Прудинник Д.Л.

## **ЧЕМ ЖИВЕТ «БОЛЬШАЯ ЭНЕРГЕТИКА», ИЛИ КОРОТКО О РЕЗУЛЬТАТАХ РАБОТЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В 2014 ГОДУ**

*РУП «Брестэнерго», начальник ПТО*

Электроэнергетика является базовой отраслью национальной экономики страны и представляет собой производственный комплекс, основу которой составляет Белорусская энергетическая система, обеспечивающая надежное и устойчивое энергоснабжение потребителей республики. Основная продукция отрасли – это электрическая и тепловая энергия. Функции по государственному управлению предприятиями, организациями и объектами, составляющими энергосистему Беларуси, осуществляет Министерство энергетики Республики Беларусь совместно с ГПО «Белэнерго», в состав которого и входит предприятие РУП «Брестэнерго».

Основным видом производственно-хозяйственной деятельности РУП «Брестэнерго» является производство, передача и распределение электрической и тепловой энергии. РУП «Брестэнерго» осуществляет электроснабжение народного хозяйства и населения Брестской области (площадь 32,8 тыс. км<sup>2</sup> с населением свыше 1455 тыс. чел.). Теплоснабжение от источников Брестской энергосистемы осуществляется в городах Брест, Барановичи, Пинск, Лунинец, Белозерск, Пружаны. Численность населения, подключенного к системам теплоснабжения и горячего водоснабжения от теплоисточников РУП «Брестэнерго», составляет около 500 тыс. человек.

В целом 2014 год для энергетиков брестчины был весьма насыщенным. В прошедшем году была проведена огромнейшая работа по модернизации предприятия, вводу новых экономичных генерирующих мощностей, строительству и реконструкции линий электропередач и тепловых сетей. Так прошедший год ознаменовался вводом в эксплуатацию в марте 2014 года объекта «Строительство ПГУ-427 МВт на Березовской ГРЭС».

Ввод в эксплуатацию на Березовской ГРЭС парогазовой установки мощностью 427 МВт, построенной по новейшим технологиям мировых производителей с коэффициентом полезного действия 57%, существенно увеличил мощность, надежность и экономичность Брестской энергосистемы.

Реализацией масштабного совместного белорусско-китайского энергетического проекта занималась «Китайская Машиностроительная Инжиниринговая Корпорация» («China Machinery Engineering Corporation»), контракт с которой был подписан 21 сентября 2010 года. Договор предусматривал, в том числе и привлечение к сооружению энергоблока Белорусских строительных организаций и поставщиков, что позволило в значительной степени сохранить валютные средства в пределах страны.

Строительно-монтажные работы впечатляли своим размахом и объемами. Их необходимо было выполнить до поставки основного оборудования, которое доставлялось из Китая морскими судами, а затем паромами по рекам Украины и Беларуси. На завершающем этапе перемещение оборудования производилось спецтехникой и автомобильным транспортом по территории Беларуси.

В декабре 2013 года парогазовая установка была включена в Белорусской энергосистему с полным составом оборудования, в январе 2014 успешно завершилось комплексное опробование оборудования на номинальной нагрузке, в начале февраля прошли его испытания на безотказность в течение 720 часов и 14 марта 2014 года был подписан акт ввода объекта в эксплуатацию.



Рис. 1 – Энергоблок ст.№7 Березовской ГРЭС (ПГУ-427 МВт)

На ПГУ-427 МВт установлены:

- паровая конденсационная турбина типа N141-563/551 производства Китайской Народной Республики (фирма «Shanghai Electric Group Co.Ltd») мощностью 140,62 МВт;
- котел-утилизатор производства «Hangzhou Boiler Group Co., Ltd» (КНР);
- пусковой двухбарабанный котел типа SZS10-1.27/350-YQ производства «Jiangsu guolu» (КНР);
- газовая турбина «Siemens» SGT5-4000F немецкого производства («Shanghai Electric Group Co.Ltd») электрической мощностью 285,87 МВт/

Основные технические параметры оборудования ПГУ при работе в номинальном режиме соответствуют требованиям Международных стандартов.

Проектная стоимость строительства ПГУ 427 оценивается в \$ 378,0 млн, а удельные капиталовложения составили \$ 886,2 на 1 кВт. Условно-годовой экономический эффект составит порядка 200 тыс. т у.т./год органического топлива за счёт использования комбинированного парогазового цикла, при удельном расходе условного топлива 230 г/кВт ч.

Экономия финансовых средств за счет снижения использования природного газа в результате реализации проекта составит около \$ 37 млн. в год.

Для обеспечения выдачи в сеть электрических мощностей введенного оборудования в полном объеме и без ограничений при ремонтных схемах основной сети 330 кВ был реализован масштабный инвестиционный проект «Строительство ВЛ 330 кВ Березовская ГРЭС-Россь», способствующий помимо прочего и уменьшению потерь электроэнергии в электрических сетях, повышению экономичности и надежности работы за счет применения современного высоковольтного оборудования, внедрения автоматизированных систем управления, автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии, совершенствования устройств релейной защиты, противоаварийной автоматики, систем связи и телемеханики.

Строительство ВЛ 330 кВ выполнено по трассе демонтированной ВЛ 220 кВ, также осуществлены реконструкция ПС 330 кВ «Россь» со строительством ячейки

330 кВ и реконструкция ОРУ 330 кВ Березовской ГРЭС со строительством ячейки 330 кВ. Длина введенной в эксплуатацию в ноябре 2014 года ВЛ-330 кВ составила более 130 км.



Рис. 2 – Ячейка ОРУ-330 кВ Березовской ГРЭС

В последние дни декабря 2014 г. завершен еще один значительный инвестиционный проект брестских энергетиков. 30 декабря был подписан Акт сдачи-приемки в эксплуатацию реконструированного энергоблока ст. №5 Березовской ГРЭС. Инвестиционный проект «Березовская ГРЭС. Реконструкция блока ст. №5 с надстройкой газовыми турбинами» предусматривал реконструкцию блок ст. №5, преобразованием в блок ПГУ по сбросной схеме.

В соответствии с планами объем реконструкции энергоблока ст. №5 включал:

- замену паровой турбоустановки ст.№5 на новую К-175/180-12,8 с конденсатором и шарикоочисткой производства «Теплоэнергосервис-ЭК» г.Екатеринбург с генератором типа ТВФ-180-2У3 мощностью 180МВт, напряжением 15,75кВ с трубопроводами;

- замену блочного трансформатора, мощностью 250 МВА;
- установку трансформатора газовых турбин, мощностью 100 МВА;
- замену трансформатора собственных нужд, мощностью 25 МВА;
- установку двух ГТУ SGT-700 фирмы «Siemens» электрической мощностью по 29,06 МВт каждая (контейнерного типа), со вспомогательным оборудованием;
- реконструкцию существующих паровых котлов ПК-38, паропроизводительностью по 270 т/ч блока для работы их по схемам ПГУ и ПСУ;
- замену распределительных устройств – 0,4кВ и 6 кВ;
- создание АСУ-ТП технологического оборудования блоков и АСУ ТП общестанционного оборудования;
- строительство ОРУ-330 кВ с блоком вспомогательных сооружений и установкой автотрансформатора 330/110 кВ, выполненных в предыдущие годы в первой очереди;
- реконструкцию щита управления блока ст. № 5;

– строительство брызгального бассейна со сбросными каналами и БНС № 3 с подводным каналом.

Принцип реконструкции заключен в работе двух газотурбинных установок SGT-700, выполненных в контейнерном исполнении (КПД - 36%) с подачей выхлопных газов в реконструированные паровые котлы ПК-38-Р и далее подачей пара на паровую турбину с набором мощности 240МВт и её выдачей на ОРУ-330 кВ.

Тепловая схема ПГУ-240 обеспечивает возможность автономной работы паровой части энергоблока при вынужденных простоях ГТУ. Теплофикационный отбор (60Гкал/ч) от новой паровой турбины К-175/180-12,8 позволил передать нагрузку теплоснабжения с неэкономичного блока №1, гарантировав загрузку ПГУ в отопительный период.

Пусковые операции с учетом решений по временным схемам подключения были начаты значительно раньше возможных сроков, по сути, не дожидаясь окончательной поставки и монтажа оборудования. И уже в августе 2014 г. энергоблок вышел на проектную мощность 238,12 МВт (паротурбинная установка мощностью 180 МВт и две газотурбинные установки по 29,06 МВт каждая).

Огромнейший вклад в успешное завершение начатой модернизации внес коллектив филиала «Белоозерскэнергоремонт» РУП «Брестэнерго», который профессионально смонтировал в условиях действующей станции фактически головной образец паровой турбины К-175/180-12.8. В настоящее время энергоблок работает в режиме парогазовой установки с включенным теплофикационным отбором по диспетчерскому графику электрических и тепловых нагрузок.



Рис. 3 – Турбоагрегат энергоблока ст.№5 Березовской ГРЭС

Выполненная реконструкция энергоблока ст. №5 Березовской ГРЭС позволила снизить удельный расход условного топлива на блоке более чем на 80 г/кВт·ч (295 г/кВт ч, вместо прежних 375 г/кВт ч). Ожидаемая годовая экономия составит порядка 80 тыс. т у.т. Экономия финансовых средств за счет снижения использования природного газа в результате реализации проекта составит около \$ 14 млн. в год.

Все поставленные цели по модернизации энергоблока, а именно повышение тепловой экономичности Березовской ГРЭС, сокращение затрат топлива на производство электроэнергии, замещение морально устаревшего оборудования с неэкономичной выработкой электроэнергии на современное и повышение надежности электроснабжения потребителей были успешно выполнены.

Еще одним значимым для Брестской энергосистемы объектом является

инвестиционный проект «Строительство ТЭЦ на МВТ в г. Лунинец». Окончание работ на объекте планируется в 2015 году. Это по своему уникальный объект, основная доля оборудования строящейся станции – отечественного производства. На станции смонтированы два энергетических паровых котла Е-20 и Е-10 производства Белозерского энергомеханического завода.



Рис. 4 – Конвейер топливоподачи Лунинецкой ТЭЦ

Завершение пуско-наладочных работ и проведение испытаний с выходом на проектную мощность планируется в 4 квартале 2015 года. В будущем станция электрической мощностью 4,7 МВт практически полностью обеспечит электрической энергией Лунинецкий район, обеспечит гарантированное теплоснабжение потребителей г. Лунинец, а также внесет свой вклад в топливную диверсификацию с ежегодным замещением более 15 тыс. т у.т. импортного газообразного топлива.

Помимо основной сети и генерирующих энергоисточников, большое внимание было уделено сетевой инфраструктуре, так за 2014 год выполнено строительство и реконструкция тепловых сетей (в однострубно-м числении) в объеме 13,286 км, в том числе 8,594 км ПИ-трубопроводы; построено и реконструировано линий электропередач ВЛ 0,4-10кВ –291,4 км.

Также выполнен ряд работ по прочим объектам энергосистемы:

- реконструкция ПС 110/10 кВ «Киевская» в г.Бресте (работы, перенесенные на благоприятный период);
- реконструкция ВЛ-220 кВ Ивацевичи ПС-220 кВ – ПС 220 кВ Барановичи (0,141 км);
- реконструкция ОРУ-110 кВ ПС 110 кВ «Дрогичин». Замена ОСВМ-110 кВ на элегазовый выключатель;
- замена аккумуляторной батареи и ЩПТ на ПС-220 кВ «Пинск» г.Пинск;
- замена узла учета газа в ГРУ, оснащение ЗЗУ, дооснащение контролем герметичности отключающих устройств перед горелками котлоагрегатов Пружанской ТЭЦ;

В результате проделанной в 2014 году работы по модернизации оборудования

энергосистемы, вводу новых генерирующих мощностей на 01.01.2015 установленная электрическая мощность энергоисточников РУП «Брестэнерго» составила 1480,35 МВт, в т.ч. тепловых электростанций и Березовской ГРЭС – 1479,97 МВт, ГЭС – 0,38 МВт. Это около 15 % от мощностей электростанций ГПО «Белэнерго».

Таблица 1. Основные показатели работы за 2014 год по РУП «Брестэнерго»

Показатели	Ед. изм.	Отчет за 2014 год	В сравнении с 2013 годом
Выработка электроэнергии электростанциями РУП «Брестэнерго»	млн.кВт·ч.	4644,2	249,3%
Отпуск тепла	тыс. Гкал	2468,3	
Удельные расходы условного топлива:			
-на отпуск электроэнергии	г/кВт·ч	276,4	-35,4 г/кВт·ч
-на отпуск тепла	кг/Гкал	164,29	
Технологический расход энергии на транспорт:			
-в электрических сетях	%	7,99	-2,61
-в тепловых сетях	%	9,67	

Таблица 2. Выполнение доведенных показателей за 2014 год

Наименование показателя	Ед. изм.	Выполнение за 2014 год
Энергосбережение	тыс. т у.т.	136,470
Задание по использованию МВт	тыс. т у.т.	24,287
Задание по использованию местных видов топлива, вторичных и возобновляемых энергоресурсов	тыс. т у.т.	61,220

Высокий профессионализм коллектива предприятия и его ответственность позволила получить этот хороший результат. Снижение расхода условного топлива на отпуск электроэнергии более чем на 35 г/кВт ч, увеличение отпуска электроэнергии в сеть, позволившее предприятию впервые за последние годы стать поставщиком энергии на внутренний энергорынок — это без сомнений весомый вклад работников энергосистемы в обеспечение энергетической безопасности всей республики.

**Северянин В.С.**

### **НОВЫЙ ВОЗМОЖНЫЙ ЭНЕРГОРЕСУРС В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

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

#### *Введение*

Как известно, Республика Беларусь не обладает существенными природными ископаемыми органическими или ядерными энергоресурсами. Нефть юга страны не покрывает и десятой доли потребного количества для своих нужд. Перспективные ее залежи только исследуются, но ожидаются большие технические и экономические затруднения при извлечении из труднодоступных глубин. Имеющиеся незначительные отложения сланцев и бурых углей характеризуются настолько

низким качеством (зольность, влажность, содержание серы), что даже не ставится вопрос об их освоении.

Возобновляющиеся энергоресурсы, представленные растительной биомассой, солнечным излучением, воздушными и водными течениями, геотермальным теплом могут быть эффективным лишь в немногих частных случаях. Им присущи недостатки, проявляющиеся особенно в Беларуси: низкая плотность энергии, низкая удельная мощность, непостоянство во времени, зависимость от погоды, необходимость дополнять энергоустановки аккумулялирующими устройствами, дублирование традиционными энергогенераторами, малое число часов использования в году. Кроме того, эти энергоресурсы не свободны от негативного влияния на окружающую среду (низкочастотный шум, вибрации, тепловое загрязнение, выбросы, большие занимаемые территории).

Единственным положительным мощным фактором расширения производства электроэнергии в Беларуси в настоящее время является ядерная энергетика. Однако как источник энергии, так и конструктивная технология являются для нас заграничными со всеми последствиями [1].

Поэтому насущной проблемой является не только всестороннее энергосбережение во всех отраслях, но и поиски новых энергоресурсов, способных научно, технически, экономически обоснованно быть примененными в стране. Одним из таких ресурсов является градиент солености, базой которого могут служить залежи калийных солей, которых в республике существенно большое количество, а также наличие речных и озерных пресных вод.

#### *Физика действия градиента солености*

Общая идея действия градиента солености подчиняется второму закону термодинамики – возрастание энтропии системы вследствие выравнивания концентраций, сопровождающееся механическими, тепловыми, электрическими и др. эффектами. Наиболее простой пример – осмос: стремление разбавителя пройти сквозь полупроницаемую стенку на сторону крепкого раствора с увеличением давления на этой стороне. Так, для системы морская вода – пресная вода, осмотическое давление достигает 2,5 МПа – это перепад уровней этих жидкостей 250 метров.

Естественно, заманчиво использовать этот потенциал для выработки полезной энергии. В [2] приведены такие величины теоретической мощности, которую можно получить для следующих рек (млн. кВт): Амазонка – 470, Ла-Плата – 170, Конго – 120, Янцзы – 47, Ганг – 43, Миссисипи – 39.

Во избежание строительства крупных плотинных сооружений, что весьма затруднительно в районе дельты или эстуария крупной реки, можно использовать принцип, предложенный в [3]. В этом примере осмотический перепад уровней создается на вверх, и вниз, т.е. между двумя стенами, опускающимися вниз от уровня моря/реки до дна, создается пространство, дно которого – нижний уровень, образующийся от «высасывающего» действия осмотических элементов. Разность уровней позволяет установить в стене гидроагрегат, работающий на речной воде. Осмотические элементы расположены в другой стене, они подают «высасоную» воду в морской акваторий. Такую «осмотическую ГЭС» можно организовать в виде скомпонованных больших колодцев, при этом в большом количестве.

Для преобразования энергии градиента солености можно выбрать разные методы:

- гидроосмотический (как описано выше),
- обратный электродиализ (диффузия ионов через анионо- и катинообменную мембраны к электродам),

- адиабатного расширения пара (разность давлений пара над растворами разных концентраций),
- электрохимический (ток на электродах в растворах разной концентрации, разделенных пористой перегородкой),
- механохимический (циклическое сжатие-расширение некоторых веществ при соприкосновении с растворами разных концентраций),
- замораживание (давление льда с использованием более холодной морской воды) [2].

В работе [2] предлагается следующая приближенная формула для оценки удельной максимальной работы равновесного термодинамического процесса преобразования градиента солёности:

$$L = 0,245T_1(S_1 - S_2) + 1848T_1 \ln\left(\frac{T_2 - 231}{T_1 - 231}\right) + 1540(T_2 - T_1) - 2002T_1 \ln\frac{T_2}{T_1}$$

где  $L$  – удельная работа, Дж/кг;  $S_1, S_2$  – солёность жидкостей, ‰,  $S_1 > S_2$ ;  $T_1, T_2$  – абсолютная температура для соответствующей солёности  $K$ .

Теоретическая мощность  $N$  обусловлена расходом жидкости с меньшей солёностью (для пресной воды  $S_2=0$ ) с расходом  $M$  кг/с:

$$N' = ML, \text{ Вт,}$$

а реальная мощность энергоустановки:

$$N = ML \cdot \varepsilon \cdot \eta, \text{ Вт,}$$

где  $\varepsilon \approx 0,5$  – степень использования начальной разности солёностей;

$\eta \approx 0,6$  – учет всех энергетических потерь [2].

Оказывается, в данном явлении существенную роль играет также температура обоих компонентов, а именно: температура пресной воды должна быть не ниже солёной.

Таким образом, физика процесса выработки энергии из ресурса на базе природной соли основана на сочетании компонентов разных концентраций и определенной разделяющей их среды в виде мембран, пористых перегородок, камер, а также выводящих полученную энергию устройств.

#### *Некоторые предлагаемые схемы реализации метода*

Непосредственно на месторождениях калийных солей можно организовать получение электроэнергии, кроме добычи полезного минерала [4]. Через покрывающие породы бурят вертикальную скважину в соляную залежь, скважину обсаживают трубой, внутрь устанавливают водоподводящую трубу, которая имеет отверстия и покрыта полупроницаемой мембраной. По водоподводящей трубе подается пресная речная вода, она через отверстия заполняет пространство между стенками скважины и водоподводящей трубой. Пресная вода, соприкасаясь с солевой залежью, образует рассол. Таким образом – внутри водоподводящей трубы находится пресная вода, снаружи – вода с высокой концентрацией соли. Благодаря полупроницаемой мембране происходит осмос, при этом образуется осмотическое давление, так как пресная вода стремится разбавить соляной рассол. Под действием этого давления соляной раствор поднимается на поверхность, через отводящую трубу попадает на турбину с электрогенератором, вырабатывается электроэнергия, а раствор является продуктом добычи. Таких скважин может быть несколько на одной залежи.

Осмотическое давление можно использовать в теплоэнергетической установке [5]. Известно, что в цикле Ренкина (паросиловые установки на теплоэлектростанциях) давление создается питательным насосом. Эту функцию может взять на себя осмотический элемент. В этом случае электропривод

питательного насоса не требуется, чем повышается КПД-нетто всей энергоустановки. Здесь разбавителем является конденсат после конденсатора турбины, подогретый рециркуляцией горячего соляного раствора через теплообменники, а крепкий раствор образуется в парогенераторе, обогреваемом продуктами сгорания топлива. Пар под давлением подается в паровую турбину с электрогенератором.

В двигателях с твердотельным рабочим телом [6, 7] можно использовать материалы, способные сокращаться и удлиняться в зависимости от среды, в которой они погружены. Особенность этих двух двигателей – малое изменение размеров при значительных механических усилиях, что используется для производства механической энергии.

При рассмотрении вариантов энергоустановок, работающих на градиенте концентраций, в частности – солености, следует ожидать некоторых определенных трудностей.

Во-первых, особенность диффузии через мембраны и перегородки обуславливают требование большой поверхности перехода, т.е. габариты осмотических элементов велики. Конструктивными ухищрениями трудно ослабить этот недостаток.

Во-вторых, мембраны и пористые перегородки изготавливаются из дорогого полимерного материала по сложной технологии.

В-третьих, очистка капилляров представляется сложной задачей, в частности – для природной речной воды.

В-четвертых, разбавленный рассол, согласно принципу Ле-Шателье, должен постоянно удаляться, и его утилизация не всегда приемлема; хорошо, если это – продукт как сырье для другого технологического процесса. Могут возникнуть экологические вопросы.

В-пятых, плотность потока энергии все-таки мала, требуется интенсификация процесса, привлечением тепловых, химических и др. усилителей, например, Солнца, геотермии, горения, ядерных принципов.

Самый главный сдерживающий фактор технического применения метода – совершенно недостаточное теоретическое и практическое исследование его, отсутствие проверенных, надежных, выгодных технических разработок, а также заинтересованности органов, от которых зависит разработка и внедрение новой техники, видимо, из-за отсутствия соответствующей информации.

В силу выше сказанного, предлагается следующая энергетическая установка. Имеются две ванны – с крепким раствором соли и с пресной водой, над ними – конструкция из удлиненных элементов (ленты, шнуры, стержни и т.п.), собранных так, что они попеременно могут опускаться то в одну, то в другую ванную. Материал элементов реагирует удлинением/укорочением в зависимости от реакции на среду, т.е. речь идет о механохимическом принципе. Механическое перемещение передается на электрогенератор и используется для поворота элементов. Принцип проверен на увлажнении/сушке нити, прообразом служили двигателем по [6, 7].

#### *Заключение*

1. Естественно, до практической, коммерческой реализации принципа энергопроизводства на основе градиента солености еще далеко, однако имеющийся природный ресурс – залежи калийных солей и пресная речная и озерная вода – заставляет изыскивать возможности его также и энергетического применения.

2. Необходимы исследования с целью повышения плотности потока энергии в рассматриваемом явлении, повышения эксплуатационных качеств элементов энергоустановок, вести поиск наиболее эффективных компонентов и конструкций с

учетом взаимодействия с окружающей средой.

3. Целесообразно расширить информацию о данном направлении возможного развития малой энергетики, чтобы убедить научных работников, специалистов промышленности, изобретателей, общественность в необходимости поиска новых энергоресурсов в нашей стране.

*Список использованных источников*

1. Использование возобновляющихся источников энергии в Беларуси // Северянин В.С. // Вестник БрГТУ (2), 2014 г.
2. Градиент солености в океане – источник энергии // Акуличев В.А. и др. // Энергетика-Известия ВУЗов, №8, 1985 г.
3. Гидроэнергетическое сооружение // Северянин В.С. и др. авторское свидетельство СССР №601347, E02B9/00, 1978 г.
4. Осмотическая скважина // Северянин В.С. и др. // Журнал «Изобретатель» №1, 2014 г.
5. Теплоэнергетическая установка // Северянин В.С. Патент РБ №6281-C1, F01K27/00, 2004 г.
6. Двигатель // Северянин В.С. Патент РБ №5624-C1, F03G7/06, 2003 г.
7. Двигатель // Северянин В.С. Патент РБ №6207-C1, F03G7/06.

**Потолков Ю.В.**

### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАК ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР**

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

Известно, что наряду с механической и биологической энергией, которые проявляются в природе *объективно*, существует нравственная энергия, основанная на проявлении *субъективного* мира личности. Эти два феномена близки друг к другу, но не идентичны. Во всяком случае, очевидно, что энергетическая эффективность – проблема, в первую очередь, гуманитарная, поскольку деятельность человека и человечества в одном случае служит добру, а в другом – злу. Возникает вопрос: что в этих условиях определяет уровень энергетической эффективности – трезвый инженерный расчёт или романтический порыв вдохновлённых людей? Вопрос этот наиболее существен для всех эпох, а, следовательно, определяет собою будущие судьбы человечества.

Наука называет четыре стабилизирующие источника возрастания внутренней энергии человека: питание, сон, дыхание и позитивный настрой ума. К сожалению, подобные суждения признать исчерпывающими нельзя. Ведь есть множество примеров того, как энергия возрастает в моменты нестабильности, и прямой угрозы жизни личности и общества. Более того: единственно эти моменты способны придать проявлениям энергии невиданную ранее эффективность.

Для подтверждения этой мысли обратимся к ситуации, описанной в стихотворении Александра Межирова «Коммунисты, вперёд!»:

И пробило однажды плотину одну  
На Свирьстрое, на Волхове или на Днепре.

И пошли головные бригады ко дну  
Под волну, на морозной заре, в декабре.  
И когда не хватало «предложенных мер»  
И шкафы с чертежами грузили на плот,  
Еле слышно сказал молодой инженер:  
- Коммунисты, вперёд!  
Коммунисты, вперёд!

Оставим в стороне модные сегодня словопрения о том, хороши или плохи коммунисты. Заметим, что в представленной выше ситуации применение всех видов энергии, оказалось неэффективным и поэтому в распоряжении участников событий осталась только нравственная энергия человека. Но можно посмотреть на рассказанные события иначе: если плотина изначально соответствовала бы всем необходимым техническим параметрам, катастрофы бы не случилось. Такой взгляд вновь возвращает нас к проблемам духа: плохо сделанная плотина – результат небрежного отношения к морали.

Возрастание нравственной эффективности энергии человека выступает особенно явственно во время исторических общенародных испытаний. Таковым испытанием была, к примеру, Великая Отечественная война. Безмерен проявившийся тогда взлёт народного духа. В стихотворении А.Межирова «Музыка» читаем:

Какая музыка была,  
Какая музыка играла,  
Когда проклятая война  
И души и тела попрала.  
Какая музыка во всём,  
Всем и во всём – не по ранжиру.  
Осилим... выстоим... спасём...  
Ах, не до жиру – быть бы живу.  
И через всю страну струна  
Протянутая трепетала,  
Когда проклятая война  
И души, и тела топтала.  
Стенали яростно, навзрыд,  
Одной - единой страсти ради  
На полустанке - инвалид  
И Шостакович - в Ленинграде.

Перед нами — рассказ о той концентрации духовных усилий, которая оказалась решающей в войне с гитлеровцами. В связи с этой благородной концентрацией духа необходимо задуматься над тем, какие обстоятельства — созидательные или разрушительные следует воспринимать как изначальные для возрастания нравственной энергии. Для ответа на этот вопрос обратимся к наиболее очевидному проявлению творческой деятельности – к описанному в Библии Божьему творению.

*И увидел Бог всё, что Он создал, и вот хорошо весьма.*

Примем эту фразу за исходную и поймём, что Всевышний создавал то, что хорошо весьма потому, что до этого было плохо весьма. То есть причиной проявления нравственной энергии оказывается любого вида деструкция. Равновесие и гармония энергетически неэффективны.

*«Счастливые часов не наблюдают»*

сказано в «Горе от ума» А.С. Грибоедова. Следовательно феномен Божьего творения следует воспринимать как энергетически эффективные действия

страдающего индивидуума направленные на освобождение от страдания.

Поскольку слово «энергия» буквально переводится как «*деятельность*», следует учесть, что энергетически эффективной может быть далеко не всякая деятельность, то есть не всякий человеческий фактор. Сегодняшних примеров этому тезису не счесть. Взять хотя бы действия современных вандалов, под религиозным флагом уничтожающих величественные памятники древнего искусства или посягающих на институт семьи и брака во имя защиты так называемых либеральных ценностей. Экстремисты Востока и Запада при всём своём внешнем различии являют собою единый феномен энергетической деструктивности и неэффективности. Поэтому следует присмотреться к духовной сущности того человеческого фактора, который в силах обеспечить энергии радикальное повышение её эффективности. По нашему мнению, сущность эта состоит в утверждении триединности любого творческого процесса.

Первосоздателем, продуцентом идеи является тот надчеловеческий метафизический фактор, который можно обозначить такими определениями, как мировая душа, вселенский разум, Бог. Причиной постоянного и неостановимого творения оказывается боль Всевышнего по поводу несовершенства бытия.

Вторым актантом творения оказывается человек - креатор, научная, изобретательская, поэтическая деятельность которого является не началом, а только лишь продолжением процесса творения. Причина деятельности креатора та же: боль по поводу несовершенства бытия.

Третьим участником творения оказывается реципиент, потребитель трудов Господа и человека - креатора. Он обращается к трудам первого и второго творцов по причине всё той же боли. Практика реципиента создаёт новую реальность, а следовательно, новые проблемы для Господа и идущего вслед за ним креатора. Ведь свою боль мы, реципиенты, часто утоляет через уничтожение созданного до нас – браконьерствуем, мародёрствуем в природе; по разным мелочным и аморальным поводам закрываем дорогу истинно талантливым и необходимым созданиям изобретателей и поэтов.

Перспективы подобной ситуации очевидны: предшествующая история земли представляет нам примеры того, как деструктивный человеческий фактор доводил энергетическую эффективность общественного производства до нуля и цивилизация прекращала своё существование. Современное человечество, несомненно, и ужасающе быстро к такому энергетическому нулю движется тоже. Но та же история доказывает нам, что отрицательный человеческий фактор не в силах *окончить* цивилизационное движение. Господне творение неостановимо, следовательно беспредельны и перспективы человеческой экзистенции во времени и пространстве.

Правота такого утверждения вне сомнений, поскольку представленное здесь триединство Всевышнего, человека – креатора и реципиента императивно. Оно - не теория, не новация, не гипотеза, которые можно было бы оспаривать, а извечная данность, над которой не властны никто из представленных выше актантов творческого триединства. Только признание этой данности может обеспечить обществу пути в наивысшей энергетической эффективности.

Важно отметить, что тройственность, о которой речь, представляет собою именно единство, поскольку все три актанта творения связаны между собою эмпатически, то есть сопереживательно. Сопереживание не идентично сочувствию. Оно в отличие от субъективного сочувствия объективно: Бог, креатор и реципиент сопереживательны, поскольку перед каждым из них стоит одна и та же необходимость: преодолеть боль по поводу несовершенства бытия.

Конечно, единство это диалектично. Диалектика эта зависит от человека лишь в частности. К примеру, люди начала XX века понятия не имели о многих научных открытиях нашей современности. Но основе своей, в стратегии, развитие бытия надчеловечно, поскольку эмпатически триедино.

Высказанное нами суждение об энергетической эффективности как о человеческом факторе ставит перед обществом проблему практического использования идеи триединой эмпатии в творчестве учёных, изобретателей, поэтов, в любом труде, в том числе и вузовском. Ведь это творчество и этот труд – тоже проявление энергии. Нужна ли нам эмпатическая идея? Может, мы добьёмся роста энергетической эффективности и без неё? От ответа на этот вопрос обществу, как нам кажется, не уйти.

**Горбачёва М.Г.**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СПОСОБА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВ**

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

Пульсирующее горение – высокофорсированный процесс горения различных видов топлив, происходящий за счет периодических изменений во времени и пространстве физических, химических и аэродинамических параметров (давления, температуры, концентрации реагирующих веществ, конфигурации факела, светимости, скорости потоков). Резкое повышение тепловыделения при пульсирующем горении может быть использовано для создания высокофорсированных огневых аппаратов. Наряду с высокими теплотехническими достоинствами при этом способе сжигания отмечается понижение требований к топливу, гибкость компоновочных решений топочных устройств, коагулирующее воздействие на частицы.

Многочисленными исследованиями [1, 2] подтверждается отсутствие вредных выбросов в атмосферу, то есть снижение негативного воздействия на окружающую среду, так как при пульсирующем горении продукты сгорания не содержат недожогов в виде CO, H<sub>2</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, также CO<sub>2</sub> и окислов азота NO<sub>x</sub>.

Низкое содержание окислов азота в дымовых газах при пульсирующем горении можно проследить на примерах работы воздухоподогревателя, теплогенератора, разжижителя битума, созданных в Брестском государственном техническом университете [3, 4], и составляет (35,7÷75) мг/м<sup>3</sup> в зависимости от тепловой нагрузки.

В стационарных топочных устройствах NO<sub>x</sub>=250-400 мг/м<sup>3</sup>.

Известно, что концентрация окислов азота в продуктах горения топлив зависит от температуры факела, времени пребывания газов в зоне высоких температур, содержания кислорода [1]:

$$C_{\text{NO}} = 4,6\sqrt{C_{\text{O}_2}C_{\text{N}_2}} \cdot \exp\left(-\frac{21500}{t}\right) \quad (1)$$

где C<sub>O<sub>2</sub></sub>, C<sub>N<sub>2</sub></sub> – содержание кислорода и азота.

t – средняя температура в зоне реакции. Из [2] видно, что наибольшее влияние на образование окислов азота оказывает температура.

В [4] показано, что при пульсирующем горении температура процесса несколько ниже, чем при стационарном.

В самом деле, кинетическая энергия элементарной массы потока:

$$dE = 0,5w^2 dm$$

где  $dm = \rho dV = \rho S w dt$ ,  $\rho$  – плотность газа,  $V$  – объём газа,  $S$  – поперечное сечение потока,  $t$  – время,  $w$  – скорость газа.

Тогда кинетическая энергия пульсирующего потока:

$$E_n = \frac{1}{2} \frac{\rho S}{\omega} \int_0^{2\pi} (W_{cp} + W_a \sin \omega \tau) d(\omega \tau) = \frac{1}{2} \rho S T W_{cp}^3 + \frac{3}{4} \rho S T W_{cp} W_a^3 \quad (2)$$

где  $W_{cp}$  – среднерасходная скорость,  $W_a$  – амплитуда пульсаций,  $\omega$  – угловая частота пульсаций,  $T$  – период пульсаций.

Кинетическая энергия стационарного потока.

$$E_{cm} = \frac{1}{2} \rho S T W_{cp}^3 \quad (3)$$

Значит, для ускорения пульсирующего потока требуется больше энергии, чем для стационарного потока на величину:

$$\Delta E = \frac{3}{4} \rho S T W_{cp} W_a^2 \quad (4)$$

Из (2,3,4) получено снижение энтальпии газового потока:

$$\varepsilon = \frac{E_n - E_{ct}}{E_{ct}} = \frac{2}{3} \left( \frac{W_a}{W_{cp}} \right)^2 \quad (5)$$

Из (4) снижение температуры на:

$$\Delta T = \frac{\Delta E}{\sum V_c} \quad (6)$$

где  $V_c$  – суммарная теплоемкость газов.

Обычно снижение температуры в камере составляет 10% (100-150°C). В этом состоит основная причина снижения выхода окислов азота при пульсирующем горении – существенного фактора экологического достоинства метода пульсирующего горения.

Однако этот способ сжигания топлив характеризуется колебательными процессами, выражением которых является создание сильного акустического поля вокруг камеры пульсирующего горения и вибрации оборудования аппарата. Возникающий шум при работе устройств пульсирующего горения превышает допустимые пределы. Следовательно, для снижения этого экологического недостатка с целью широкого использования способа пульсирующего сжигания топлив, требуются серьезные разработки шумоглушения.

*Список использованных источников*

1. Зельдович Я.Б и др. Окисление азота при горении. М – Л., АН СССР 1947.
2. Горбачева М.Г. Второй международный симпозиум по пульсирующему горению Журнал «Известия Вузов. – Энергетика», №3, 1983.
3. Северянин В.С., Верба М.И. Теплогенератор с пульсирующим горением. Сборник «Научные и прикладные проблемы энергетики». Выпуск №8. Минвуз БССР. Белорусский политехнический институт 1981г.
4. Северянин В.С., Горбачева М.Г. Об эмиссии окислов азота при пульсирующем горении. Сборник «Научные и прикладные проблемы энергетики». Выпуск №9. Минвуз БССР. Белорусский политехнический институт 1982г.

**Стрелец М.В.**

## **НЕФТЕДОБЫЧА В США В КОНТЕКСТЕ РЕАЛИЙ СОВРЕМЕННОГО МИРА**

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

По теме, совпадающей с названием доклада, можно рассуждать бесконечно. Причина предельно проста: бесконечное число сюжетных линий.

Первая по значимости сюжетная линия: соотношение нефтедобычи в США с национальными интересами этой страны. Она по существу определяет все остальные сюжетные линии. При этом к национальным интересам США не следует относиться как к абсолютно неизменной категории. До старта современного этапа нефтедобычи в США американский истеблишмент считал, что национальные интересы не требуют делать акцент на её осуществление в собственной стране. На современном этапе всё поменялось с точностью наоборот.

Эксперты отмечают резко возросшее применение фрекинга в данном процессе. Для широкой публики следует пояснить, что фрекинг – это метод гидравлического разрыва, внедрение которого чревато нарушением биологического равновесия. Конечно, рабочий цикл скважин при такой технологии резко прибавляет в продуктивности, в отдаче за единицу времени.

Одновременно американцы весьма успешно заполнили нишу, связанную со сланцевой нефтью. Её удельный вес в структуре нефтедобычи беспрецедентно возрос и продолжает изменение по нарастающей.

В 2012 году доля сланцевой нефти, добываемой в США, достигла 29% [1].

«Объемы добычи сланцевой нефти, по данным департамента энергетики США, в 2014 году выросли по сравнению с 2013 годом почти на 30% (со 181 млн т до 234 млн т). Что важно, объемы добычи на крупнейших сланцевых формациях (Bakken, Eagle Ford, Permian Basin) росли на протяжении всего 2014 года, несмотря на снижение цен»[2].

«О том, что месторождения горючих сланцев содержат большие количества нефти и газа, было давно известно геологам, но их освоение стало возможным только в последнее время с появлением технологий гидроразрыва пластов и горизонтального бурения. Несмотря на то что многие страны обладают большими, чем США, запасами этих полезных ископаемых, широкомасштабная и быстрая «сланцевая революция» в ближайшее время ожидается не везде. Используемые в США технологии пригодны не для всех месторождений из-за их геологических различий. Во многих странах еще не проведена необходимая технологическая экспертиза месторождений. В некоторых из них, например, в Китае, ограничен доступ частных компаний к разработке природных ресурсов»[1].

Всё это привело к очевидным сдвигам в глобальной системе энергетических координат, в соперничестве между Вашингтоном и Москвой. «Соединенные Штаты стали мировым лидером по добыче нефти, обогнав Россию. Соответствующая информация содержится в отчете Международного энергетического агентства (МЭА)» [5].

«За 2010–2012 гг. добыча нефти в Северной Америке увеличилась примерно на 1,8 млн баррелей в сутки. По прогнозам Международного энергетического агентства, к 2018 г. она увеличится еще на 3,9 млн баррелей в сутки» [3]. В 2012 году «нефтедобыча в США достигла 6 млн баррелей в день – рекордной за 14 лет отметки»[4]. В 2014 году «США нарастили добычу ... в сутки до 12,4 миллиона

баррелей. Россия увеличила этот показатель на 50 тысяч баррелей в день до 10,93 миллиона. МЭА прогнозирует, что разрыв между странами будет увеличиваться вплоть до 2020 года. Ожидается, что к тому времени РФ будет добывать 10,37 миллионов баррелей нефти в сутки, США — 13,96 миллионов. Агентство прогнозирует, что быстрый прирост обеспечит добыча сланцевой нефти»[5]. «В отчете МЭА сказано, что Россия снизит объемы производства нефти на 560 тысяч баррелей в день. Годом ранее прогнозировался рост на 200 тысяч баррелей» [5].

«Россия по итогам 2014 года занимает третье место в списке крупнейших в мире стран-производителей нефти. На втором месте Саудовская Аравия — 11,6 млн баррелей. В топ-10 входят Китай, добывающий 4,4 млн баррелей в день, Канада (4,0 млн), Иран (3,2 млн), ОАЭ, Мексика и Кувейт. Санкции больно ударили по ведущим российским игрокам отрасли, в частности «Роснефти» и «Газпром нефти», которые лишились доступа к международным рынкам капитала и оборудованию, используемому в глубоководном бурении, добыче в Арктике и добыче сланцевой нефти. В ноябре 2014 гда вице-президент «Лукойла» Леонид Федун 21 в интервью британской Financial Times заявил, что ... западные санкции приведут к более существенному сокращению добычи нефти в России, чем ожидалось»[6]. Его прогноз оправдался.

В 2015 году "США и Канада останутся лидерами роста, но источников нефти будет больше, чем в 2014 году", - говорится в докладе IEA. По мнению IEA, добычу повысят такие страны как Бразилия, Великобритания, Вьетнам, Малайзия, Норвегия и Колумбия»[7].

«Рост добычи энергоресурсов в США «позволяет снизить нашу уязвимость перед лицом перебоев с их поставками в мире ... « и, таким образом, «усиливает наши позиции в деле преследования и реализации наших целей в сфере международной безопасности», указывает Том Донилон, занимавший пост советника президента США по национальной безопасности... США удалось добиться значительного ужесточения санкций в отношении Ирана. В результате, по данным EIA, экспорт нефти из Ирана сократился примерно на 1 млн баррелей в сутки... Рост добычи нефти в США «был абсолютно необходимым фактором для ведения переговоров со странами по всему миру, чтобы убедить их сократить импорт нефти из Ирана», говорит чиновник госдепартамента Карлос Паскуаль...

Многие экономисты считают, что лучшим способом защиты от резкого падения предложения на рынке нефти является наличие свободных добывающих мощностей, которые могут быть задействованы в случае необходимости. Эту тактику применяют в первую очередь страны ОПЕК. Рост добычи нефти в США привел к снижению ее импорта из стран ОПЕК и высвобождению добывающих мощностей в этих странах. (С 2013 года ежегодно снижается доля ОПЕК на мировом рынке нефти. – М.С.). Экономисты Barclays оценивают нынешний уровень резервных нефтедобывающих мощностей в мире в 2,7 млн баррелей в сутки против 1,5 млн годом ранее. В 2005 г. в Вашингтоне был создан исследовательский центр по вопросам энергетической безопасности. В группу экспертов вошли менеджеры компаний, бывшие дипломатические работники и отставные военачальники. Ситуация на нефтяном рынке в то время была напряженной: американские инженеры бились над восстановлением нефтяной отрасли в Ираке, значительные объемы нигерийской нефти не попадали на мировой рынок из-за действий повстанцев.

Эксперты моделировали различные ситуации резкого сокращения поставок нефти на мировой рынок и приглашали бывших чиновников высокого ранга участвовать в различных ролях в разрешении гипотетических проблем. Так, в 2007 г. бывший министр финансов Роберт Рубин исполнял роль советника президента по

национальной безопасности в следующей «ролевой игре», предложенной экспертами: из-за беспорядков трубопровод, соединяющий Каспийское и Средиземное моря, оказался перекрыт, а Иран и Венесуэла сократили производство нефти в знак протеста против санкций в отношении Ирана, что вызвало стремительный взлет мировых цен на нефть.

С тех пор ситуация сильно изменилась. По словам исполнительного вице-президента центра Сэма Ори, благодаря росту добычи нефти в Северной Америке рынок «стал более гибким». Однако деятельность центра по-прежнему имеет смысл, так как мировая экономика остается чувствительной к резким колебаниям спроса и предложения на энергоресурсы. Эксперты планируют продолжить моделирование кризисных ситуаций, но вряд ли ближайшее будущее состоится в текущем году. «Стало ли нам труднее работать? Да. Теперь приходится придумывать гораздо более серьезные ситуации, вызывающие перебои поставок нефти на рынок», - говорит Ори» [3].

Разработчики нефтяной стратегии США со всей серьезностью воспринимают тот факт, что «цены на нефть за последние полгода упали более чем вдвое (на момент чтения настоящего доклада до 57 долларов за баррель. – М.С.). Причиной стало нежелание стран ОПЕК снижать добычу в условиях замедления мирового спроса и роста производства сланцевой нефти в США. (Вашингтон, заинтересованный в ослаблении России, активнейшим образом подталкивал страны ОПЕК к проведению именно такой линии. – М.С.).

По прогнозам Минэнерго, объем добычи нефти в РФ по итогам 2015 года должен составить 525-526 миллиона тонн, что примерно столько же, сколько и в прошлом году. Стоит отметить, что прогноз делался в конце ноября, когда цены на нефть превышали 70 долларов за баррель»[5].

Хорошо известно, что на всём протяжении современного этапа нефтедобыча в США отличается безубыточностью. Есть все основания утверждать, что «безубыточной останется добыча нефти в США и при падении цены до 57 долларов за баррель, считают аналитики из International Handling Services. Эксперты отмечают, что только год тому назад аналитики IHS рассчитывали, что безубыточной добыча нефти США останется при цене не ниже 70 долларов за баррель. Однако ныне они пришли к выводу, что за год себестоимость проектов существенно снизилась.

Обнародованные IHS цифры заметно отличаются от оценок российского Минэнерго. Только накануне министр энергетики России Александр Новак заявил, что в случае падения цен до 80-90 долларов за баррель многие проекты, в том числе в США, станут нерентабельными. Между тем одна из крупнейших в мире консалтинговых компаний Accenture полагает, что у сланцевых проектов в США остается большой ресурс для дальнейшего повышения эффективности. Эксперты Accenture подсчитали, что затраты на нефтедобычу в этой стране могут быть сокращены на 40 процентов, например, за счет оптимизации логистики и изменения взаимоотношений с поставщиками» [4].

Американские стратеги берут в расчёт следующий прогноз Международного энергетического агентства (IEA): «в 2015 году ускорится рост мирового потребления нефти. В ... прогнозе IEA на 2015 год говорится, что мировой спрос на нефть вырастет на 1,4 миллиона баррелей в сутки по сравнению с прогнозируемым на этот год ростом в 1,2 миллиона. В США, крупнейшем в мире потребителе нефти, потребление повысится на 0,6 процента в этом году и 0,2 процента в будущем, но в Китае, занимающем второе место по потреблению, рост составит, соответственно, 3,3 и 4,2 процента, говорится в ... докладе агентства» [7].

#### *Список использованных источников*

1. Сланцевая нефть и сланцевый газ: Гигантский потенциал // Режим доступа: [www.pormech.ru/.../14309-slantsevaya-neft-i-slantsevyy-gaz-gigantskiy-potentsial](http://www.pormech.ru/.../14309-slantsevaya-neft-i-slantsevyy-gaz-gigantskiy-potentsial) – Дата доступа: 31. 01. 2015.
2. Грушевенко, Е. Сланцевая нефть в США: к чему приведет снижение цен / Е. Грушевенко [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [www.forbes.ru/.../278477-slantsevaya-neft-v-ssha-k-chemu-privedet-snizhenie-tsen](http://www.forbes.ru/.../278477-slantsevaya-neft-v-ssha-k-chemu-privedet-snizhenie-tsen) . – Дата доступа: 11. 03. 2015.
3. Рост нефтедобычи в США усиливает позиции страны в геополитике [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: [finance.rambler.ru/news/analytics/131131473.html](http://finance.rambler.ru/news/analytics/131131473.html). – Дата доступа: 21. 02. 2015.
4. Добыча нефти в США | Фото. Новости [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [loveorium.ru/severnaya-amerika/...](http://loveorium.ru/severnaya-amerika/...) – Дата доступа: 15.02.2015.
5. Экономический дайджест (по состоянию на 31.01.2015)... [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: [geopolitics.by/.../ekonomicheskiy-daydzhest-ro-sostoyaniyu-na-31012015](http://geopolitics.by/.../ekonomicheskiy-daydzhest-ro-sostoyaniyu-na-31012015). – Дата доступа: 31. 01. 2015.
6. Россия сохранила место в тройке лидеров по добыче нефти по итогам... / [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [forbes.ru/news/279807-gossiya-...](http://forbes.ru/news/279807-gossiya-...) – Дата доступа: 23. 01. 2015.
7. Жданников, Д. Рост мирового потребления нефти ускорится в 2015 году / Дмитрий Жданников Д. и Кристофер Джонсон. Перевел Денис Пшеничников [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: - IEA |... [ru.reuters.com/article/...](http://ru.reuters.com/article/...) – Дата доступа: 31. 05. 2015.

**Омельянюк А.М.**

### **ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА КАК СПОСОБ СОКРАЩЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Заведующий кафедрой экономической теории и логистики Брестского государственного технического университета, к.э.н., доцент*

В настоящее время экономика Республики Беларусь проходит комплексную модернизацию. Это объясняется серьезным отставанием промышленности нашей страны от мировых стран-лидеров как по используемому оборудованию и технологиям, потреблением энергетических ресурсов на тысячу долларов ВВП, потреблением тонны условного топлива на тонну производимой продукции по основным отраслям экономики так и по способам организации производства.

Когда речь идет о модернизации белорусских предприятий — в большей степени речь идет о применении новых технологий, оборудования, активной части основных фондов и в меньшей степени речь идет о модернизации, совершенствовании процессов организации производства и поведении широкой оптимизации бизнес-процессов всей управленческой и производственной системы предприятия. Хотя такой способ модернизации не требует привлечения большого объема финансовых средств, которые при существующем уровне процентных ставок для большинства предприятий промышленности становятся экономически

недоступными. Поэтому модернизация существующих моделей управления производством (микрологистических систем) представляется достойной альтернативой сокращения материальных и энергетических затрат и драйвером роста конкурентоспособности промышленности нашей страны.

В большей степени на предприятиях в экономике нашей республики получила распространение модель управления производством, основанная на принципе максимизации загрузки мощностей и планируемой норме рентабельности основного производства. Эта модель организации производства сформировалась как некоторая адаптация плановой системы управления производством, доставшейся нам от Советского Союза, к требованиям рыночной модели экономики.

Несмотря на то, что на большинстве белорусских предприятий уже давно созданы и функционируют отделы маркетинга, их деятельность в большей степени связана со сбытом. Как называли сбыт в Советской экономике – «отгрузкой». Понимая под этим, основную задачу предприятия в плановой экономике – выполнение плана – отгрузил, значит произвел, погрузил на транспорт, то есть передал продукцию следующему участнику логистической цепочки. Можно рапортовать о выполнении плана.

Появление интереса к логистике в нашей стране привело к еще одной волне нововведений на белорусских предприятиях. Это вылилось в создание отделов и управлений логистики и модернизацию и компьютеризацию логистических процессов производственных и крупных торговых предприятий. В первую очередь это нововведение коснулось крупных экспортеров и торговые и товаропроводящие сети.

В настоящее время в обществе обыватели под логистикой понимают за частую отрасли транспортного обслуживания, экспедиторскую деятельность, управление торговыми и распределительными сетями, а также организацию и управление складским хозяйством. Эти явления и процессы активно входят в нашу жизнь и изменяют ее. Однако стоит отметить, что очень мало уделяется внимания организации и функционированию микрологистических систем управления производством, таких как «точно в срок», «Канбан», MRP-1, MRP-2, ERP, SCM, CRM и др.

Ряд белорусских предприятий пытался внедрить элементы данных систем, однако (за редким исключением экспортно-ориентированных предприятий и торговых сетей) некоторые из них улучшили показатели своей производственно-хозяйственной деятельности, модернизировали технологические процессы, однако того положительного эффекта, который несет в себе потенциал данных микрологистических систем не достигли. Хронологически первой из них стала система «точно в срок». Она появилась в конце 1950-х годов в Японии. Автомобилестроительная компания «Тойота» решила сократить свои издержки, полностью исключить страховые запасы из производства, значительно сократив запасы незавершенной и готовой продукции.

Общий смысл функционирования такой системы был в следующем: потребность в страховых запасах пропадает при организации поступления материалов, компонентов и полуфабрикатов в необходимом количестве, соответствующего качества, в нужное место и в указанное время для производства и сборки готовой продукции. Такая организация материальных и трудовых потоков позволяет не только сократить затраты на складирование и хранение запасов незавершенного производства, но и значительно сокращает непроизводительное потребление энергетических ресурсов от сокращения времени непроизводительной работы оборудования. Система «точно в срок» представляет собой логистическую синхронизацию потоков материальных ресурсов с потребностью в них определяемой

графиком производства продукции. Данная концепция не могла быть внедрена в рамках одной компании. Сложенная работа потребовалась и от поставщиков сырья и комплектующих материалов. Коренным образом пересматривались принципы организации поставок на производство. От модели минимизации издержек японские компании перешли к системе долгосрочных отношений с поставщиками, при котором наряду с требованиями абсолютного соблюдения качества предъявлялось не менее жесткое требование соблюдения сроков поставки.

Множество поставщиков расширяет ценовой выбор, но снижает стабильность в работе. Материально-техническое снабжение сделало выбор в пользу небольшого числа надежных поставщиков, заключив с ними и перевозчиками долгосрочные контракты. Появление этих долгосрочных контрактов – явил в себе процесс создания и внедрения новых формальных институтов, на уровне функционирования внешней или макрологистической системы.

Появление этих макрологистических институтов потребовало проектирования и внедрения новых микрологистических институтов: регламентов организации производственного процесса, ежедневных планов поставки, оперативного управления деятельностью подразделений других компаний. Это ситуация, при которой заказчик, пользуясь условиями долгосрочного договора, может вносить изменения в оперативные планы работы поставщиков и транспортных организаций. Тем самым происходит межфирменная интеграция предприятий по отдельным функциям, которая в дальнейшем принимает организационные формы цепочки поставок.

Такого рода долгосрочные контрактные отношения в последующем могут создать экономические условия для концентрации капитала и добровольного вхождения участников интеграции в единую компанию.

Организация производства с использованием системы «точно в срок» с момента начала внедрения столкнулась с целым рядом технико-организационных проблем. Среди них на первом месте было требование высокого уровня качества поставляемых материалов и готовой продукции.

Идеология данной модели не подразумевает наличие страховых (избыточных) запасов материалов, незавершенного производства или готовой продукции ни на одном из производственных участков предприятия. Так как в запасе нет детали для замены дефектной, придется останавливать производство на следующем по технологической цепочке участке или, хуже всего, весь конвейер. Однако это даже лучше чем продолжать производить бракованную продукцию и в дальнейшем отвлекать ресурсы предприятия на гарантийный ремонт и тем самым ограничивать будущее производство.

Решение данной проблемы потребовало внедрения института взаимного контроля. Работник участка производства, обнаруживший брак либо дефект, который был сделан работником (или работниками) на предыдущих участках, получал премию того работника, который этот брак совершил. Работник, который совершил брак, соответственно терял ту сумму, которую из его зарплаты передавали первому работнику. Этот формальный институт призван был сформировать в коллективе дух «соперничающей кооперации». Чтобы, не разрушая «семейных дух» социально-психологического климата внутри коллектива, создать такую систему отношений, при которой каждый работник был бы заинтересован в выпуске качественного продукта и на собственном технологическом участке и всей компанией.

Второй серьезной проблемой стала нестабильность спроса на продукцию и как следствие неритмичность графика работы и проблема занятости работников в период отсутствия заказов.

Проявились первые тенденции перехода от толкающей к тянущей форме организации логистических процессов. Что позволило компании «Тойота» перейти на новую на микрологистическую систему организации производства «Канбан» [2]. В переводе с японского языка «канбан» означает записка (таблица). Разработанная в компании «Тойота» система «канбан» связана с использованием специальных карточек: Которые стали инструментом передачи информации между подразделениями и формой некоторого подобия рыночных отношений внутри отдельной фирмы. Такая карточка выполняет роль заявки на определенное число деталей одного производственного подразделения у предыдущего по технологическому процессу подразделению. Эти карточки с информацией о расходуемых и производимых количествах продукции, циркулируя внутри предприятия-производителя, его филиалов и между многочисленными поставщиками, позволили настроить и реализовывать концепцию «точно в срок» [2].

Институциональная роль таких карточек двойственна: с одной стороны как рыночный феномен она по аналогии с платежеспособным спросом регулирует объем и срок предоставления эмитенту заявленного объема продукции, с другой стороны как феномен плановой экономики, она формирует оперативное планирование производственной программы с оперативным же контролем выполнения данной программы. Цех-изготовитель не имеет конкретного плана и графика производства на декаду или месяц. Деятельность его жестко определена конкретным заказом цеха-потребителя. Введение формального института «карточного» планирования и контроля оказал серьезное влияние на внутрифирменную институциональную среду. Деятельность разрозненных технологических участков, цехов, филиалов и поставщиков выравнивалась по времени, периодичности и ритмичности работы. Продолжились традиции «соперничающей конкуренции», только ее участниками уже были целые коллективы и конкурировали они между собой. Появился аналог советского социалистического соревнования.

Данная система включала в себя еще два института:

1. Система «тодзика», которая регулировала количество рабочих на технологических участках при колебании спроса на продукцию;

2. Система «дзидока» — автономный контроль качества изготовления продукции непосредственно на рабочих местах в ходе технологического процесса, вместо контроля качества только готовой продукции. При обнаружении неполадок оборудование информирует об этом, фиксируется отклонение от нормального рабочего процесса, останавливается производственная линия, а работник сразу устраняет неполадки. В последующем выявляются глубинные причины возникновения дефектов и вносятся изменения по улучшению качества в стандартный процесс производства [1].

Кроме видимых плюсов в организации и оперативном управлении производством, система «Канбан» имеет свои пределы и условия функционирования. Применение системы «Канбан» имеет экономический смысл только на производственных предприятиях, производящих штучные товары, и нецелесообразно в отраслях с непрерывным циклом производства.

На предприятиях Советского Союза попытки применения системы «Канбан» положительных результатов не дали, потому, что данная модель не вписывалась в институциональные отношения государственной собственности. Для социалистических предприятий экономия на страховых и избыточных запасах не являлась целью и источником роста эффективности. Потому, что и запасы, продукция и предприятия находились в собственности государства. А повышение ритмичности и

взаимообусловленности работы предприятий-смежников было неподъемной задачей из-за их огромнейшей территориальной разобщенности, неэффективности государственного отраслевого планирования и, как следствие, выполнение месячных планов в последнюю декаду месяца, что как следствие срывало план поставок для тех предприятий, которые находились на следующем этапе технологической цепочки. Именно по этому эффективное функционирование микрологистических систем построенных по принципу «точно в срок» потребовало особой конгломерации зачастую противоречивых для индивидуально мотивированных европейцев и американцев формальных и неформальных институтов, соединяющих индивидуальную инициативу человеческого потенциала каждого работника и «соперничающую кооперацию» и «семейный пожизненный найм».

Внедрив в практику своей деятельности данную микрологистическую систему организации производства или отдельные ее элементы автомобилестроительные компании «Дженерал моторс» (США), «Рено» (Франция) и ряд других предприятий машиностроительной отрасли, уменьшили энергетические затраты до 15%, производственные запасы и незавершенное производство на 50%, а товарные запасы и расходы на складское хозяйство - на 8%. При этом значительно ускоряется оборачиваемость оборотного капитала и повышается качество продукции [1].

В настоящее время в практике функционирования зарубежных промышленных корпораций применяются новые микрологистические системы организации производства (MRP-2, ERP, SCM), которые позволяют обойти слабые места системы «точно в срок» - учет взаимного влияния трудовых, материальных и ресурсных потоков, колебания спроса на производимую продукцию, риски и вероятности срыва поставок, поломок и незапланированных перерывов в производственной деятельности, сокращение затрат материальных и энергетических ресурсов в процессе производства. А всестороннее применение компьютерной техники позволяет использовать данные логистические решения в режиме он-лайн управления. Когда время между изменением внешнего окружения системы и принятием решения по адаптации производственной системы к данным изменениям составляет не дни и недели, а от одного до нескольких часов.

*Список использованных источников*

1. Магомедов А.М. Институты и институциональные потоки логистической системы // Управление экономическими системами (электронный научный журнал), 2012, № 12.
2. Синго С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства \Пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2010. – 312с.

**Черноиван В.Н., Черноиван А.В., Игнатюк Т.В.**

## **ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НУЛЕВОГО ЦИКЛА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Брестский государственный технический университет*

При возведении нулевого цикла промышленных и гражданских зданий и сооружений существенный объем энергозатрат приходится на сохранение природной

структуры грунта основания под подошвой фундамента от грунтовых вод. Согласно массово применяемой сегодня технологии производства работ основным решением сохранения природной структуры грунта под подошвой фундамента от грунтовых вод является снижение уровня грунтовых вод (УГВ) ниже дна будущей выемки. Сложившаяся практика строительства показала, что наиболее эффективным и технологичным является способ искусственного понижения уровня грунтовых вод с использованием водопонизительных установок различных типов. Понижение уровня грунтовых вод обеспечивается путем непрерывной откачки. Водопонижение, как правило, начинают не менее чем за месяц до начала производства земляных работ и заканчивают после полного завершения всех работ нулевого цикла: монтаж фундаментов, устройство гидроизоляции, обратная засыпка пазух. Таким образом, от фактической продолжительности возведения подземной части зданий и сооружений зависит время непрерывной работы водопонизительных установок.

При массовом возведении жилых микрорайонов на площадках выведенных из сельскохозяйственного оборота проблемы водопонижения грунтовых вод решались за счет применения легких иглофильтровых установок: ЛИУ-2, ЛИУ-5 и ЛИУ-6, всасывающие насосные агрегаты которых, потребляли электроэнергию от 5,5 кВт/час. (насосный агрегат ЛИУ-2) до 22 кВт/час. (насосный агрегат ЛИУ-5).

Сегодня основной объем возводимых зданий и сооружений составляют объекты так называемой «точечной застройки», т.е. строительство их ведется на территории уже существующей многоэтажной застройки. Анализ гидрогеологических изысканий выполненных на участках, определенных под точечную застройку, показал, что уровень грунтовых вод на них существенно выше того, что был зафиксирован во время массового строительства на этой территории.

Учитывая, что легкие иглофильтровые установки эффективны для понижения уровня грунтовых вод на глубину 4...5 метров, массовое их применение при возведении нулевого цикла зданий и сооружений точечной застройки на практике малоэффективно.

Анализ эксплуатационных характеристик водопонизительных установок различных типов позволил сделать вывод, что при возведении работ нулевого цикла зданий и сооружений целесообразно использовать установки с эжекторными иглофильтрами марок ЭИ-4 и ЭИ-6. Эти установки состоят из иглофильтров, эжекторов, всасывающего коллектора и насосного агрегата. Основные затраты энергии при водопонижении связаны с потребителем электроэнергии насосными агрегатами, оснащенными электродвигателем. Мощность электродвигателя насосного агрегата выбирается в зависимости от проектируемой глубины понижения грунтовых вод. Для проведения работ по водопонижению на строительных объектах г.Бреста оптимальная мощность электродвигателя  $N = 75 \dots 100$  кВт (насос марки 6НД<sub>с</sub>).

Как показывает практика возведение нулевого цикла зданий и сооружений составляет от трех до пяти месяцев. Исходя из этого, для выполнения сравнительного расчета, примем усредненную продолжительность непрерывной работы водопонизительной установки:

$$4 \text{ (месяца)} \times 30 \text{ (дней)} \times 24 \text{ (часы в сутках)} = 2880 \text{ часов}$$

Тогда, при использовании насосного агрегата марки 6НД<sub>с</sub>, оснащенного электродвигателем мощностью 75 кВт расход электроэнергии составит 216000 кВт/час. на комплект оборудования (участок 35 метров).

Согласно тарифам на электрическую энергию, введенным в действие с 1 января 2015 года, примерная стоимость водопонижения грунтовых вод одним комплектом оборудования (длина 35 метров) составит:

$$216000 \times 1580,2 = 341,25 \text{ млн. руб.}$$

Учитывая, что на одном строящемся объекте, как правило, монтируют от 6 до 10 комплектов оборудования, стоимость водопонижения может составить от 2047,5 млн. руб. до 3412,2 млн. руб.

Для снижения энергозатрат на возведение нулевого цикла зданий и сооружений авторы статьи, предлагают принять следующую технологию производства работ.

Разработку грунта в котловане рекомендуется выполнять одноковшовым экскаватором обратной лопата до отметки выше уровня залегания грунтовых вод. Затем на ненарушенное основание монтируются конструкции фундамента.

Необходимое заглубление фундамента по условиям промерзания, а также устройство подвалов и цокольных этажей зданий решается устройством подсыпки до проектной планировочной отметки за счет дополнительно завезенного на стройплощадку грунта.

#### *Список использованных источников*

1. Емельянов А.В., Клейман Д.Б., Станченко И.К., Чельцов М.И. Водопонижение в строительстве / А.В. Емельянов [и др.]. М.: Стройиздат, 1971. – 178 с.
2. Штоль Т.М., Теличенко В.А., Феклин В.И. Технология возведения подземной части зданий и сооружений / Т.М. Штоль [и др.]. М.: Стройиздат, 1990. – 228 с.

**Сальникова С.Р.**

### **ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА УМСТВЕННУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА**

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

Современный человек почти 90% времени находится в помещении. Поэтому вопросам влияния качества воздуха в помещениях зданий на самочувствие людей уделяется особое внимание как экологами, врачами, диагностами, так и инженерами-проектировщиками систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Первоочередным вопросом является обеспечение безопасности и комфортности пребывания людей в помещении, причем энергетические затраты на вентиляцию должны оставаться на приемлемом уровне.

Определенное противоречие между энергосбережением и качеством внутреннего воздуха наглядно продемонстрировало массовое применение герметичных окон со стеклопакетами. Ведь основным способом вентилирования помещений является естественная вентиляция с притоком внешнего воздуха через неплотности оконных проемов и удалением загрязненного воздуха через вентиляционные каналы. Герметизация окон приводит к застою воздуха в помещениях, увеличению уровня относительной влажности, появлению конденсата на стеклах, плесени и грибковым поражениям строительных конструкций, увеличению концентрации углекислого газа. Конечно, это не означает, что надо отказываться от современных герметичных окон. Нужно просто применять такие энергосберегающие технологии, которые не ухудшают качество внутреннего воздуха.

## Гигиенические показатели санитарного состояния и вентиляции помещений:

1. Химический состав атмосферного воздуха: азота – 78,08%; кислорода – 20,95%; углекислого газа – 0,03-0,04%; инертных газов – 0,93%; влаги от 40-60% до насыщения; пыль, микроорганизмы, естественные и техногенные загрязнения – в зависимости от промышленного развития региона, типа поверхности (наличие зеленых насаждений и др.)

2. Источники загрязнения воздуха жилых помещений, помещений коммунально-бытового назначения и общественных помещений – продукты жизнедеятельности организма людей, которые выделяются кожей и при дыхании и поэтому используется как показатель (индикатор) степени загрязнения этими веществами воздуха помещений различного назначения.

3. Концентрация углекислого газа отображает степень загрязнения воздуха другими продуктами жизнедеятельности организма. Концентрация углекислого газа в помещениях увеличивается пропорционально количеству людей и времени их пребывания в помещении.

Критериев загрязненности воздуха помещений может быть много, но есть два основных: концентрация углекислого газа и уровень относительной влажности воздуха. Исследования показали, что в течение суток концентрации углекислого газа и паров воды изменяются синхронно, то есть за критерий загрязненности воздуха можно взять один из параметров.

В закрытом помещении уровень углекислого газа повышается гораздо быстрее, чем убывает кислород. Замеры показывают, что, даже когда уровень  $\text{CO}_2$  достигает 1000 ppm (0,1%), содержание кислорода практически не меняется. Конечно, увеличение углекислого газа зависит от количества людей в этом помещении, от их веса и того, что они при этом делают. Взрослый человек в покое за один час потребляет 20–30 л кислорода с выделением 18–25 л углекислого газа, а при физической работе — в 2–3 раза больше. Если во вдыхаемом воздухе содержится 0,03 % (об.)  $\text{CO}_2$ , то в выдыхаемом – 3,6 % (об.), то есть возрастает более чем в 100 раз.

Таблица 1. Негативные физиологические проявления при различных уровнях концентрации углекислого газа.

Уровень $\text{CO}_2$ , ppm	Физиологические проявления
Атмосферный воздух 380-400	Идеальный воздух для здоровья и хорошего самочувствия
400-600	Нормальное количество воздуха. Рекомендовано для детских комнат, спален, офисных помещений, школ и детских садов
600-1000	Появляются жалобы на качество воздуха. У людей, страдающих астмой, могут учащаться приступы
Выше 1000	Общий дискомфорт, слабость, головная боль, концентрация внимания падает на треть, растёт число ошибок в работе. Может привести к негативным изменениям в крови, также могут появиться проблемы с дыхательной и кровеносной системой
Выше 2000	Количество ошибок в работе сильно возрастает, 70% учащихся, сотрудников не могут сосредоточиться на работе

Установлено, что повышение концентрации  $\text{CO}_2$  до 2-2,5% не вызывает заметных отклонений в самочувствии человека, его трудоспособности. Концентрации  $\text{CO}_2$  до 4% вызывают повышение интенсивности дыхания, сердечной деятельности, снижение трудоспособности. Концентрации  $\text{CO}_2$  до 5% сопровождаются одышкой,

усилением сердечной деятельности, снижением трудоспособности, а 6% – способствуют снижению умственной деятельности, возникновению головной боли, помрачению, 7% – может вызвать неспособность контролировать свои действия, потерю сознания и даже смерть, 10% – вызывает быструю, а 15-20% – мгновенную смерть из-за паралича дыхания.

Что происходит при повышении концентрации  $\text{CO}_2$  в воздухе, который попадает в организм?

Увеличивается парциальное давление  $\text{CO}_2$  в наших альвеолах, его растворимость в крови повышается, и образуется слабая угольная кислота ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ ), распадающаяся, в свою очередь, на  $\text{H}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$ . Кровь закисляется, что называется ацидозом. Первые признаки ацидоза – плохое восприятие новой информации. Чем выше концентрация  $\text{CO}_2$  в воздухе, которым мы постоянно дышим, тем ниже рН крови и тем более кислую реакцию она имеет. Люди, проводящие много времени в помещении с высоким уровнем  $\text{CO}_2$ , в 3,5 раза чаще имеют сухой кашель и в два раза больше болеют ринитом.

Во многих учреждениях очень плохо работает естественная вентиляция – именно здесь причина зашкаливания  $\text{CO}_2$ . Герметичные окна хорошо изолируют тепло и звук, однако начисто лишают помещение естественной вентиляции, превращая его в большой целлофановый пакет. Уровень углекислого газа в таком «пакете» очень быстро нарастает.

Есть здания, которые в специальной литературе называют больными, а люди, работающие там, испытывают синдром больного здания (СБЗ). У синдрома много проявлений: раздражение слизистых оболочек, сухой кашель, головная боль, снижение работоспособности, воспаление глаз, заложенность носа, сложности с концентрацией внимания.

Углекислый газ – одна из главных причин развития СБЗ и этот синдром появляется уже при его уровне выше 800 - 1000 ppm. Причинами СБЗ теоретически могут быть выделения строительных и отделочных материалов, вещества, которые выделяют человеческое тело, споры плесени и т. д. Если вентиляция в помещении работает плохо, то, безусловно, концентрация этих веществ в помещении также будет расти, но медленнее, чем  $\text{CO}_2$ . Углекислый газ выступает как индикатор, по которому можно судить не только о других загрязнителях, но и о том, насколько хорошо работает вентиляционная система в здании.

Более того, по  $\text{CO}_2$  можно судить и о количестве бактерий в воздухе. Чем больше углекислого газа, тем хуже справляется вентиляция и тем больше в воздухе разных бактерий и грибов. Особенно отчетливо это проявляется зимой, когда интенсивность вентиляции падает, а количество респираторных инфекций растет.

Решить проблему плохого качества воздуха на стадии проектирования и строительства новых зданий можно без особых проблем. Но что делать в построенных зданиях, при весьма ограниченном бюджете, когда многие вентиляционные системы не могут быть организованы по техническим или финансовым причинам? Необходимо искать компромиссные, более простые и доступные решения. Одним из них является применение оконных или стеновых приточных клапанов.

Поиски компромисса между герметичностью окон и притоком свежего воздуха показали, что обычное периодическое проветривание путем открывания створок окна не решает проблему полностью, поскольку крайне неудобно и не эффективно в плане энергосбережения. Кроме того, оно может свести "на нет" энергосберегающий потенциал герметичных окон.

Таблица 2. Сравнительные характеристики предлагаемых проблем по вентиляции

Предлагаемые решения по вентиляции	Преимущества	Недостатки
Щелевое проветривание	Нет затрат на оборудование и установку	Большие неучтенные тепловые потери
Приточные оконные клапаны	Постоянно-управляемые притоки воздуха	Уменьшение термического сопротивления окна

Предлагаемые решения по улучшению вентиляции (установка окна в режим микропроветривания, установка приточных клапанов различной конструкции и др.) не решают в полном объеме обозначенную проблему обеспечения требуемого норматива по вентиляции и воздухообмену.

Неотлаженным требованием времени – внедрение новых норм проектирования системы вентиляции в связи с изменением в сторону резкого уменьшения коэффициента инфильтрации воздуха через оконные и дверные конструкции и отсутствием организованного притока воздуха.

*Список использованных источников*

1. И.В. Гурина. Кто ответит за духоту в помещении.
2. А.Л. Наумов, Д.В. Капко. CO<sub>2</sub>: критерий эффективности систем вентиляции// [www.abok.ru](http://www.abok.ru)
3. Проблемы вентиляции в учебных заведениях // [www.aereko.ru](http://www.aereko.ru).
4. А.Б. Невзорова, А.В. Самсонов. Совместимость новых герметичных оконных блоков и существующей системы вентиляции. Проблемы и решения // [Shutterstock.com](http://Shutterstock.com).

**Галимова Н.П.**

### **СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ ЗАПАДНЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ (1921–1939 ГГ.)**

*БрГУ имени А.С. Пушкина, декан исторического факультета, кандидат философских наук, доцент*

Вопросы экономического развития и, в первую очередь, развития такой ведущей отрасли как энергетика являются достаточно актуальными.

Начало развития энергетике в западных регионах Беларуси совпадает по времени с самым начальным периодом ее зарождения в России. Удачное положение региона на перекрестке водных путей, а также завершение в 1882 г. строительства участка железной дороги Пинск – Жабинка, а в 1884 г. – линии Пинск – Лунинец способствовали развитию г. Пинска и Пинскому уезду. Первая промышленная энергетическая установка на Полесье была создана в конце XIX в. в г. Пинске в бывших главных мастерских Полесских железных дорог, которые к тому времени стали не только самым крупным индустриальным предприятием города, но и самым передовым по технической оснащённости. По объёму производства они не имели себе равных в Беларуси и считались лучшими мастерскими такого рода в России.

В годы первой мировой войны в Пинске продолжались работы по созданию

собственной электростанции. Так в отчёте Полесского воеводства за 1924 г. [1] указывается, что Пинская городская электростанция действует с 1916 г. Выработка электроэнергии на ней составила в 1922 г. 136800, в 1923 г. – 94400 квт. ч. В отчёте за 1923 г. говорится, что городская электростанция досталась полякам в качестве «наследства»(имеется ввиду России) от оккупантов и приобретена магистратом у органов трофейного военного имущества «Диамой» [2].

В этом же отчёте указывается, что в Пинском воеводстве среди предприятий общественного пользования нет ни одной «газовни» и никаких водопроводных сооружений. В тоже время в г. Бресте возникла идея устройства городского водопровода, но, увы, отсутствие должных материальных и финансовых средств не позволило её осуществить. Что касается электростанций, построенных российскими властями, то они были ликвидированы, так как не было средств для их выкупа и дальнейшего использования. Однако было ещё ряд местечек, где до этого времени сохранились сети проводки в домах и уличное освещение, но самих электростанций уже не было, так как они требовали капитального ремонта, а желающих вложить средства с целью дальнейшей их эксплуатации не оказалось.

В абонентской книге Пинской городской электростанции за 1921 г. указывалось, что мощность электролампочек, установленных у потребителей, была преимущественно 16 и 25 ватт. Оплата за пользование электроэнергией производилась по месячным ставкам: за 16-ваттную лампочку – 150 марок, за 25-ваттную – 200 марок. Всего в городе насчитывалось около одной тысячи абонентов. Электрификацией были охвачены все основные улицы. В учреждениях электричество использовалось очень экономно. Так, например, в кабинете поветового старосты имелись три лампочки мощностью 25 ватт и одна – 50 ватт, а в его приёмной одна на 25 и одна на 50 ватт. В кабинете начальника полиции были установлены только две лампочки. Все работники магистрата и электростанции пользовались льготами. В сентябре 1923 г. было принято специальное решение магистрата № 87 «Об освобождении работников местного самоуправления от оплаты за пользование электрическим освещением». Этим же решением с целью улучшения освещения города было выделено 2 млн. марок (из прибыли электростанции) на приобретение необходимых лампочек и арматуры для их подвески. Решениями №№ 96 и 98 от 1 и 4 октября 1923 г. магистрат увеличил плату за месячное пользование электроосвещением, мотивируя это «бешеным ростом цен» на древесное топливо.

Ведомости на зарплату [3] позволили установить, что в 1919 г. руководил электростанцией Б. Котек, а производством заведовал Б. Вознесенский, с февраля 1920 г. станцию возглавляли К. Грабовский и Б. Вознесенский, а в 1921 г. – К. Кошевник и Г. Анастасенко. Магистрат г. Пинска в связи с инфляцией и убыточностью электростанций, принял в 1922 г. решение о временной передаче оборудования станции Пинскому заводу братьев Лурье («Тоболь»). В договоре от 10 апреля 1922 г. уточнялось наличие оборудования: электрогенератор переменного трёхфазного тока напряжением 3000 вольт на 92 ампера, электрогенератор постоянного тока 220 вольт на 130 ампер, трансформатор, приводные ремни, трансмиссия.

Согласно договора магистрат своими силами обслуживал электрогенераторы, передаточные и распределительные устройства, приборы и аппараты, а также уличное освещение города. Вместе с оборудованием для электростанции магистрат передал железной дороге и городские электросети, которые после прекращения действия договора должны были быть возвращены городу в технически исправном состоянии, не требующем в течение последующих двух лет капитального ремонта.

В договоре подробно был изложен порядок обслуживания сетей, подключения новых абонентов, контроля за состоянием электропроводок у потребителей и оплаты за пользование электроэнергией. Железная дорога взяла на себя обязательство в течение первых пяти лет действия документа выделять городу по себестоимости по 10 кВт одновременной нагрузки для освещения зданий магистрата и улиц. А в последующем постепенно увеличивать этот отпуск и довести его до 30 кВт в последнем году действия договора. Обслуживание сетей уличного освещения осуществляла электростанция железной дороги за свой счёт, а арматуру светильников и лампочки предоставлял магистрат.

Железнодорожная электростанция в 1922 году выработала 44445 кВт.ч электроэнергии, в 1923 г., т.е. после частичного перевода ее и на электроснабжение города, – 66044 и за 1924 г., первый постоянный год его полного обеспечения, – 199016 кВт.ч. В письме от 22 октября 1924 г. на имя старосты Пинского повета Брестское отделение Виленской железной дороги сообщала, что «в настоящее время электростанция в Пинске является ее собственностью и существует на основании распоряжения Виленского управления» [4, с. 22].

Поветовый староста в письме от 8 октября 1929 года в городское управление Пинска обращал его внимание на неудовлетворительное освещение города и указывал на крайне низкое напряжение, в результате чего вечером лампы еле светятся. Некоторые улицы в течение длительного времени вообще не освещаются. Староста просил навести порядок с уличным освещением, чем будет повышена и общественная безопасность граждан. В ответе на указанное письмо сообщалось, что недостатки в работе уличного освещения были вызваны остановкой одного дизеля на ремонт. Действующий второй дизель не смог полностью обеспечить город электроэнергией.

В отчете магистрата за 1928-1929 годы отмечалось, что город пользовался электроэнергией, получаемой от железнодорожной электростанции по договору. Уличное освещение обеспечивало 310 электроламп мощностью 75 и 50 ватт. Магистратом в отчетном периоде было принято решение о «возбуждении стараний» с целью возврата электростанции и сетей в собственность города, однако, видимо, безрезультатно. Вопрос этот решился положительно для города только в 1947 году.

В то время в городе существовала электростанция судоверфи военного речного флота, но она была законсервирована. В 1935 году эта судоверфь осуществляла строительство и ремонт военных речных судов. На предприятии было установлено 30 электродвигателей общей мощностью 208 л.с. и два двигателя внутреннего сгорания – 68,8 л.с., работало 43 инженерно-технических работника и служащих и 175 рабочих [5]. О мощности Пинской железнодорожной электростанции в 1939 г. точных данных нет. Известно, что там находился и локомотив «Вольф» мощностью 550 л.с., который вышел из строя в результате аварии в феврале 1939 года и, видимо, так и не был восстановлен. Авария локомотива «Вольф» произошла утром 8 февраля 1939 г.

Расследованием, проведенным представителями службы депо Брестского отделения железной дороги, было установлено, что поврежден весь блок цилиндра низкого давления. Авария произошла по вине машиниста Я. Кнаппа. Старший электромонтер Людвиг Цегельский, исполнявший обязанности заведующего электростанцией, в день аварии находился по разрешению вышестоящего Брестского руководства в краткосрочном отпуске. Замещал его в это время электромонтер I класса Т. Асенди. По результатам расследования аварии локомотива «Вольф» дисциплинарной комиссией Дирекции управления Виленской окружной дороги был составлен акт обвинения против Я. Кнаппа. Вины исполняющего обязанности

кочегара не установлено [6]. Не смотря на кризис тридцатых годов и обнищание населения, спрос на электроэнергию как для бытовых, так и промышленных целей на Полесье постоянно возрастал. В г. Бресте в то время числилось 6600 абонентов, что по отношению к проживающему в городе населению составило 13,2 % [7]. По обеспечению населения электроэнергией г. Брест не уступал г. Варшаве.

По данным технического отчёта Брестской городской электростанции за IV квартал 1937 года общая мощность силовых установок составляла 1390 л.с., а электрогенераторов – 920 кВт, ежемесячная выработка электроэнергии – 237410 – 266610 кВт.ч. Электропотребителей насчитывалось уже более девяти тысяч [8].

Сегодня трудно восстановить полную картину жизни энергетиков в те далекие годы. Однако архивные материалы позволяют хотя бы фрагментарно представить некоторые особенности их взаимоотношений с властями, характер и условия работы.

В личном деле А.К. Ярошука, электромонтера по обслуживанию уличного освещения города и электроустановок в зданиях местного самоуправления, указывалось, что родился он в 1903 г., окончил четыре класса. В мае 1932 года был принят магистратом на работу в качестве монтера с окладом 160 злотых ежемесячно. Однако уже в декабре Ярошуку уменьшают жалование до 144 злотых и предлагают написать «декларацию о личном согласии на работу с таким окладом». В августе 1933 года магистрат сообщает электромонтеру, что с 30 сентября ему будет отказано в работе. Но именно в этот день глава местной администрации милостиво извещает о принятии его с 1 октября на прежнюю должность, но с месячным окладом только в 120 злотых. Под этим документом имеется подпись Ярошука, которой он свидетельствовал, что оригинал получил и с новыми условиями оплаты труда согласен.

Спустя полтора месяца заведующий общим отделом магистрата требовал от Ярошука представить копии удостоверения польского гражданства, метрики о рождении, свидетельства с прежних мест работы, последнего школьного свидетельства, документа, подтверждающего отношение к воинской службе, свидетельство о браке, метрики о рождении членов семьи (кроме жены), на которых выплачивались денежные добавки.

В личном деле есть заявление А.К. Ярошука от 10 сентября 1934 г., где он просит увеличить ему оклад, мотивируя это сложностью своей работы и ненормированным рабочим днем. В дневное время он меняет перегоревшие лампочки уличного освещения, производит устройство новых или ремонтирует существующие электропроводки в зданиях, принадлежащих магистрату. Иногда работает без перерыва на обед, допоздна. В семь часов вечера он включает уличное освещение и до 9-10 часов дежурит в пожарной части на случай повреждения освещения в школах, так как уроки шли и в вечернее время. В два-три часа ночи ему нужно было выключать уличное освещение. Кроме того, он должен был вставать в случае пожара по тревоге в любое время ночи и отключать провода, чтобы обеспечить безопасность при тушении огня. В дополнении к этому он еще обязан был устраивать всякие декорации и иллюминации во время проведения государственных и народных праздников. Отпуск у Ярошука был двухнедельный. При этом он был предупрежден о необходимости письменными рапортами докладывать магистрату об уходе в отпуск и возвращении из него.

А.К. Ярошук в июле 1935 г. при устройстве декорации здания магистрата к празднованию Дня моря получил травму большого пальца правой руки. Ему была оказана медицинская помощь, но он чувствовал себя очень плохо и просил президента о предоставлении ему оздоровительного отпуска. Видимо, травма была серьезная, так как Ярошук 5 августа, сославшись на сильные боли в пальце, просил

предоставить ему отпуск, но уже очередной, который он использовал для лечения. Такова была социальная защита пострадавшего на производстве [9].

О Лунинецкой железнодорожной электростанции и ее последующем развитии рассказывает бывший начальник Лунинецкого сетевого железнодорожного района, ныне пенсионер, Е.И. Лобачевский: «При Польше в 1935 году была специально построена и введена в действие в паровозном депо ст. Лунинец новая электростанция. Кирпичное довольно солидное здание электростанции сохранилось и по сей день».

Первоначально на электростанции была установлена паровая машина 100 л.с. с электрогенератором на постоянный ток напряжением 127 вольт. Начальником электростанции работал Литорович, машинистами – Королевич, Наумович и Пустоход. Электростанция обеспечивала электроэнергией депо и железнодорожный вокзал. Кроме того, по ВЛ с медными проводами ток передавался потребителям, жившим по нынешним улицам Пожарной, Советской и Маяковского.

Полесским воеводством в 1922 г. было выдано Элеоноре Соколовской разрешение на установку котла давлением 7 атмосфер с поверхностью нагрева 28,49 кв. м., что примерно обеспечивало паровую машину мощностью 30 л.с. Силовая установка была смонтирована на городской мельнице-электростанции по ул. Пяскова (Песчаная), 28. Несколько позже с обширным и достаточно аргументированным ходатайством о разрешении строительства на той же улице более крупной мельницы-электростанции и городских сетей выступил владелец мельницы-электростанции в Яново Х. Померанец. К ходатайству был приложен проект строительства [10].

Первая электростанция в Столине была создана в 1917 году на территории больницы и обеспечивала, в основном, ее потребности. В качестве двигателя использовался локомотив мощностью около 15 л.с. Через некоторое время она перешла к владельцу мельницы Б. Френкелю, затем оказалась в ведении помещика Т. Гашикевича, а в 1922 году станцию приобрело акционерное общество «АКС», акционер которого – столинский сеймик – вскоре выкупил все его акции [11].

Электростанция выработала в 1922 г. 1381 кВтч, а в 1923 г. – 2356 кВтч электроэнергии, но в 1924 г. она почти бездействовала из-за отсутствия необходимого количества потребителей, что было связано с высокой стоимостью абонентной платы. В 1927 г. сеймик передал электростанцию в аренду предпринимателю Е. Пехотину, который владел мельницами в деревнях Струга и Теребежов. Тот провел некоторую реконструкцию, однако техническое состояние оборудования и сетей оставалось неудовлетворительным. Столинский магистрат выкупил станцию у сеймика в 1928 г. и почти бездействовала из-за отсутствия необходимого количества потребителей, что было связано с высокой стоимостью абонентной платы. В 1927 г. сеймик передал электростанцию в аренду предпринимателю Е. Пехотину, который владел мельницами в деревнях Струга и Теребежов. Тот провел некоторую реконструкцию, однако техническое состояние оборудования и сетей оставалось неудовлетворительным. Столинский магистрат выкупил станцию у сеймика в 1928 г. и почти сразу взялся строить новую, которая вместе с распределителями начала работать в постоянном режиме в начале 1930 г. В машинном отделении главного здания были установлены два дизеля мощностью 75 и 25 л.с. с электрогенераторами на трехфазный переменный ток напряжением 400/230 вольт.

В октябре 1930 г. в г. Столине на 6 тысяч жителей приходилось 400 абонентов, в том числе один потребитель имел электродвигатель мощностью 1,1 кВт. Улицы освещались девятью двумя фонарями, которые потребляли 7,4 кВт. На электростанции, в основном, работал дизель мощностью 75 л.с. Максимальная среднемесячная нагрузка составляла 30 кВт. За период с апреля по октябрь 1930 г.

электростанция при установившемся режиме работы выработала 36645 кВт.ч электроэнергии. Собственные нужды составили 7,9 %, а потери в сетях – 4 %. В архивных документах отмечается, что электростанция функционировала нормально и бесперебойно обеспечивала своих потребителей. В 1932 г. она выработала уже 51000, а в 1934 г. – 60423 кВт.ч электроэнергии. Предприятие в тот период обслуживали 3 человека: руководитель, машинист и его помощник. Руководил электростанцией инженер Т. Гольдфайль, а с 1935 г. – инженер Ф. Эвертынский, ранее работавший преподавателем в электротехнической ремесленной школе в г. Бресте.

Таким образом, в межвоенный период развитие энергетики западных районов Беларуси проходило достаточно сложно, в регионе не было крупных источников по производству электроэнергии и слабо были развиты электрические сети. Тем не менее, в этот период мы можем отметить высокую дисциплину, ответственность энергетиков за свою работу и их большой вклад в фундамент современной энергетики.

#### *Список используемых источников*

1. Зональный государственный архив в г. Пинске Б. – Фонд 5. – Оп. 5. – Д. 800.
2. Б. – Фонд. – 1 – Оп. 5. – Д. 799.
3. Б. – Фонд 2005. – Оп. 1. – Д. 1541,42,43,45 и 47.
4. Ковалец, М.Я. Энергетика Пинщины / М.Я. Ковалец. – Пинск : Ред. газеты «Пінскі веснік», 1998. – 297 с.
5. Б. – Фонд 2065. – Оп. 1. – Д. 469.
6. Б. – Фонд 2518. – Оп. 1. – Д. 2.
7. Б. – Фонд 1. – Д. 760.
8. Б. – Фонд 1. – Д. 404.
9. Б. – Фонд 2005. – Оп. 3. – Д. 237.
10. Б. – Фонд 1. – Оп. 1. – Д. 420.
11. Б. – Фонд 1. – Оп. 1. – Д. 800.

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

### **ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПОМОЩИ ПЛАЗМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКИ**

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

#### *Введение*

Для повышения продолжительности ресурса работы режущегося инструмента используются различные методы [1-3]. Проведенные эксперименты позволяют выделить из этих способов поверхностное упрочнение деталей при помощи высокоинтенсивных источников нагрева, применение которых позволяет реализовать процесс упрочнения деталей лишь на незначительную глубину, оставляя пластичной сердцевину детали. Цель работы состоит в изучении механизма разрушения детали для переработки вязких материалов и разработке соответствующих методов увеличения надежности и долговечности.

**1. В данной работе проведены исследования износа и упрочнения инструмента детали для резки и дробления сыра**

Эта деталь имеет плоскую серпообразную форму толщиной  $h = 8$  мм, изготовленную из специальной нержавеющей стали для пищевой промышленности 20X14H2, которая вращается с большой скоростью в специальной камере с сыром.

Выбранная сталь 20X14H2 является высоколегированной хромистой сталью. В системе Fe-Cr-C сталь 20X14H2 относится к полужерритному классу. Химический состав нержавеющей стали 20X14H2 представлен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав образца из нержавеющей стали 20X14H2, %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu	W	Co	Nb	Ti	Al	B	Fe
0.545	0.265	0.347	<0.0018	<0.0003	17.18	0.165	1.13	0.146	0.053	0.0063	<0.0011	0.0161	0.0071	0.0098	0.0012	80.13

Внешний вид детали приведен на рисунке 1. В процессе изготовления деталь подвергался объемной закалке до величины твердости 42 – 48 HRC.

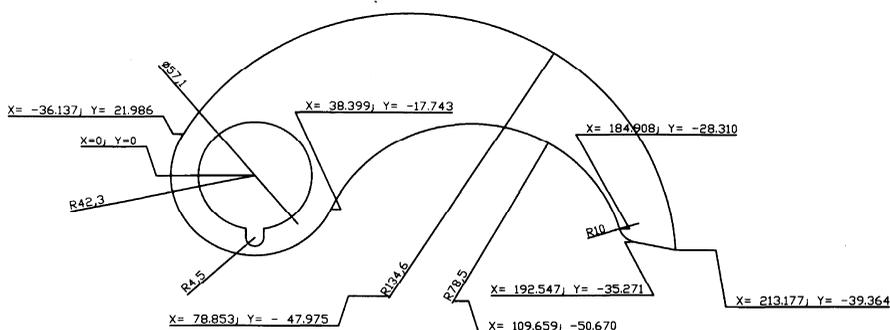


Рисунок 1 – Эскиз детали

Один цикл нагружения при стационарном режиме равен 7 мин и с учетом времени перегрузки камеры за сутки деталь нагружается  $25 \div 40$  раз. Долговечность ножа не превышает 3 месяцев, поэтому разрушение материала является малоцикловым и это свидетельствует о наличии нагрузок большой интенсивности вследствие резки сыра и действия центробежных сил.

Визуальные обследования показали ряд типичных дефектов – поверхностная коррозия металла, затупление, растрескивание и выламывание режущей кромки, разрушение полотна детали, отламывание кусков в периферийной зоне. В зоне примыкания детали к области посадочного отверстия отмечено появление поперечной «шейки». С помощью лазерного профилометра для изучения характера износа построены профилограммы детали на различных расстояниях от оси вращения. Типичная профилограмма характера износа детали по истечении трех месяцев работы представлена на рисунке 2.

Из профилограммы видно, что произошел значительный износ материала (порядка 10-20% общей массы ножа). В соответствии с принятой терминологией тип коррозии — точечнозвенная с проявлением коррозионного растрескивания и кавитационного износа. Толщина детали в сечениях наиболее удаленных от оси вращения уменьшилась из-за большей окружной скорости в этих сечениях детали примерно в 2 раза, при этом её поверхность не подверглась деформации и осталась плоской.

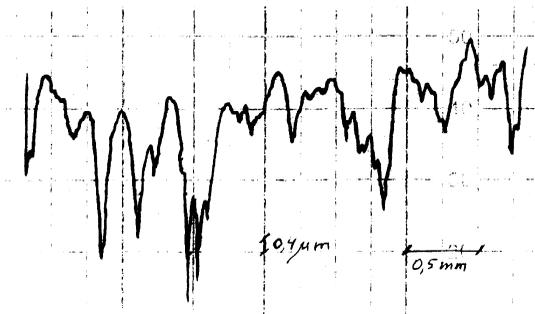


Рисунок 2 – Типичная профилограмма характера износа детали

При изучении характера износа отработавших свой ресурс деталей замечены характерные дефекты, которые также позволяют сделать выводы о характере и уровне действующих нагрузок.

При образовании «шейки» произошло утончение поперечного сечения на глубину до 1 мм и ширину 2-3 мм, причем глубина «шейки» одинакова на верхней и нижней сторонах ножа. Выход шейки к боковым поверхностям детали ориентирован под углом приблизительно 80°. В периферийной зоне детали на участке дуги радиуса  $R = 78,5$  мм на нижней плоскости и торцевой поверхности видны зарождающиеся трещины глубиной до 1 мм со сплошной зоной коррозионно-поверхностных дефектов в виде остроугольных канавок, которые ориентированы перпендикулярно торцу и изгибающихся в окружном направлении (ширина дефектов в своей средней части составляет 4-6 мм). Образование шейки одинаковой глубины по всей длине своих прямолинейных участков говорит о пластическом течении материала в случае плоского напряженного состояния.

## 2. Методика проведения исследований

Как отмечено выше, объемная термозакалка не обеспечивает требуемой прочности детали. Для повышения износостойкости в процессе трения и увеличению сопротивляемости пластическому и хрупкому разрушению в данной работе предлагается применить поверхностную термообработку детали (ПУ), 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 1,0 – 1,4 кВт.

Такое упрочнение детали характеризуется рядом преимуществ:

- достаточно малой глубиной закалки (всего лишь в местах износа);
- при ПУ твердость поверхностного слоя заметно 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. Для перемещения плазмотрона с заданной скоростью создано специальное механическое устройство, реализующая плоскопараллельное движение упрочняемой детали относительно 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. При закалке различных участков деталей источник позволяет изменять ток от 7 А до 32 А. Для перемещения плазмотрона относительно закаливаемой детали использован манипулятор с электродвигателем с магнитным роликом, который приводится во вращательное движение ротором, в свою очередь ролик катится по торцевой поверхности модели закаливаемой детали. Кроме того, разработан и изготовлен специальный манипулятор, который непосредственно вращает упрочняемую деталь с заданной скоростью, причем угловая скорость детали может изменяться в пределах 0,5-180 об/мин при помощи разработанной электронной системы управления двигателем. Таким образом, на созданной установке могут проводиться исследования с целью разработки основ поверхностной закалки образцов и деталей.

Плазменная закалка производилась при токах дуги  $I = 6-32$  А и использовании в качестве плазмообразующего газа аргона, а в плазмотроне применено обжимающее дугу сопло с диаметром отверстия, равном 1,2 мм. Скорость перемещения плазмотрона варьировалась от 4 до 27 мм/с. В результате проведенных экспериментов определены оптимальные параметры упрочнения, а именно скорость перемещения плазмотрона  $v = 6$  мм/с, причем ток дуги составляет  $I = 26$  А для плоской утолщенной части ножа, а при закалке острия ножа  $I = 7$  А и  $v = 24$  мм/с.

Для исследования свойств упрочненного поверхностного слоя применялись металлографический, фазовый, рентгеноструктурный анализы. Для определения воздействия влияния плазменной дуги на микроструктуру и свойства стали выполнен металлографический анализ. Для металлографического анализа взяты образцы в форме параллелепипеда с нанесенной плазменной дорожкой.

Микростроение материала определялось при помощи оптического металлографического прибора типа НЕОРНОТ – 21 при увеличении закаленного участка в диапазоне 50-1600 раз. Фазовый состав обработанного поверхностного слоя определяли методом дифракции рентгеновских лучей. Измерения осуществляли дифрактометром D8 DISCOVER серии 2.

Процесс ПУ осуществлялся на экспериментальных образцах по описанным выше методикам. Термообработка плазменной струей выполнялась, изменяя ступенчато ток дуги  $I$  плазмотрона в диапазоне от 13 до 16 А, при напряжении дуги  $U = 34$  В и скорости перемещения источника 11 мм/с.

### 3. Результаты экспериментальных исследований и обсуждение

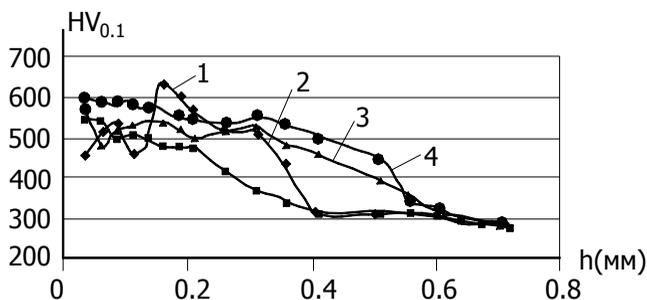


Рисунок 3 – Характер распределения микротвердости упрочненного слоя по глубине при различных скоростях движения дуги:

1 –  $v = 17$  мм/с; 2 –  $v = 15$  мм/с; 3 –  $v = 13$  мм/с; 4 –  $v = 11$  мм/с

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

Как видно из построенных кривых значение микротвердости почти в 2 раза выше исходной. 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 НВ<sub>0,1</sub>, причем толщина упрочненного слоя может изменяться в зависимости от скорости упрочнения от 0,4 до 0,7 мм. Кроме того, изучено влияние величины тока дуги на микротвердость и глубину закаленного слоя. Эти данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Увеличение твердости в зависимости от глубины при токах 28 и 24А

	Глубина h, мм	0,01	0,015	0,2	0,25	0,3	0,375	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
I=28 А	Твердость НВ <sub>0,1</sub>	590	580	575	585	580	575	570	515	500	310	287
	Увеличение микротвердости	2,05	2,02	2,00	2,04	2,02	2,00	1,98	1,79	1,74	1,08	1,00
I=24 А	Твердость НВ <sub>0,1</sub>	560	500	490	470	450	390	340	310	290	295	287
	Увеличение микротвердости	1,95	1,74	1,71	1,64	1,57	1,36	1,18	1,08	1,01	1,03	1,00

Как показали исследования, значительное влияние на формирование структуры материала поверхностного слоя и микроструктуру оказывает также среда, в которой горит дуга. В стали, обработанной плазменной струей в защитной среде аргона (однократная обработка) не наблюдается значительных качественных изменений в структуре материала при различных параметрах процесса. 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.

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.

Экспериментально подтверждена возможность закалки при наложении соседних дорожек друг на друга с расстояниями между их осями, равном 0,4 мм; при этом микротвердость составила 532 – 600 HV.

#### *Заключение*

Проведено обследование работоспособности режущего инструмента для переработки сыра. Установлено, что ресурс непрерывной работы лимитируется сроком режущей детали, причем интенсивный износ детали связан с высокими скоростью вращения и вязкостью разрезаемого сыра. В процессе эксплуатации происходит поверхностная коррозия металла, затупление, растрескивание и выламывание режущей детали кромки. Исследования показали, что такой характер износа связан с их объемной термозакалкой и возникающими высокими термонапряжениями в металле. Предложено для упрочнения применять плазменную поверхностную закалку при помощи сжатой движущейся плазменной дуги, генерируемой плазмотроном постоянного тока. 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 экспериментов экспериментально определены оптимальные параметры плазменного упрочнения режущей детали.

#### *Аннотация*

Для упрочнения режущего инструмента предлагается применить поверхностную плазменную закалку при помощи сжатой движущейся плазменной дуги. Применение такого высококонцентрированного источника нагрева позволяет осуществлять поверхностную закалку изделия, причем лишь только его изнашиваемых участков, исключая закалку его сердцевины и сохраняя тем самым пластичные свойства материала.

#### *Список используемых источников*

1. Спиридонов Н.В. и др. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. – Мн. «Высэйшая школа». – 1988. – 158 с.
2. Рыкалин Н.Н. и др. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 485 с.
3. Кундас С.П. Компьютерное моделирование процессов термической обработки сталей: монография – Мн.: Бестпринт, 2005. – 313 с.

**Крюков В.М.**

## **НЕФИЗИЧЕСКИЙ РЕСУРС ЭНЕРГИИ**

*Чл.-корреспондент РАПСН*

Проблема безопасности многопланова. Это и экологическая безопасность, и экономическая, и территориальная, и информационная, и т.д. и т.п.

В последнее десятилетие все названные и многие другие типы безопасности

были и остаются предметами особого внимания широкого круга специалистов: ученых, философов, политических деятелей, государственных служащих и т.д. Об этом свидетельствует множество научных конференций, имевших место в Белоруссии, России, Польше и других странах.

Отличительной чертой конференций, посвященных проблемам безопасности, является привязка содержания вопросов, рассматриваемых в пленарных и секционных заседаниях, к временной координате. Это выражается в тревоге людей за качество их жизни в настоящем и будущем, в тревоге за сохранение самой жизни настоящих и будущих поколений. Среди других типов, вызывающих эту тревогу, находится и энергетическая безопасность. Нет необходимости лишней раз подчеркивать ее фундаментальность в том смысле, что именно в рамках обеспечения энергетической безопасности выстраиваются в современном мире геополитические, глобально-экономические и иные стратегии. Достаточно вспомнить судьбы государств а, значит, и миллионов людей в таких, насыщенных энергетическими ресурсами странах, как Ливия, Ирак, Сирия и др. Но при всей важности многообразных энергетических ресурсов, имеющих физическую природу и фундирующих в своей совокупности основную проблематику энергетической безопасности, не должен выпадать из внимания энергетический ресурс, имеющий не физическую природу.

Речь идет об особом рода энергии: когнитивной, и, соответственно, об особом рода энергетическом ресурсе – знании, знании вообще и знании научном, в особенности. Область формирования, распространения и применения знания и, в первую очередь, знания фундаментального, обладающего способностью долговременного энергетического воздействия на деятельность человека, оказывается ареной схождения интересов науки, экономики, политики, философии, образования, и, следовательно, ареной их, требующего специального и тщательного изучения, взаимодействия, осуществляемого представителями этих сфер деятельности.

Необходимость нового особого отношения к знанию достаточно отчетливо прослеживается сегодня в трудах представителей самых разных сфер научной деятельности в разных странах. В частности, академик НАН Беларуси, экономист П.Г.Никитенко пишет о начавшейся переориентации образовательного процесса, понимавшего знание, прежде всего, как идеальный образ действительности, идеальный её фактор, на понимание знания в качестве особого экономического ресурса, экономического фактора деятельности.

Академик Российской Академии Наук, философ В.С.Степин призывает к переосмыслению наших знаний о знании в свете инновационных вызовов XXI века. Американский социолог и футуролог Элвин Тоффлер в рамках развиваемой им концепции «Трех волн цивилизации», последнюю современную полностью опирает на знаниевый фундамент. Он пишет в этой связи: «Геозкономические рассуждения, как бы они ни грели нам душу, неадекватны: они слишком просты и они устарели. Просты, поскольку пытаются описать действующие в мире силы всего двумя факторами: экономика и военная мощь. Устарели, поскольку полностью игнорируют возрастающую роль знания, в том числе науки, техники, культуры, религии и ценностей – что теперь стало главным ресурсом любой развитой экономики... Мы входим в эру не геозкономическую, а геоинформационную» [1, с.44].

Энергичность, сила воздействия знания на поведение и деятельность человека определяются сегодня возрастающей степенью вещественного, энергетического и информационного взаимодействия человека и мира, при котором энергия, вещество и информация внешней среды преобразуются в энергию, емкость, силу знания не в их образном, а в их действительном выражении, имеющем свои экономические,

эргонометрические и иные измерения. Указанные аспекты понимания знания, акцентирующие внимание на его природе, производстве и усвоении, являются необходимыми, но не достаточными для адекватной оценки места и роли знания в современном динамично и ускоренно развивающемся общественном бытии, для соответствующего эффективного использования знания в революционно изменяющейся социальной действительности.

В этом плане речь идет об изучении с позиций новых социальных потребностей обратной связи в системе «общество — знание», а именно: а) о влиянии знания на все факторы жизнедеятельности человека, которые являлись и являются предпосылками возникновения и развития самого знания; б) о креативной, творческой, изобретающей новую реальность бытия способности знания как особом энергийном источнике творения действительного из возможного, необходимого из случайного, упорядоченного из хаотичного в объективном мире. Речь идет, тем самым, об осмыслении связи традиционных и новообразованных характеристик знания: предметности, системности, истинности, синергетичности, ориентационности и т.д.

Наука — пример знания, конституирующегося в систему, а значит, функционирующего по свойственным любой системе принципам и законам. Это значит, что в исследовании знания можно применить аналогии, формируемые на материалах общей теории систем.

В диалектическом рассмотрении развития знания становится видимой специфическая связь между его (знания) объектом и субъектом. Подобная связь существует между человеком и такими системными образованиями как язык, общество, культура и т.п. Эта связь выразима понятием взаимоопределенности.

Согласно последней человек создает культуру, а культура — человека, задавая меру человеческого в нем. В той же степени, в какой правомерно утверждать, что мы говорим языком правомерно и обратное: язык говорит нами. Продолжая, можно утверждать, что знание столь же «дом бытия», сколь «домом бытия» является язык, что человек столь же владеет и распоряжается знанием, сколь знания владеют и распоряжаются человеком. Но, чтобы указанная связь в полной мере реализовывалась необходимо прохождение знанием исторического пути, на котором, собственно, происходит конституирование знания в особые системные социокультурные образования, как-то: наука, философия, право, религия, мораль и т.п.

В многоаспектности применения знания в жизнедеятельности человека и общества, мы редко сосредоточиваем внимание на одной из важнейших среди всех других функций, а именно: на ориентирующей функции знания. Эта функция реализуется в основных формах знания: обыденном, научном, философском, моральном, религиозном и т.д. Сосредоточение внимания на ориентирующей функции знания обусловлено тем, во-первых, что организованное в указанных формах знание выступает действенным инструментом удовлетворения не только познавательных ориентационных потребностей, но служит важнейшим инструментом формирования мировоззренческих ориентаций, сменой которых обуславливается, в конечном счете, смена типов, образов социального бытия в историческом времени и пространстве; обусловлено возрастающим интересом к эффективному использованию энергетического потенциала знаний, во-вторых.

Рассмотрение связанных между собой вопросов об энергийности знания, об ориентационных функциях, месте и роли мировоззренческих ориентаций в социальных трансформационных подвижках позволяет ввести в инструментарий исследования социальных процессов понятие «интеллектоемкой системы» и, соответственно, позволяет рассмотреть некоторые характеристики

функционирования реальных интеллектоемких систем, их сущность и роль в социальной динамике. Актуальность, направленность и правомерность предлагаемых в очерченных выше границах исследований обусловлена принятием принципа всеобщего энергоинформационного обмена в глобализирующемся мировом сообществе; принципа, который становится сегодня одним из отправных пунктов научного познания и практической деятельности.

Это означает, что возможность принимать и расшифровывать информацию различной природы является не только предпосылкой роста научных знаний, но и предпосылкой соответствующего приумножения творчески - преобразовательной мощи, энергии человека в окружающем мире. Ноосферные идеи, идеи кибернетического программирования, синергетическая парадигма, ориентационный подход инкорпорируются в общественное сознание в качестве когнитивных факторов, обладающих особой энергией упорядочения, организации, овеществления стихийных природных и социальных сил. Сам человек в таком случае понимается не только как *homo sapiens*, существо разумное, чувствующее и переживающее, но и как некоторый «определенным образом организованный объем пространства, узел сгущения энергии и информации». Такого рода сциентизированное определение человека отнюдь не умаляет его духовную состоятельность, но позволяет акцентировать внимание на тех сторонах его сущности, которые становятся доступными осмыслению в свете формирования новых понятий в рамках прогресса научной мысли.

Предназначение когнитивной энергии заключается в том, чтобы быть затраченной на получение, преобразование, использование, сохранение, сбережение и т.д. физической энергии; на превращение физической энергии в энергию, направляемую разумом; превращение ее в разумную, т.е. используемую, получаемую, сохраняемую, сберегаемую на благо и во благо человека.

Именно такой вывод был характерен для выдающихся ученых XX столетия: Оппенгеймера и Сахарова, Рассела и Бернала и многих других. Ум и знания человека, затраченные на изучение и использование атомной и иных видов энергии, тогда достигают истинной цели, когда эти виды энергии, вводимые в практику энергией знания, служат воплощению в жизнь самых смелых проектов человеческого разума во имя жизни и блага людей, когда энергия знания, опосредованная различного рода энергиями физической природы, служит добру, истине, красоте, благополучию людей.

*Список используемых источников*

1. Тоффлер Э. Война и антивоина: что такое война и как с ней бороться. Как выжить на рассвете XXI века / Элвин Тоффлер, Хейди Тоффлер. –М.: АСТ:Транзиткнига, 2005. – 412 с.

**Волкова Г.А., Андреюк С.В.**

## **ОХЛАЖДАЮЩИЕ ОБОРОТНЫЕ СХЕМЫ В СИСТЕМАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

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

*Введение.* Обеспечение водой промышленных предприятий является одной важных народнохозяйственных задач. В зависимости от вида производства тот или

иной вид водопользования может быть преобладающим. В подавляющем большинстве отраслей промышленности вода используется в *технологических процессах* производства: для охлаждения, промывки, замочки, увлажнения, парообразования, гидротранспорта, изготовления продукции и т.д. Использование воды для охлаждения по масштабам значительно превосходит все остальные виды потребления, причем удельный вес этой категории в общем объеме производственного водоснабжения продолжает расти.

Системы водоснабжения устраивают по определенным схемам, которые представляют собой совокупность сооружений водопровода и последовательность расположения их на местности. Название систем водоснабжения в инженерной практике повторяет название соответствующей схемы.

По характеру использования воды на предприятии различают системы водоснабжения: прямоточные, с последовательным использованием воды и обратные. Обратные системы сооружаются как по техническим условиям, так и по экологическим требованиям и экономическим соображениям. По *техническим условиям* применение таких систем может оказаться просто необходимо потому, что дебит имеющегося природного водоисточника недостаточен для осуществления прямоточного водоснабжения. Необходимость обратных систем обуславливается и *экологическими требованиями*, так как возможно снижение количества сбросов загрязненной воды в водоемы.

Если вода является теплоносителем и в процессе использования лишь нагревается, не загрязняясь, то в системе обратного водоснабжения эту воду перед повторным применением для тех же целей предварительно охлаждают в пруду, брызгальном бассейне или в градирне. При комплексном использовании воды, когда она является транспортирующей и экстрагирующей средой и одновременно служит теплоносителем, вода в системе обратного водоснабжения перед повторным применением очищается от загрязнений и охлаждается.

На кафедре водоснабжения, водоотведения, и охраны водных ресурсов УО БрГТУ в рамках курсового и дипломного проектирования решаются вопросы, связанные с оптимизацией, реконструкцией, техническим перевооружением систем коммунального и производственного водоснабжения, в том числе на базе реальных проектов. Такой опыт включает в себя изучение охлаждающей обратной схемы в системе производственного водоснабжения промышленного предприятия ОАО «Брестмаш».

Разработка охлаждающей схемы включает в себя проектирование сетей и сооружений для сбора нагретой и отвода охлажденной воды, выбор охладительного устройства, подбор насосного оборудования.

#### *Проектирование сетей и сооружений для сбора нагретой воды*

Для отвода горячей воды от цехов в системе обратного водоснабжения проектируется сеть обратного трубопровода обратной воды. Сеть проектируется из канализационных труб с подбором диаметров в зависимости от расчетного расхода воды, используемой в технологическом процессе. На сети устанавливаются смотровые канализационные колодцы. Сбор нагретой воды осуществляется в резервуаре нагретой воды. С учетом современных достижений и тенденций в области разработок (использования) насосного оборудования в резервуаре предусматривается установка погружного насоса. Для обслуживания насосов в резервуаре предусматривается люк и ходовые скобы. Для аварийного сброса из резервуара предусматривается установка мокрого колодца. Открытие электродвигателя в водопроводном колодце производится при достижении аварийного верхнего уровня в

резервуарах нагретой воды (АВУ). Закрытие электроздвижки производится при достижении верхнего рабочего уровня воды (РВУ).

#### *Выбор охладительного устройства для оборотной системы водоснабжения*

Выбор типа охладителя производится путем технико-экономического сравнения вариантов, с учетом показателей работы снабжаемого водой оборудования и требований технологических процессов промпредприятий к температуре охлаждающей воды. В системах оборотного водоснабжения широко принимаются вентиляторные градирни, которые обеспечивают глубокое и устойчивое охлаждение воды. Область применения вентиляторных градирен – это топливно-энергетический и агропромышленный комплексы, пищевая промышленность, машиностроение, транспорт, связь. Подбор марки градирни осуществляется на основании расчетного расхода воды, подаваемой на охлаждение.

Для напорных и сливных магистралей градирен во избежание перемерзания в зимний период предусматривается теплоизоляция.

#### *Проектирование сетей и сооружений для отвода охлажденной воды*

Сбор охлажденной воды осуществляется в резервуаре охлажденной воды. Для аварийного сброса из резервуара предусматривается установка мокрого колодца. Открытие электроздвижки в водопроводном колодце производится при достижении аварийного верхнего уровня в резервуарах нагретой и холодной воды (АВУ). Закрытие электроздвижки производится при достижении верхнего рабочего уровня воды в резервуаре охлажденной воды (РВУ).

В системе оборотного водоснабжения для подачи воды в производственный корпус устраивается сеть подающего водопровода оборотной воды. Сеть проектируется из напорных труб с подбором диаметров в зависимости от расчетного расхода воды, используемой в технологическом процессе. Для защиты сети от промерзания устраивается изоляция.

С учетом потерей, возникающих в системе оборотного водоснабжения, в схеме проектируется сеть производственного водопровода для подачи подпиточного расхода воды в резервуар охлажденной воды. Сеть устраивается из напорных водопроводных труб. Для защиты сети от промерзания предусматривается изоляция.

#### *Расчёт и подбор насосного оборудования оборотного водоснабжения*

Расчёт давления насосов оборотной воды (при подаче на охлаждение: из цеха через резервуар на градирню) ведется по формуле:

$$P_{НО} = (h_k / 100) + (h_{ср} / 100) + \Delta p_{но-ср} + \Delta p_{рив-но} + (Z_{ср} - Z_{рив}) / 100, МПа \quad (1)$$

где  $h_k$  - высота расположения распределительных коллекторов охлаждаемой воды над верхним уровнем воды в резервуаре градирни, м;  $h_{ср}$  - высота расположения высшего уровня воды в резервуаре градирни над его дном, м;  $\Delta p_{но-ср}$  - потери давления при движении воды по трубопроводу от насосной станции оборотной воды до градирни, МПа;  $\Delta p_{рив-но}$  - потери давления во всасывающем трубопроводе от резервуара нагретой воды до насосов оборотной воды, МПа;  $Z_{ср}$  - геодезическая отметка дна резервуара градирни, м.  $Z_{рив}$  - расчетный уровень воды в резервуаре нагретой воды, м.

Для подачи нагретой воды на градирню в резервуаре нагретой воды устанавливаются погружные насосы (при этом  $\Delta p_{рив-но} = 0$  МПа).

Расчёт давления насосов для подачи охлажденной воды из резервуара охлажденной воды в цех ведется по формуле:

$$P_{ис2} = (h_{об} / 100) + P_{об} + \Delta p_c + \Delta p_{ров-ис2} + (Z_n - Z_{ров}) / 100, МПа \quad (2)$$

где  $h_{об}$  - высота установки водопотребляющего оборудования в цехе, м;  $P_{об}$  - необходимое избыточное давление перед оборудованием, МПа;  $\Delta p_c$  - потери давления

в водопроводной сети от насоса до цеха, где установлено оборудование, МПа;  $p_{ров-нс2}$  - потери давления во всасывающем трубопроводе (трубопроводе от резервуара охлажденной воды до насоса), МПа;  $Z_n$  - геодезическая отметка пола в цехе, где установлено водопотребляющее оборудование, м;  $Z_{ров}$  – расчетный уровень воды в резервуаре охлажденной воды, м.

Для подачи охлажденной воды в цех в резервуаре охлажденной воды устанавливаются погружные насосы (при этом  $p_{ров-нс2} = 0$  МПа).

#### *Заключение*

Качество и себестоимость выпускаемой продукции промышленного предприятия в значительной степени определяется соответствующими свойствами используемой воды и ее расходами, а также сооружением эффективных систем водоснабжения. Проектирование охлаждающих схем в системах производственного водоснабжения отражает проблемы охраны окружающей среды и рационального водопользования. Использование оборотной системы водоснабжения с устройством градирни позволяет сэкономить до 24% свежей воды. Вместе с тем, применение в охлаждающих оборотных схемах погружных насосов не требует строительства отдельного здания насосной станции. Таким образом решаются вопросы энерго- и ресурсосбережения.

#### *Список использованных источников*

1. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание 2-ое, переработанное и дополненное. Учебное пособие. Том 1,2,3. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 256 с.
2. ТКП 45-4.01-258-2012 Водоснабжение промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования. Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2012.
3. ТКП 45-4.01-32-2010 (02250) Наружные водопроводные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2011.

**Посохина Г.И.**

### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА ИНДИИ В НАЧАЛЕ XXI В.: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

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

Глобальная проблема ограниченности невозобновляемых энергетических ресурсов стала одной из наиболее острых, затрагивающих жизненные интересы практически всех стран, в т.ч. развивающихся. Экономика последних, включая Индию и Китай, во многом зависит от энергетики, тем более что экономическое развитие этих стран в последнее время осуществляется гораздо более быстрыми темпами, чем экономика развитых государств, особенно в условиях мирового кризиса.

Энергетическая безопасность является одной из ключевых проблем индийской внутренней и внешней политики. Она неразрывно связана с экономическим ростом страны, с насущными вопросами социальной политики. По некоторым данным, около 400 млн. индийцев вообще лишены возможности пользоваться электроэнергией, и еще 400 млн. имеют к ней только ограниченный доступ [4]. Потребность в энергетике

ощущается в Индии очень остро, поскольку недостаток собственных энергоресурсов отрицательно сказывается как на экономическом положении страны, так и в повседневной жизни населения. Около половины населения страны вынуждены пользоваться традиционными источниками энергии для приготовления пищи и обогрева жилищ. До сих пор во множестве деревень этими источниками являются высушенный кизяк, уголь низкого качества, который смешивается с кизяком, а также сучья и валежник.

Во внешней политике Индии проблемы энергетики также занимают одно из ведущих мест, поскольку энергетические потребности страны во многом удовлетворяются за счет импорта нефти, сжиженного газа и урана. По запасам нефти Индии можно отнести к странам, которые не имеют достаточных собственных нефтяных ресурсов для экономического развития. Индия также бедна ресурсами природного газа и остро нуждается в его импорте. Вместе с тем, Индия располагает относительно большим количеством угля. Однако уголь в Индии невысокого качества, не всегда пригодный для использования на металлургических заводах и ТЭС. Поэтому Индия ввозит качественный уголь (в т.ч. из Австралии). За апрель-декабрь 2012 г. его импорт в Индию составил 100 млн т. К 2016/2017 ф.г. импорт может вырасти до 185 млн т.[4].

Серьезное положение с дефицитом электроэнергии в Индии наглядно проявилось летом 2012 г., когда дважды из-за предельных перегрузок в электросетях произошло отключение электричества в половине штатов. В результате принятых мер ситуация была быстро взята под контроль. Но факт остается фактом - в Индии критически не хватает электроэнергии для обеспечения нужд населения и развития экономики в прежнем темпе (7-8% в год). Действительно, в 2012/2013 г. рост экономики страны в силу разных причин, включая мировой кризис, снизился до 5,7%, а в апреле-июне 2013 г. — до 4,4% [2, с. 6].

Индии приходится учитывать ее энергетическую зависимость от других стран. По данным индийского ученого Баладаса Гхошала, с 2012 по 2017 гг. зависимость Индии от импорта нефти вырастет с 76% до 80%, природного газа — с 19% до 28%, угля — с 19,8% до 22,1%. [4].

Проблема усугубляется еще и ростом цен на энергоносители. В июне 2013 г. правительство Индии объявило о решении повысить с апреля 2014 г. цену на газ в два раза — с \$4,2 за млн метрических британских тепловых единиц до \$8,4. Министр иностранных дел Индии Салман Кхуршид объяснил это тем, что 80% этого топлива импортируется. И если внутренние цены на нефть и газ составляют \$4,5 за мм БТЕ, то, покупая их за рубежом, Индия вынуждена платить \$13 [2, с.8].

Объявление о повышении цен на топливо вызвало протесты производителей электроэнергии и удобреней. Они заявили, что из-за удорожания газа стоимость электроэнергии возрастет с 2,93 рупии за кВт/ч до 6,40 рупии. С протестом против повышения цен на газ выступили и оппозиционные партии. Они заявили, что вся тяжесть этого роста цен ляжет на плечи простых потребителей, в то время как крупные газовые корпорации от него только выиграют [4].

Сегодня проблемы энергетики, действительно, теснейшим образом связаны с политикой. Это касается, прежде всего, таких энергетических ресурсов, как нефть и газ. Для достижения национальной энергетической безопасности Индия заинтересована в стабильных поставках нефти и газа на длительную перспективу. Именно поэтому на переговорах с Россией Индия ставит на первое место энергетическое сотрудничество.

Согласно докладу Международного энергетического агентства, к 2025 г. Индия

войдет в тройку крупнейших потребителей энергоисточников, уступив к этому времени лишь США и Китаю [1, с.34]. «Индия продолжает придерживаться политики усиления роли ядерной энергетики с целью экономического роста. При этом она уделяет особое внимание вопросам безопасности». С таким заявлением 27 июня 2013 г. выступил председатель Комиссии по атомной энергетике Индии Р.К.Синха на Международной конференции по ядерной энергетике в XXI в., состоявшейся в Санкт-Петербурге [2, с.3]. Он подчеркнул, что уменьшение ресурсов ископаемого топлива, а также необходимость перехода на источники энергии с низким содержанием углерода, что связано с решением проблем глобального потепления, вынуждают к поиску альтернатив, которые удовлетворили бы нужды Индии в энергии. В этом контексте ядерная энергия является очень важной альтернативой, потребность в которой ощущается в Индии очень остро.

На долю ядерной энергетики сегодня приходится 3,7% всех поставок электроэнергии в Индии. По этому показателю она находится на 26-м месте из 27 стран, наиболее широко использующих ядерную энергию. В Индии сейчас насчитывается 20 атомных реакторов, строится 7 новых, из них 2 реактора в Куданкуламе [2, с.7]. После аварий на АЭС на Three Mile Island (США, 1979 г.), в Чернобыле (1986 г.) и в Фукусиме в ряде стран, в т.ч. Индии, начались дискуссии о целесообразности использования ядерной энергии. Вместе с тем, проблемы, связанные с изменением климата, загрязнением окружающей среды и бурным ростом спроса на электроэнергию особенно в Китае и Индии, заставляют по-новому взглянуть на ядерную энергетику. Сейчас в мире строится около 60 ядерных реакторов общей мощностью около 60 тыс. мегаватт (МВт) - это 1/6 мощности всех АЭС в мире. Однако ядерная энергетика сталкивается с серьезными вызовами: безопасностью, большой стоимостью строительства (один реактор АЭС может стоить \$5-10 млрд.), длительными сроками строительства и запуска в эксплуатацию, а также с хранением и переработкой отходов [3].

Перед многими странами, включая Индию, остро стоит вопрос о гарантированных поставках ядерного топлива и решении проблемы ядерных отходов. Существует и проблема получения новых ядерных технологий для АЭС, в т.ч. в Индии. Сегодня, по мнению специалиста по энергетическим системам, бывшего первого заместителя министра энергетики США (1997-2001 гг.) Эрнеста Мониза, Америка, которая раньше была главным поставщиком ядерных технологий и ядерного топлива, уже не является таковой. Основными поставщиками в этой сфере стали Франция и Россия [1, с.33]. Индия и Франция договорились о строительстве 6 ядерных реакторов в Джаитапуре (штат Махараштра). Соглашение по этому вопросу, включая поставку ядерного топлива на весь срок работы этих реакторов, было подписано в феврале 2009 г. Nuclear Power Corporation of India Ltd. и французской компанией Areva [2, с.6].

Весьма плодотворным является сотрудничество Индии с Российской Федерацией. Особое место в сфере российско-индийского энергетического сотрудничества занимают проекты, осуществляемые в области атомной энергетики. На этом направлении сотрудничество ведется еще со времен Советского Союза. Символом российско-индийского взаимодействия в атомной сфере стало строительство атомной электростанции «Куданкулам». На официальной встрече в декабре 2013 г. главы двух стран договорились о поставке товаров, оказании услуг для сооружения энергоблоков 3 и 4 АЭС «Куданкулам» и соответствующих поставок ядерного топлива. Подписанные договоры в рамках российско-индийского стратегического партнерства — результат более чем 20-летнего совместного диалога специалистов двух стран.

Среди факторов, которые подтверждают перспективность индийского направления российской энергетической дипломатии, следует отметить укрепление энергетической безопасности и независимости России, т.к. сотрудничество с Индией при его благоприятном развитии позволит говорить об укреплении позиций России на мировом рынке энергоресурсов. Особенно актуален этот вопрос в свете последних событий, связанных с введением Европой санкций в отношении России (в связи с событиями на Украине), которые, безусловно, могут повлиять на энергетическое сотрудничество между РФ и европейскими странами.

В начале XXI в. экономика Индии развивается довольно динамично, что увеличивает ее потребность в энергоресурсах, в их бесперебойной, достаточной и безопасной доставке. Индия на сегодняшний день уже вовсю ведёт работы по собственному реактору-размножителю, получившему рабочее название PFBR - «прототип быстрого реактора-бридера». Согласно опубликованным данным, индийский бридер (размножитель) должен, как и реакторы-размножители российской, французской и японской разработки, использовать жидкий натрий в качестве теплоносителя. Это — проверенная и зарекомендовавшая себя с наилучшей стороны схема, которая позволяет не только добиться воспроизводства уранового и, в перспективе, ториевого топлива, но и уже отработана в плане получения электроэнергии [3].

Строительство первого блока с реактором PFBR мощностью в 500 МВт было начато Индией в 2004 году. На сегодняшний день, согласно последним заявлениям, может быть запущен уже к середине 2015 года.

*Список используемых источников*

1. Зеленева И.В. Российско-индийское энергетическое сотрудничество: проблемы и перспективы / И.В.Зеленева // Азия и Африка сегодня. – 2014. - №12. – С.32 – 36
2. Юрлов, ФН. Индия: ядерная энергетика и геополитика/ Ф.Н. Юрлов // Азия и Африка сегодня. – 2013. - №11. – С. 2 –9
3. <http://www.atomic-energy.ru/>
4. <http://www.webeconomy.ru/>

**Новосельцев В.Г., Олейник О.А., Янчилин П.Ф., Черников И.А.**

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра  
теплогазоснабжения и вентиляции*

В Брестской области в настоящее время построено три энергоэффективных жилых дома: один в г.Малорита, два других в г.Пинске. Все эти дома спроектированы специалистами ОАО “Брестпроект”. В этих домах применены: механическая система вентиляции с утилизаторами теплоты, система отопления с газовым двухконтурным котлом для каждой квартиры. В настоящее время авторы проводят мониторинг их технического состояния. Результаты исследования системы механической вентиляции приведены в этой статье.

**Описание устройства и функционирования системы механической вентиляции энергоэффективных домов № 34 по ул.Юной (г.Пинск) и №2 по ул.Несенюка (г.Малорита) (поподъездная рекуперация).**

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 воздухопроводов 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 воздухопроводы прокладываются под подвесным потолком. Раздача воздуха осуществляется потолочными диффузорами.

В результате исследования системы механической вентиляции энергоэффективных домов установлено следующее:

1. система механической вентиляции не функционирует и включалась с момента эксплуатации дома всего несколько раз в № 34 по ул.Юной (г.Пинск) и кратковременно один раз в доме по ул.Несенюка (г.Малорита). У жильцов отсутствует мотивация для ее долговременного включения (для получения качественных результатов необходимо время функционирования системы как минимум месяц) и проведения обследования и поэтому был проведен только визуальный осмотр вентиляционной камеры, который показал, что установленное в ней оборудование соответствует проекту и находится в рабочем состоянии;

2. в результате исследования системы вентиляции квартир установлено, что в некоторых квартирах (до 6%) демонтированы клапаны с электроприводом на вентрешетках и вентиляционные отверстия полностью заделаны в результате ремонта;

3. по результатам обследования и замеров скоростей движения воздуха установлено, что во многих каналах естественной вентиляции присутствует обратная тяга (опрокидывание вентиляции). Эту проблему указывают и 36% жильцов (данные анкетирования).

**Описание устройства и функционирования системы механической вентиляции энергоэффективного дома № 36 по ул.Юной (г.Пинск) (поквартирная рекуперация).**

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 воздухопроводов, проложенных под подвесным потолком, через диффузоры, подается в жилые комнаты и кухню квартиры. Удаление воздуха предусматривается из кухни – 90 м<sup>3</sup>/час, ванных 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 съёмную потолочную решетку с фильтром РШ-1 (400x100). В туалетной комнате установлен канальный вентилятор Вентс 125К, который срабатывает при включении света.

В результате исследования системы механической вентиляции энергоэффективного дома установлено следующее:

1. по данным исследования и анкетирования систему механической вентиляции эксплуатируют всего 4 квартиры причем только одна из них (квартира №1) - регулярно. В 4 квартирах установки рекуперации тепла вообще демонтированы. Причины не использования системы механической вентиляции показаны на рис. 1,

2. установлено, что в квартире 1 в среднем поддерживаемая температура внутреннего воздуха составляет 22-23<sup>0</sup>С (на момент исследования 22,7<sup>0</sup>С при влажности воздуха 38,8%), а система механической вентиляции используется регулярно только в ночное время, в течение дня при необходимости выполняется проветривание за счет открывания окон.

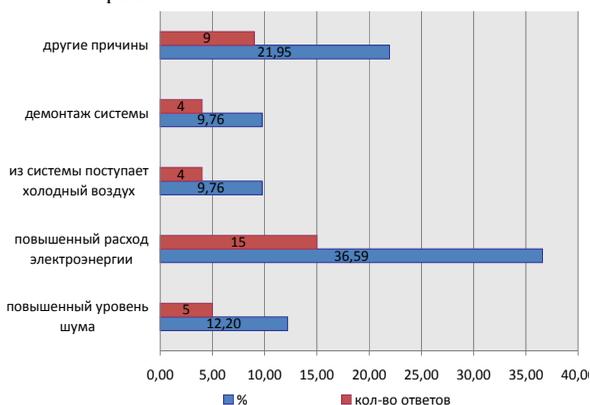
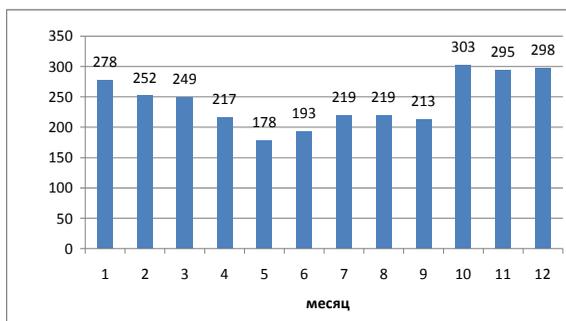


Рис. 1 Основные причины не использования системы механической вентиляции

Для анализа работы системы механической вентиляции квартиры №1 дома №36 по ул.Юной (г.Пинск) (поквартирная рекуперация) построены диаграммы, иллюстрирующие потребление газа и электроэнергии по месяцам года (см. рис. 2,3).

2013



2014

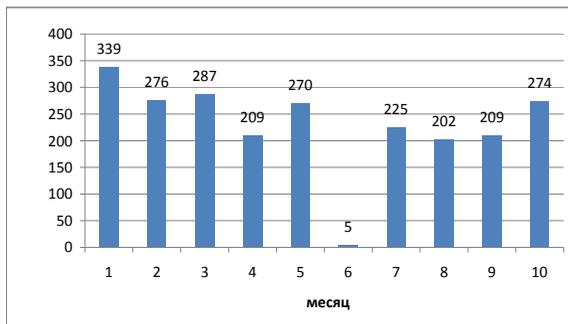
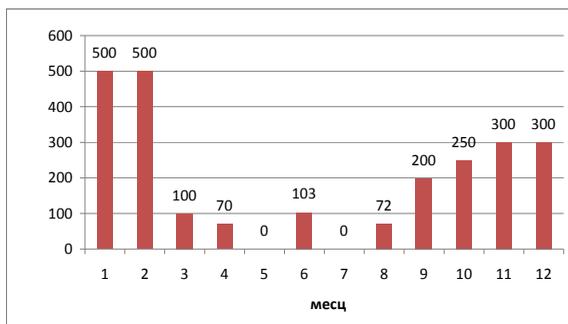


Рис. 2 помесячные расходы электроэнергии квартиры №1 дома № 36

Следует отметить, что среднее потребление электроэнергии в квартире №1 – самое большое из всех квартир в доме (243кВт·ч при среднем потреблении электроэнергии квартирами 156кВт·ч в 2013 году, 230кВт·ч среднем потреблении электроэнергии квартирами 153кВт·ч в 2014 году).

2013



2014

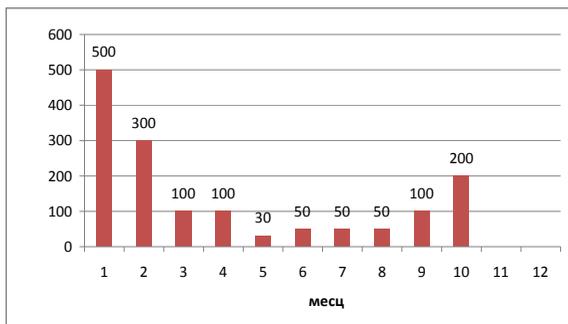


Рис. 3 помесячные расходы газа квартиры №1 дома № 36

Среднее потребление газа в квартире №1 – одно из самых больших из всех квартир в доме (258 м³ при среднем потреблении газа квартирами 142 м³ в 2013 году, 172 м³ среднем потреблении газа квартирами 110 м³ в 2014 году)

На основании полученных данных по квартире №1 отсутствует возможность выполнить сравнение потребления газа в квартире с действующей теплоутилизацией.

ционной установкой и в другой квартире без нее и сделать какие-либо достоверные выводы, так как сравнение возможно проводить только для квартир, имеющих одинаковый воздухообмен, а в квартирах без применения механической вентиляции он, как правило, ниже. Однако можно сделать вывод о том, что при регулярном применении системы механической вентиляции довольно значительно возрастает расход потребляемой квартирой электроэнергии, что приводит к неиспользованию жильцами системы механической вентиляции.

#### *Вывод*

Система механической вентиляции энергоэффективных домов находится, в основном, в рабочем состоянии, но не функционирует из-за отсутствия заинтересованности жильцов в ее работе, в основном, по причине большого расхода потребляемой установками теплоутилизации электроэнергии.

#### *Список используемых 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.

**Юськович В.И., Пчелин В.Н., Савчук Т.А.**

### **ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ВЕНТИЛИРОВАНИЕ НАРУЖНЫХ СТЕН С «ТЕРМОШУБОЙ»**

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии  
строительного производства*

В последнее время в строительстве широко используется устройство тепловой изоляции наружных стен зданий методом «Термошуба», при котором теплоизоляцию с защитно-отделочным слоем устраивают снаружи кирпичных стен, причем в качестве теплоизоляции используются обладающие невысокой стоимостью пенополистирольные плиты [2].

Однако выполнение теплоизоляции из пенополистирольных плит, не пропускающих влагу, которая собирается в зимний период в примыкающих к теплоизоляционным плитам участках наружных стен, приводит к переувлажнению и ухудшению теплоизоляционных свойств последней, особенно в случае наружных стен помещений с мокрым и влажным режимом эксплуатации. Переувлажнение же наружных стен обуславливает возникновение плесени, грибка и ухудшение микроклимата в помещении.

Для улучшения ситуации можно использовать наружное ограждение зданий, содержащее кирпичную стену с системой воздушных каналов, имеющих выход на наружную поверхность, и прикрепленную снаружи к кирпичной стене теплоизоляцию с защитно-отделочным слоем в виде экрана из профилированных листов настила [1]. При этом каналы образуют посредством сверления в вертикальных поперечных швах кирпичной кладки на расстоянии 250...370 мм друг от друга отверстий глубиной 130...150 мм, которые вскрывают в кладке сеть полостей, образующихся в кладке в случае укладки кирпичей забутовки «впустошовку».

Благодаря выполнению в теле наружных кирпичных стен сообщающихся с наружной поверхностью системой воздушных каналов обеспечивается удаление в

летний период накапливаемой в зимний период в наружных стенах здания влаги.

Однако формирование воздушных каналов посредством сверления в вертикальных поперечных швах кирпичной кладки отверстий, которые вскрывают в кладке сеть полостей, образующихся в кладке в случае укладки кирпичей забутовки «впустошовку», не позволяет получить качественную систему воздушных каналов, так как, даже в случае укладки кирпичей забутовки «впустошовку», вертикальные и продольные вертикальные швы в значительной степени заполняются раствором. Кроме того, необходимость сверления в вертикальных поперечных швах кирпичной кладки отверстий с приставных лесов или подвесных люлек приводит к повышению трудозатрат на производство работ.

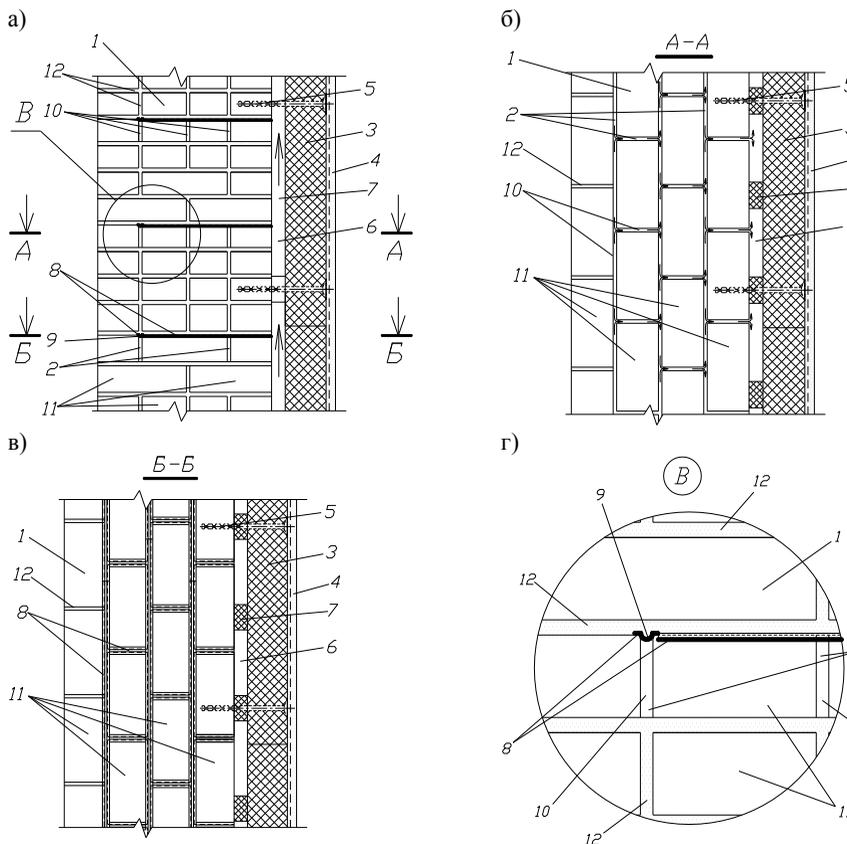


Рисунок 1 – Схема наружной стены с системой воздушных каналов в теле кирпичной кладки:

а) вертикальный разрез наружного ограждения зданий;

б) разрез «А-А»; в) - разрез «Б-Б»; г) – узел «В»;

1 – кирпичная стена; 2 – воздушные каналы в кирпичной стене;

3 – теплоизоляция; 4 – защитно-отделочный слой; 5 – крепежные анкера;  
6 – воздушный зазор; 7 – прокладки; 8 – накладные пластины; 9 – продольные выступы; 10 – вертикальные зазоры; 11 – кирпичи; 12 – кладочный раствор.

Для образования качественной системы воздушных каналов в кирпичной кладке и снижения трудозатрат на их устройство в УО БрГТУ предлагается данные каналы формировать в процессе кладки кирпичных стен посредством накладных пластин с продольными выступами (рис.1), опираемых на уложенные в рядах кирпичной стены с вертикальными зазорами смежные кирпичи с заведением продольных выступов накладных пластин в указанные зазоры через 3-4 ряда кирпичной стены, причем накладные пластины выполнены в сечении  или  - образными, а ширина выступов накладных пластин принимается не более ширины вертикальных зазоров между смежными кирпичами в рядах кирпичной стены [3].

Раскладку накладных пластин следует производить в пределах забутовки (части забутовки) и наружной версты кирпичной кладки через 3-4 ряда кирпичной стены, в этом случае из толщи кирпичной стены эффективно выводятся водяные пары при минимальных затратах на накладные пластины. При этом наружная теплоизоляция с защитно-отделочным слоем выполнена из пенополистирольных плит и прикреплена к кирпичной стене с формируемым посредством подкладок воздушным зазором, сообщающимся с системой воздушных каналов кирпичной стены.

Образование системы воздушных каналов кирпичной стены посредством накладных пластин с продольными выступами и прикрепление наружной теплоизоляции к кирпичной стене с воздушным зазором позволяет сформировать качественную систему сообщающихся через воздушный зазор с атмосферным воздухом воздушных каналов, так как накладные пластины предотвращают попадание раствора в вертикальные продольные и поперечные зазоры (швы) в рядах кладки. Однако, проходимый через воздушный зазор между утеплителем и кирпичной стеной за счет естественной конвекции воздух не в полной мере прогоняется через систему воздушных каналов в самой кладке.

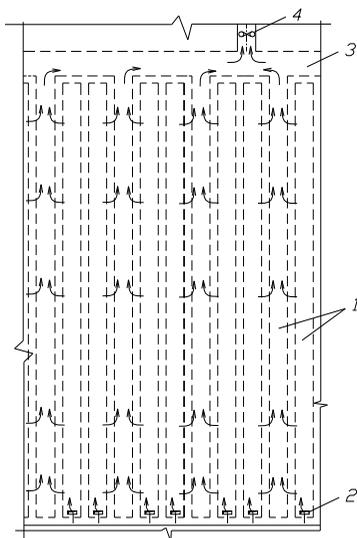


Рисунок 2 – Схема принудительно вентилируемой наружной стены:

1 – кирпичная стена; 2 – горизонтальные воздушные каналы в кирпичной стене; 3 – теплоизоляция; 4 – защитно-отделочный слой; 5 – крепежные анкера; 1 – вертикальные воздушные каналы; 2 – продухи; 3 – горизонтальный вытяжной канал; 4 – вентилятор

Для обеспечения прогонки воздуха при естественной конвекции или принудительной вентиляции через систему воздушных каналов в кирпичной стене в процессе устройства теплоизоляции формируют вертикальные воздушные каналы, сообщающиеся через продухи в нижней части стены с атмосферным воздухом

(рис.2). Для образования вертикальных воздушных каналов не менее 40 мм пенополистирольные плиты крепятся к кирпичной стене через прокладки из обрезков пенополистирольных плит или применяются специальные теплоизоляционные плиты по патентам РБ №№ 9648, 9767.

Каждый второй или третий вертикальный воздушный канал заглушен внизу и объединен в верхней части стены с вытяжным каналом, сообщаемым с атмосферным воздухом, при этом на выходе установлен вентилятор. Остальные вертикальные воздушные каналы заглушены вверху, а в нижней части снабжены продухами. Для удаления избыточной влаги из кирпичной стены в теплое время года открываются продухи и вытяжной канал. Включается вентилятор, высасывающий воздух из системы каналов. При этом воздух через продухи в нижней части стены поступает в заглушенные сверху вертикальные каналы, далее проходит через систему воздушных каналов в стене, забирая избыточную влагу, попадает в заглушенные снизу вертикальные каналы, вытяжной канал и выбрасывается в атмосферу.

Для более равномерного удаления влаги из кирпичной стены можно периодически менять направление движения воздуха на противоположное посредством реверсирования вентилятора. Движение воздуха в направлении снизу вверх обеспечивается также при естественной конвекции с несколько меньшей эффективностью.

Благодаря обеспечению сквозного прохождения вентилируемого воздуха через систему воздушных каналов в кирпичной стене на 30-40% увеличивается интенсивность удаления влаги, что обеспечивает надежное сохранение эксплуатационных свойств утепленной кирпичной стены.

#### *Список используемых источников*

1. Авт. св. СССР №1448006, МКИ Е 04 В 1/70. Устройство для осушения кирпичных и мелкоблочных стен эксплуатируемых зданий./ К.М.Черемисов, Ю.А.Суров, А.А.Панютин, В.А.Козлов, В.В.Голубкова, В.И.Лукиянов; Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. - Заявл.19.12.86; Оpubл.30.12.88; Бюл.№48 // Официальный бюллетень. - 1988.- №48.
2. П 1-99 к СНиП 3.03.01-87. Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий методом «Термошуба». - Минск: Госкомэнергосбережение РБ, 1999, рис. Б 6.4, с.27.
3. Патент РБ №9924, МКИ Е 04В 1/70. Наружное ограждение зданий. / В.Н. Пчелин, П.С. Пойта, М.В. Савчук, К.С. Сидорук, Д.А.Жданов; Учреждение образования "Брестский государственный технический университет" (ВУ). - Заявл.22.07.13; Оpubл.28.02.14; Бюл.№1 // Афіцыйны бюлетень.- 2014.- №1.

**Черников И.А.**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ**

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

Основная проблема большинства стран СССР — значительная энергетическая неэффективность. В настоящее время во всем мире довольно остро стоит вопрос

энергетической безопасности отдельно взятой страны, который зависит от характера работы административно-управленческого аппарата, наличия собственных топливно-энергетических ресурсов, политических и экономических условий.

К основным проблемам энергетической безопасности республики относятся:

1. низкая обеспеченность собственными ТЭР (менее 10 % от необходимости в энергетике);
2. импорт ТЭР преимущественно из одной страны (России);
3. большие затраты на импортируемые энергоресурсы (около половины бюджета страны);
4. несовершенство ценовой, налоговой и финансовой политики государства в отраслях ТЭК (не обеспечивается их самофинансирование);
5. отсутствие современной нормативно-законодательной базы функционирования отраслей ТЭК;
6. несовершенство производственной базы ТЭК (большие потери разных видов энергии ввиду использования устаревших технологий и оборудования, неправильная эксплуатация оборудования);
7. высокая доля природного газа в ТЭБ страны;
8. высокая степень износа основных фондов в ТЭК страны (энергопотребление на единицу продукции более чем в 3 раза выше, чем на западе);
9. высокая энергоемкость ВВП (не позволяет снизить цены на продукцию народного хозяйства республики и обеспечить ее конкурентоспособность);
10. дефицит инвестиций в ТЭК (несвоевременное замещение выбывающих мощностей);
11. Нехватка электрической энергии.

Для повышения энергоэффективности в различных отраслях необходимо выполнить следующие мероприятия.

#### ***Электроэнергетика***

- внедрение парогазовых, газотурбинных и газопоршневых технологий для производства электрической и тепловой энергии с КПД не менее 57%;
- создание высокоэффективных когенерационных энерготехнологических модулей в различных отраслях промышленности и на отдельных предприятиях;
- широкое развитие распределительной генерации электрической и тепловой энергии на базе газотурбинных и газопоршневых технологий;
- планомерное и системное снижение удельного расхода топлива на выработку электроэнергии не менее чем на 10% к 2015 году и не менее чем на 15% — к 2020 году.

#### ***Промышленность***

- создание эффективных автоматизированных печей различных типов (нагревательных, закалочных, обжиговых, отопительных) с максимальной утилизацией тепловых ВЭР для их повторного использования;
- создание высокоэффективных сушильных агрегатов на базе использования в качестве сушильных агентов не только традиционных дымовых газов и нагретого воздуха, но и инфракрасных излучателей различных типов;
- создание высокоэффективных моечных агрегатов на базе использования воды, нагретой в контактных водонагревателях и ультразвуковых излучателях;
- внедрение энергосберегающих процессов в области изготовления песчаных стержней;
- освоение энергоэффективных процессов и оборудования плавки и разливки металлов;

- внедрение энергосберегающих технологий и оборудования формообразования;
- создание комплексных локальных энергоисточников на базе тригенерации – производство электрической энергии, теплоты, холода;
- создание оптимальных схем и режимов работы компрессорных станций различного назначения с децентрализацией систем воздухообеспечения, включением в схемы теплонасосных установок в целях одновременного производства теплоты для нужд теплоснабжения за счет утилизации низкопотенциальных ВЭР от системы охлаждения и холода – для охлаждения компрессорных агрегатов;
- техническое переоснащение и модернизация литейных, термических, гальванических и других энергоемких производств с созданием эффективных автоматизированных печей различных типов с КПД не менее 50 процентов (нагревательных, закалочных, обжиговых, отопительных) с максимальной утилизацией тепловых ВЭР;
- организация производства энергоэффективного оборудования для торговых, промышленных и других объектов;
- повышение активности работы котельных путём автоматизации основных и вспомогательных процессов, оптимизации процессов горения, установки в промышленных котельных турбогенераторов малой мощности;
- утилизация тепла уходящих газов;
- снижение затрат на теплоснабжение зданий и сооружений, вентиляцию, освещение, горячее теплоснабжение.

### ***Сельское хозяйство***

- реализация комплексного подхода к энергоснабжению агрогородков за счет внедрения в крупных сельскохозяйственных организациях и перерабатывающих предприятиях электрогенерирующих установок на местных видах топлива, а также строительства когенерационных установок и других энергетических комплексов на биомассе и углеводородном топливе;
- использование соломы в энергетических целях в объеме до 230 тыс. т.у.т.;
- использование гелиоводонагревателей;
- модернизация зерносушилок с укомплектованием их теплогенераторами на местных видах топлива;
- строительство локальных биогазовых комплексов в сельскохозяйственных организациях, занимающихся производством крупного рогатого скота, свиней и птицы;
- модернизация животноводческих комплексов с переходом на новые энергоэффективные технологии;
- внедрение обогреваемых полов и ковриков на животноводческих комплексах;
- перевод содержания животных на глубокую подстилку;
- внедрение энергоэффективных систем поения, кормления улучшенного содержания птицы, замена проточных поилок на ниппельные;
- термореновация производственных помещений;
- анедрение экономичных теплогенераторов, воздухонагревателей для сушки зерна;
- замена низкоэффективных котлов на более экономичные, перевод котлов на местные виды топлива;
- ликвидация длинных тепло - и паротрасс с внедрением установок локального

обогрева помещений на местных видах топлива;

- внедрение систем зонного обогрева инфракрасными излучателями, гелиоколлекторных установок;

- внедрение приборов контроля и регулирования ТЭР.

#### ***Строительный комплекс***

- монтаж газотурбинных установок на Белорусском цементном заводе;

- внедрение новых энергоэкономичных технологий в производстве керамических стеновых материалов, цемента, извести, листового стекла;

- Повышение качества теплоизоляционных материалов, внедрение энергоэкономичных технологий получения плитного и монолитного полистиролбетона и других теплоизоляционных материалов;

- Утилизация тепла уходящих дымовых газов технологических печей различного назначения;

- Снижение энергозатрат в производстве сборного железобетона до научно обоснованных нормативов;

- Организация производства топливных брикетов из лигнина на Речицком комбинате стройматериалов;

- Термореновация жилого фонда в части разработки нормативно-технической документации, инструментальная приёмка объектов.

#### ***Жилищно-коммунальное хозяйство***

- оснащение водозаборов современным энергоэффективным насосным оборудованием с автоматизированными системами управления;

- создание проектов жилых, административных и общественных зданий с половым отоплением на базе использования низкопотенциальной теплоты;

- реконструкция и модернизация котельных в направлении глубокой утилизации теплоты дымовых газов и теплоты конденсации водяных паров дымовых газов;

- ввод электрогенерирующего оборудования в котельных;

- создание мини-ТЭЦ на местных видах топлива;

- замена котлов с низким КПД на более экономичные;

- перевод котлов в водонагрейный режим работы;

- внедрение сетей наружного освещения;

- модернизация тепловых сетей, оптимизация схем теплоснабжения, децентрализации теплоснабжения с ликвидацией длинных теплотрасс;

- увеличение использования низкопотенциальной теплоты на базе тепловых насосов;

- внедрение энергоэкономичных осветительных устройств и автоматических систем управления освещением;

- создание биогазовых установок на очистных сооружениях;

- создание общегородских холодильников на базе использования холода, образуемого при дросселировании природного газа на газораспределительных станциях магистральных газопроводов и при крупных энергоисточниках;

- соблюдение тепловой реабилитации зданий;

- прокладка тепловых сетей предизолированными трубами;

- создание автоматизированных систем управления городским транспортом с учетом режимов загрузки и использования различных видов по вместимости;

- внедрение сетей наружного освещения;

- диспетчеризация сетей наружного освещения;
- повсеместное внедрение приборов учёта и регулирования потребления ТЭР;
- оптимизация режимов водоснабжения городов и поселков в целях снижения потребления электроэнергии;
- термомодернизация жилых домов в целях доведения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию не более 60 кВт·ч/кв. м в год после капитального ремонта и реконструкции зданий;
- массовое внедрение индивидуальных устройств автоматизированного регулирования и учета тепловой энергии в квартирах;
- вовлечение населения в процесс энергосбережения и повышения энергоэффективности использования топливно-энергетических ресурсов в жилом комплексе;
- внедрение когенерационных установок с использованием коммунальных отходов;
- обеспечение при строительстве и реконструкции жилых зданий энергоэффективных инженерных решений: внедрение устройств автоматического регулирования температуры в помещениях (термостатические регуляторы), устройств для рекуперации тепла вытябросов и стоков, использование солнечной энергии, теплонасосных установок для нагрева воды;
- широкое использование местных видов ТЭР;
- снижения к 2020 году удельного расхода топлива на производство теплоэнергии на 5 процентов.

#### ***Строительство и производство стройматериалов***

- освоение производства строительных материалов с использованием новейших энергосберегающих технологий;
- проектирование и строительство домов (сооружений) с применением исключительно энергосберегающих технологий;
- реализация проектов жилых, общественных и административных энергоэффективных зданий с регулируемой вентиляцией, как приточной, так и вытяжной, с одним вводом теплоносителя в отдельную квартиру (отдельный офис) для организации поквартирного учета тепла и регулирования теплоснабжения, с утилизацией вентиляционных выбросов;
- достижение к 2015 году строительства не менее 60 процентов энергоэффективных жилых домов с удельным расходом тепловой энергии на отопление и вентиляцию не более 60 кВт·ч/кв. м для многоэтажных зданий и зданий средней этажности (от 4 этажей до 9 этажей) и 90 кВт·ч/кв.м для зданий малой этажности (от 1 до 3 этажей) от объемов строительства;
- проектирование и внедрения устройств для утилизации тепла канализационных стоков в жилых домах и административных зданиях.

#### ***Лесное хозяйство***

- создание новых производств по изготовлению древесных гранул (пиллет), древесного брикета;
- разработка технического регламента и комплекса оборудования для заготовки топливной щепы из древесных отходов любых физико-механических свойств, размеров и форм.

#### ***Пищевая промышленность***

- внедрение технологии утилизации барды с получением биогаза для использования в качестве топлива в котельных;

- строительство станций очистки сточных вод с внедрением новых технологий с получением биогаза;
- использование тепловых насосов;
- утилизация тепловых ВЭР.

*Список используемых источников*

1. Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства».
2. Республиканская программа энергосбережения на 2011–2015 гг.
3. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь.
4. Рабочий материал Исследовательского центра ИПМ WP/10/04.

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

**К ВОПРОСУ НОРМИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ  
ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ СОВМЕЩЕННЫХ ПОКРЫТИЙ С УЧЕТОМ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Брестский государственный технический университет*

С 2009 года [2] нормативное сопротивление теплопередаче ( $R_{т.норм.}$ ) совмещенных покрытий при строительстве, реконструкции и модернизации жилых зданий для всех областей Республики Беларусь рекомендовано принимать не менее  $6,0 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , т.е. в 2 раза больше по сравнению с ранее действующим [1]. Следует отметить, что в ранее действующих нормативных документах Республики Беларусь [1] и в действующих Российских нормах [5] соотношение  $R_{т.норм.}$  для совмещенных покрытий и наружных стен из штучных материалов составляет 1,5, что соответствует величине отношения расчетного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности и закреплено в действующих нормах (табл. 5.5 [4]). Исходя из этого  $R_{т.норм.}$  для совмещенных покрытий при строительстве, реконструкции и модернизации жилых зданий должно быть принято:

$$3,2 \times 1,5 = 4,8 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

На сегодня, т.е. спустя пять лет после введения Изменения №1 [2], в открытой печати отсутствует информация об экономической целесообразности (эффекте) столь существенного увеличения  $R_{т.норм.}$

Однако, как показала практика, увеличение  $R_{т.норм.}$  до  $6,0 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  привело не только к существенному удорожанию совмещенного утепленного покрытия, но и создало целый ряд проблем технологического характера для строителей при выполнении кровельных работ: временное закрепление двух слоев плитного утеплителя к несущим конструкциям покрытия, последовательность укладки рядов и слоев плитного утеплителя на делянках, организация складирования материалов на кровле и др.

Учитывая, что в настоящий период времени на Земле наблюдается потепление климата, что подтверждается нормативными документами Республики Беларусь [3], проблема нормирования сопротивления теплопередаче совмещенных покрытий с учетом изменения климата Республики Беларусь, как одного из основных критериев

энергетической эффективности ограждающих конструкций при проектировании зданий и сооружений, является актуальной. Как показывает практика устройства и эксплуатации утепленных совмещенных покрытий, базой для повышения их эксплуатационной эффективности, следует считать *экономически обоснованные значения  $R_{т. норм.}$  полученные расчетным путем по апробированным методикам с учетом фактических климатических условий региона.*

Учитывая, что в Республике Беларусь на сегодня отсутствуют методики, позволяющие рассчитать величину сопротивления теплопередаче стен жилых зданий с учетом климатических условий их эксплуатации [4], авторы статьи для решения поставленной задачи использовали методику, разработанную в Российской Федерации - СП 50.13330.2012 [5]. Выбор этой методики обусловлен тем, что Российские нормативные требования к теплозащите ограждающих конструкций базируются на так называемом потребительском подходе, который допускает снижение требуемого значения приведенного сопротивления теплопередаче до величины, удовлетворяющей требованиям к удельному расходу тепловой энергии на отопление здания. Основной характеристикой тепловой защиты зданий, принятой Российскими нормами [5], является приведенное сопротивление теплопередаче, которое учитывает влияние теплопроводных включений.

Согласно СП 50.13330.2012 [5] приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, следует принимать не менее нормируемых значений  $R_{рег}$ ,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , которые в соответствие с климатическими условиями района строительства зданий и их назначением, рассчитывают по формуле:

$$R_{рег} = \alpha D_d + b \quad (1)$$

В формуле (1)  $D_d$  – градусо-сутки отопительного периода,  $^\circ C \cdot сут$ , для конкретного населенного пункта определяют по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) Z_{ht} \quad (2)$$

где:  $t_{int}$  – расчетная температура внутреннего воздуха,  $^\circ C$  (табл.4.1. [1]);  
 $t_{ht}$ ,  $Z_{ht}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период,  $^\circ C$ , и продолжительность отопительного периода, сут., определяются по таблице 3.1. [3].

В качестве примера для выполнения расчета взято жилое здание в г. Бресте, для которого:  $t_{ht} = 0,6 \text{ } ^\circ C$  и  $Z_{ht} = 181$  сутки [3]. В этом случае

$$D_d = (18 - 0,6) 181 = 3149,4 \text{ } ^\circ C \cdot сут.$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче для совмещенного покрытия, рассматриваемого жилого здания было определено расчетом по формуле (1):

$$R_{рег} = 0,0005 \cdot 3149,4 + 2,2 = 3,8 \text{ } м^2 \cdot ^\circ C / Вт.$$

Численные значения коэффициентов  $\alpha$  и  $b$  приняты по таблице 4 [5].

Величина тепловых потерь через  $1 \text{ } м^2$  стены, рассчитанная по выражению:

$$Q = \frac{0,024 \cdot D_d}{R_{т. норм.}}, \text{ кВт} \cdot ч / (м^2 \text{ год}) \quad (3)$$

при  $R_{т. норм.} = R_{рег} = 3,8 \text{ } м^2 \cdot ^\circ C / Вт$  составляет  $19,9 \text{ } кВт \cdot ч / м^2$ .

Для сравнения: величина тепловых потерь через  $1 \text{ } м^2$  конструкции совмещенного покрытия при расчете по нормативным документам, действовавших до 2009 года [1] ( $R_{т. норм.} = 3,0 \text{ } м^2 \cdot ^\circ C / Вт$  и  $D_d = (18 - 0,1) 186 = 3329,4 \text{ } ^\circ C \cdot сут.$ )  $26,6 \text{ } кВт \cdot ч / м^2$ , т.е. более чем на 30 % больше, рассчитанная по методике [5].

Следует отметить, что и при фактическом значении  $R = 3,0 \text{ } м^2 \cdot ^\circ C / Вт$  совмещенных покрытий температурно-влажностный режим в эксплуатируемых жилых помещениях верхних этажей зданий соответствовал санитарно-гигиеническим нормам [7,8,9].

Анализ результатов сравнительных расчетов позволяет сделать вывод, что, установившаяся практика назначения приказом Минстройархитектуры Республики Беларусь рекомендуемых величин сопротивления теплопередаче для ограждающих конструкций зданий и сооружений, без учета климатических условий областей и фактического изменения (потепления) климата, не позволяет, уже на стадии проектирования, принять экономически обоснованное конструктивное решение совмещенного утепленного покрытия [6].

*Список использованных источников*

1. ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитект РБ., 2007. – С. 32.
2. Изменение №1 ТКП 45-2.04-43-2006(02250). Утверждено и введено в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 декабря 2008 г. № 484.
3. СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология (Изменение № 1 СНБ 2.04.02-2000). – Мн.: Минстройархитект РБ., 2007. – С. 33.
4. 4.ТКП 45-2.04-43-2006\* (02250) Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитект РБ., 2014. – С. 47.
5. СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 Строительные нормы и правила РФ. Тепловая защита зданий.
6. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий//Строительные материалы.2008.№9.С.41-47.
7. В.Н. Черноиван, С.Н. Леонович. Н.В. Черноиван. К оценке технического состояния эксплуатируемых совмещенных рулонных кровель // Строительная наука и техника– 2011. – № 3(36) – С. 47–51.
8. Черноиван, В.Н. Реконструкция и ремонт эксплуатируемых совмещенных рулонных кровель. // Технология реконструкции зданий и сооружений: учебно-методическое пособие, рекомендованное УМО вузов РБ для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство/ С.Н. Леонович и др.; под ред. С.Н. Черноивана. – Минск: БНТУ, 2011.- 550с.
9. В.Н. Черноиван, Н.В. Черноиван. Реабилитация совмещенных утепленных рулонных кровель. // Восстановление эксплуатационных характеристик совмещенных утепленных рулонных кровель при их ремонте. Saarbrucken, Deutschland / Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 93 с.

**Мешик О.П., Рыжковская И.А.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОБЕСПЕЧНОСТИ ПОЧВ БЕЛАРУСИ КАРТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра  
природообустройства*

*Введение*

В последнее десятилетие в научной литературе широко дискутируется вопрос влияния естественных и антропогенных факторов на изменение режима климатических характеристик. Глобальное потепление климата увязывается, в первую очередь, с антропогенными выбросами в атмосферу «парниковых» газов. За

последнее столетие в Северном полушарии отмечается рост среднегодовой температуры приземного слоя воздуха на  $0,6^{\circ}\text{C}$ , а к середине XXI века ожидается ее увеличение еще на  $2,5^{\circ}\text{C}$  и более. Увеличение температур воздуха влечет адекватное увеличение температур почв. Для исследуемой территории такие трансформации весьма значимы и способны оказать серьезное влияние на экономику. В частности, увеличение теплообеспеченности приведет к адекватному увеличению продолжительности вегетационного периода, что позволит, в итоге, при достижении оптимальной влагообеспеченности получать высокие и стабильные урожаи сельскохозяйственных культур. Рост температур воздуха неизбежно влечет за собой структурные изменения в режиме естественного увлажнения, прежде всего, увеличение суммарного испарения и асимметричные трансформации режима атмосферных осадков. Прогнозируемые изменения теплообеспеченности территорий повлекут за собой необходимость учета при планировании размещения сельскохозяйственных культур, проектировании водохозяйственных, мелиоративных и других мероприятий.

Объектом исследования в работе являются абсолютные максимумы температур поверхности почвы за период с 1950 по 2013 гг. по 36 репрезентативным метеостанциям Беларуси. Основным методом исследований является картографический, в частности анализ поверхностей тренда [1].

#### *Основная часть*

Потепление, не имеющее себе равных по продолжительности и интенсивности, началось в 1988 году. Средняя температура января и февраля этого года превысила норму на  $7-7,5^{\circ}\text{C}$ , марта и апреля – на  $3-5^{\circ}\text{C}$ . В целом этот год, наряду с 2008 годом, оказался одним из самых теплых за историю инструментальных наблюдений. Средняя годовая температура воздуха в Беларуси в эти годы составила  $+8,0-8,2^{\circ}\text{C}$ , превысив норму почти на  $2,0-2,2^{\circ}\text{C}$ . Начавшееся потепление продолжается до настоящего времени. Исключением стал лишь 1996 год, когда средняя годовая температура воздуха по Беларуси была почти на  $0,5^{\circ}\text{C}$  ниже нормы. На территории Беларуси величина линейных трендов нормированных аномалий температуры в самые теплые месяцы года (июль–август) оказалась положительной в последние 25 лет [2]. В 2010 году в Беларуси по 15 метеостанциям превышены абсолютные максимумы температур воздуха и почвы, т.е. побиты температурные рекорды.

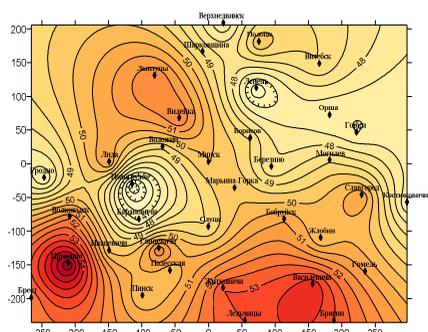


Рисунок 1 – Максимальная осредненная температура поверхности почвы на территории Беларуси,  $^{\circ}\text{C}$

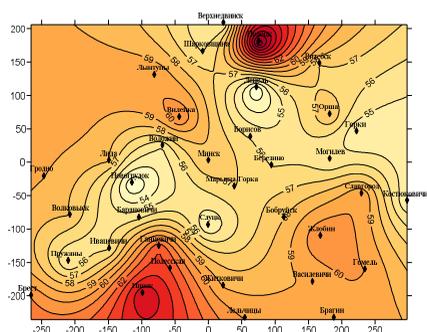


Рисунок 2 – Абсолютный максимум температуры поверхности почвы на территории Беларуси,  $^{\circ}\text{C}$

На рисунках 1 и 2 приведены карты максимальной осредненной температуры поверхности почвы и ее абсолютного максимума. С целью исключения случайной

составляющей выполнено осреднение исходных данных по трем последовательным предельным значениям элементов.

Осреднение абсолютных максимумов наиболее логично и полно представляет пространственное распределение температур на поверхности почвы. Так, отмечаемые на рисунке 2 абсолютные максимумы температур на севере исследуемой территории являются случайными. В этой связи в дальнейшем анализе будем использовать осредненные величины.

В структуре природных процессов выделяются глобальная (фоновая), региональная и локальные составляющие. Глобальная составляющая является систематической и не зависит от особенностей конкретного региона. Для ее оценки необходимо привлечение в исследования эмпирических данных по сопредельным территориям. Глобальную, региональную и локальную компоненты можно выделить в ходе анализа поверхностей тренда исследуемых характеристик. Глобальная, и отчасти региональная составляющие функционально связаны с географическими координатами. На рисунках 3а и 3б показаны линейные и полиномиальные поверхности тренда исследуемых температур поверхности почвы.

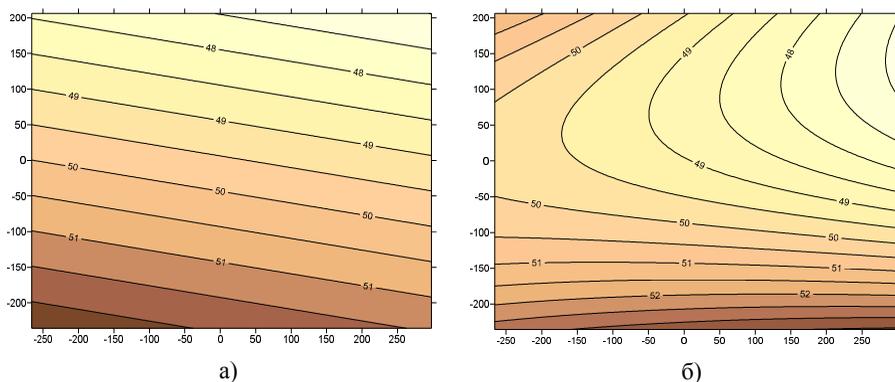


Рисунок 3 – Поверхности тренда максимальной осредненной температуры почвы на территории Беларуси, °С: а) линейная; б) полиномиальная

Линейная поверхность тренда (рисунок 3а) показывает формирование погодных аномалий в глобальном разрезе вне пределов Беларуси. Максимальная температура почвы возрастает в юго-западном направлении с градиентом  $5,0^{\circ}\text{C}$  и определяется, в основном широтным фактором.

Полиномиальные поверхности тренда (рисунок 3б) отражают региональные особенности Беларуси. Экстремальный температурный режим формируется комплексом факторов с преобладанием адвективной составляющей турбулентного потока приземной атмосферы. В летний период велико влияние Азорского максимума, регенерирующего антициклоны [3]. Течения системы Гольфстрим модулируют величину трендов температуры в годовом ходе. Максимальная интенсивность течений системы Гольфстрим во второй половине зимы и второй половине лета совпадает с периодами максимальных значений трендов температуры на территории Беларуси [2]. Теплые потоки воздуха в пределах Беларуси огибают возвышенности, проходят по долинам, которые, в итоге, лучше прогреваются.

Анализ временных рядов температуры почвы по данным наблюдений показывает неоднородный характер по географическому распределению величин

линейных трендов. Тем не менее, по найденным значениям можно выделить ряд характерных особенностей трендов рассматриваемых регионов.

Оценить локальную составляющую погодных аномалий возможно в ходе анализа разностей величин исследуемых характеристик и их тренд-поверхностей (рисунки 4, 5).

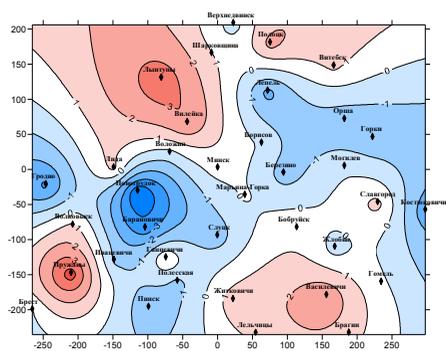


Рисунок 4 – Карта разности максимальной осредненной температуры поверхности почвы и линейной поверхности тренда, °С

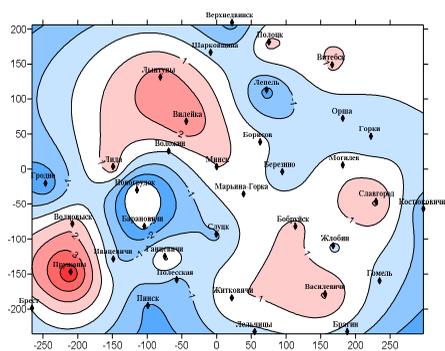


Рисунок 5 – Карта разности максимальной осредненной температуры поверхности почвы и полиномиальной поверхности тренда, °С

На рисунках 4 и 5 фоном представлены значения отрицательной и положительной разности, которые наглядно характеризуют локальные особенности в формировании температур почвы на территории Беларуси. Данные карты показывают районы, наиболее подверженные влиянию негативных природных процессов, прежде всего в пределах положительных разностей.

Так, рисунки 4, 5 показывают, что положительные разности температур наблюдаются в западной части Брестской и Витебской области, а также практически на всей территории Гомельской области. На остальной территории Беларуси отмечаются отрицательные разности между исследуемой осредненной максимальной температурой поверхности почвы и ее тренд-поверхностью. Рисунки 4, 5 достаточно хорошо согласуются с пространственным распределением по территории Беларуси повторяемостей экстремально высоких температур воздуха и поверхности почвы.

Максимальные положительные отклонения осредненной температуры поверхности почвы соответствуют равнинным территориям, достигая +4°C в Припятском и Брестском Полесье, а также Белорусском Поозерье. Отрицательные разности приурочены к повышенным элементам рельефа, которые отчасти компенсируют экстремальный термический режим почв. Важнейшим фактором преобладания максимумов температур почвы в отмеченных выше районах является наличие здесь торфяно-болотных почв, имеющих наименьшее значение альbedo – 8-15 %. Учитывая, что годовые максимумы температур почвы достигают 40-60 °С, это может служить как негативным для окружающей среды и экономики Беларуси, так и позитивным фактором при соответствующих организационно-технических и технологических мероприятиях. В частности, экстремально высокая температура воздуха и почвы приводит к возникновению засушливых и суховеяных явлений, приводящих к полной гибели сельскохозяйственных культур и дефляционным процессам. В то же время, на фоне орошаемого земледелия можно обеспечить

рациональное использование термических ресурсов. Альbedo влажной почвы еще меньше, тем самым орошение способно стимулировать поглощение почвой коротковолновой солнечной радиации. В последнее десятилетие в сельском хозяйстве Республики Беларусь наметилась тенденция к возделыванию теплолюбивых культур. Входят в оборот бахчевые культуры, легче адаптируются к климатическим условиям Беларуси сорта винограда и др. На наш взгляд, адаптировать теплолюбивые культуры целесообразно в пределах выделенных районов. Территория Беларуси стала получать недостающие для многих сельскохозяйственных культур термические ресурсы. Увеличилась продолжительность вегетационного периода. В то же время, отрицательные разности максимальных температур воздуха (рисунки 4, 5) показывают достаточно большую устойчивость к экстремальному термическому режиму возвышенных участков, на которых сохраняется традиционное сельхозпроизводство.

#### *Заключение*

Таким образом, анализ поверхностей тренда позволяет выделить глобальные, региональные и локальные составляющие в распределении температур поверхности почвы на территории Беларуси. Учет теплообеспеченности почв открывает возможности их рационального использования.

#### *Список использованных источников*

1. Валуев, В.Е. Специфика пространственного распределения на территории Беларуси опасных метеорологических явлений в контексте анализа поверхностей тренда / В.Е. Валуев, А.А. Волчек, О.П. Мешик [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 8–14.

2. Логинов, В. Ф. Влияние Атлантического океана на величину трендов температуры воздуха в период современного потепления / В. Ф. Логинов // География и природные ресурсы. 2010. № 3.

3. Климат Беларуси /Под ред. В.Ф.Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 235с.

**Батрак В.В., Веремейчик А.И., Сазонов М.И.**

### **ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ ПЛАЗМАТРОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ВЫСОКИМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И ТЕПЛОВЫМ КПД**

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

#### *Введение*

Плазменные потоки используются в различных практических приложениях для изучения движения тел при входе в плотные слои атмосферы Земли и других планет, для промышленного получения различных химических веществ, которые трудно, либо вообще невозможно получить; при сварке, резке и упрочнении металлов, нанесении износостойких тонких пленок на детали машин, в металлургии и многих других процессах.

#### *Плазмотроны для нагрева различных газов*

Для получения исходных данных для расчета и разработки плазмотронов,

предназначенных для производства, например, фуллеренов [1-3], проведены исследования напряженности электрического поля дуги, горящей например, в потоке гелия. Кроме того, проводились исследования дуги в различных чистых газах при помощи плазматрона с фиксированной длиной дуги и геометрически подобными электроразрядными камерами, причем внутренним электродом-катодом служил графитовый или вольфрамовый стержень длиной 10 мм, диаметром 3-6 мм, заделанным заподлицо в медную обойму. Величины напряженности электрического поля вдоль дуги  $E_H$  определены методом измерения потенциалов изолированных друг от друга секций. Напряженность электрического поля дуги определялась по наклону кривой распределения потенциала вдоль оси Z.

Таблица 1. Диапазон изменения параметров при исследовании дуги в гелии

d, мм	10	20	30
a, мм	154	252	358
I, A	100-180	30-180	30-180
G, г/с	0,5-4	0,5-4	0,5-4

Установлено, что в исследованном диапазоне параметров, указанных в таблице 1, зависимость напряженности электрического поля от тока была падающей, а вдоль дуги практически постоянна. На рис. 1 изображены типичные вольт-амперные характеристики дуги в вихревом потоке газа при различных расходах гелия и диаметре внутреннего канала плазматрона  $d = 20$  мм.

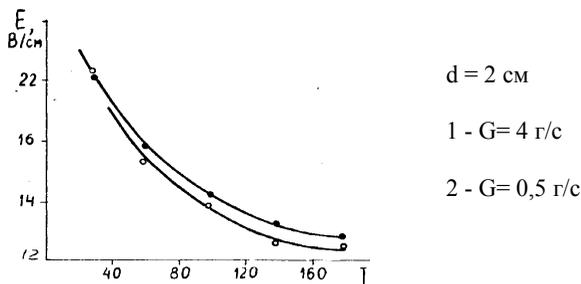


Рис. 1. Напряженность электрического поля дуги в зависимости от тока в гелии

На основе теории подобия разработана методика расчета плазматронов для нагрева гелия. Учитывая особенности горения дуги в гелии, обобщенную зависимость напряженности электрического поля  $E_H$  от определяющих критериев будем искать в виде:

$$E_H d = c \left( \frac{G}{d} \right)^\beta (pd)^\gamma \left( c_0 + c_1 \frac{I}{d} + c_2 \frac{I^2}{d^2} \right) \quad (1)$$

Для падающего участка экспериментальные данные обобщаются по:

$$E_H d = 560 \cdot \left( \frac{G}{d} \right)^{0,06} \left( \frac{d}{I} \right)^{0,37} \quad (2)$$

Следует отметить, что в гелии зависимость  $E_H$  от расхода газа слабее, чем в аргоне. Одной из причин этого является то, что диаметр дуги в гелии меньше, чем в аргоне, и значительная масса гелия протекает по периферии канала, не взаимодействуя с дугой, что приводит к значительным градиентам температуры газа по сечению канала.

Для сравнения электрического поля вдоль дуги в вихревых потоках различных газов на рис. 2 приведены вольт-амперные характеристики дуги при  $d=10$  мм,  $G=4$  г/с. Эти результаты показывают, что наиболее эффективно нагрев газа дугой происходит в гелии.

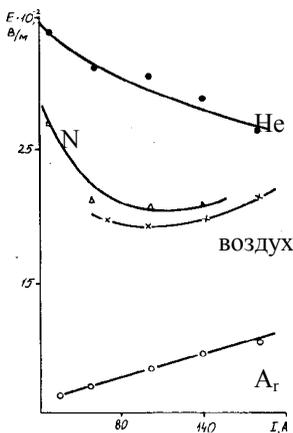


Рис.2. Напряженность электрического поля дуги для различных газов

На основе разработанной методики с использованием критериальной формулы для  $E_H$  сконструирован плазмотрон. Принципиальная схема плазмотрона, его электропитания и поджига приведена на рис. 3.

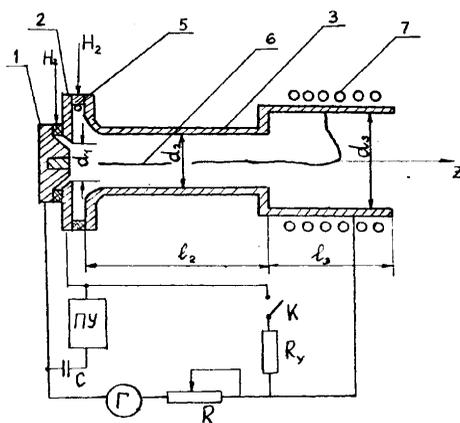


Рис.3. Схема плазмотрона и электропитания.

1 - катод, 2 - поджигающий электрод, 3 - анод, 4 и 5 - изоляторы, 6 - дуга, 7 - соленоид

Основными элементами плазмотрона являются катод 1, поджигающий электрод 2 и ступенчатый анод 3. Катод выполнен из графитового стержня длиной 20 мм, запрессованного в медную обойму. В процессе испытания использовались вольфрамовые стержни диаметром от 5 до 20 мм. Поджигающий электрод 3 выполнен из меди в виде секции-шайбы с внутренним диаметром  $d_1=16$  мм. Испытанные медные ступенчатые аноды имели диаметры  $d_2=8$  мм и  $d_3=16$  мм, длину

$l_2=30-50$  мм. Полная длина анода  $l=l_2+l_3$  изменялась от 90 до 150 мм. Для уменьшения эрозии рабочей поверхности анода установлен соленоид 7, навитый из медной трубки. Осевое магнитное поле, создаваемое им ( $B_z = 0,06-0,08$  Тл), обеспечивает такие скорости вращения замыкающего радиального участка дуги, при которых ресурс работы анода достигает свыше 1000 часов. Катод, поджигающий электрод, анод и соленоид интенсивно охлаждаются химически очищенной водой, в результате чего после 200-400 часов работы на наружной поверхности электродов не наблюдалось отложения солей. Вода подается в систему охлаждения плазмотрона под давлением 10-15 атм. Для расчета тепловых потоков в электроды определяли температуру воды на входе и выходе из плазмотрона при помощи хромель-копелевых термомпар с записью показаний прибором ЭМП-109 АИ.

Давление газа перед расходомерами на входе плазмотрона составляло (4...8)  $\cdot 10^5$  Па. Расход газа измерялся приборами типа ПВ-1033, а его плавная регулировка осуществлялась автоматическими приборами типа ДМПК-100. В зазор между катодом и поджигающим электродом через 2 тангенциальных отверстия диаметром 1,2 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 50 мм, подавался гелий (расход 0,1-0,2 г/с). Во вторую камеру закрутки 5, расположенную между поджигающим электродом и анодом, гелий поступал через 4 тангенциальных отверстия диаметром 2,4 мм, расположенных в кольце закрутки с внутренним диаметром 64 мм. Суммарный расход гелия варьировался от 0,5 до 2,4 г/с.

Электропитание плазмотрона осуществлялось от источника питания с номинальным током 600 А и напряжением 900 В. Так как его внешняя электрическая характеристика жесткая, а вольт-амперная характеристика дуги падающая, в силовую цепь последовательно с дугой с целью обеспечения устойчивого ее горения включено ступенчато изменяющееся балластное сопротивление R. Поджиг плазмотрона осуществлялся при помощи высоковольтного высокочастотного осциллятора с подачей напряжения на поджигающий электрод 2. Между поджигающим электродом и анодом через контактор включено сопротивление  $R_y = 10-20$  Ом. Такая схема включения осциллятора в электрическую цепь питания плазмотрона позволяла исключить попадание ВЧ-напряжения в силовую цепь питания и обеспечивала тем самым надежную защиту выпрямителя от перенапряжения. Соленоид 7 включен в цепь электропитания последовательно с дугой.

Порядок запуска плазмотрона: устанавливают рабочий расход газа; после этого при включенном контакторе К подают напряжение от выпрямителя Г и далее кратковременно включается осциллятор, обеспечивающий пробой зазора (1,5 мм) между катодом и поджигающим электродом. Образовавшийся искровой канал служит основой для развития вспомогательной дуги, ток которой равен 10-15 А и регулируется изменением величины  $R_y$ . Под действием потока гелия слабощная дуга выдувается из зазора. Катодное пятно устанавливается на катод-стержне, анодное - перемещается к кромке электрода 2, а образующийся высокотемпературный факел снижает напряжение пробоя между катодом и анодом; существующая разность потенциалов между ними (при мощности, вложенной в вспомогательную дугу, порядка 1-2 кВт) обеспечивает пробой и поджиг основной дуги. Ток в основной цепи регулируется балластным реостатом R. Далее радиальный участок дуги потоком гелия, подаваемого в основную вихревую камеру 5, сносится за уступ, а столб дуги устанавливается на оси разрядной камеры. После запуска плазмотрона сопротивление  $R_y$  отключают контактором К, а реостатом R устанавливается и стабилизируется необходимый рабочий ток силовой дуги.

Проведены исследования вольт-амперной характеристики плазмотрона.

Вначале отметим, что результаты экспериментов подтвердили необходимость поддержания тангенциальной скорости закрутки гелия в пределах 130-200 м/с и плавного (безотрывного) перехода от кольца закрутки к внутреннему диаметру электрода с целью обеспечения газодинамически устойчивого горения дуги. В экспериментах также было установлено, что дуга в плазмотроне рассматриваемой схемы горит с меньшими пульсациями напряжения по сравнению с дугой с самоустанавливающейся длиной, горящей в цилиндрическом канале без уступа.

Одновременно с исследованием вольт-амперных характеристик дуги проводились измерения тепловых потоков в элементы плазмотрона: катод, анод и поджигающий электрод. Это позволило вычислить тепловой к.п.д. плазмотрона, энтальпию и среднемассовую температуру  $T$  газа в зависимости от величины тока дуги и длины анода при различных расходах гелия. Установлено, что тепловой к.п.д. равен 0,68-0,74, а рассчитанная температура на выходе плазмотрона равна  $T = 3700-4200$  К. В гелии тепловые потери в катод почти не зависят от диаметра вольфрамового стержня, запаянного заподлицо в медную обойму, который в опытах изменялся от 3 до 10 мм.

Тепловые потоки в катод при использовании в качестве рабочего газа гелия и длине  $l_2 = 39$  мм оказались ниже, чем тепловые потоки в случае работы с азотом при равных величинах тока и стабильных режимах горения дуги, когда пятно анодного участка дуги всегда располагается за уступом. Несколько неожиданные результаты получаются для нестабильного режима ( $l_2 = 50$  мм), когда возрастают амплитуда тока и снижается частота шунтирования дуги: тепловые потоки в катод в рассматриваемом диапазоне величин тока увеличиваются примерно в два раза. Это не может не отразиться на скорости эрозии катода. На рис. 4 приведен общий вид этого плазмотрона.

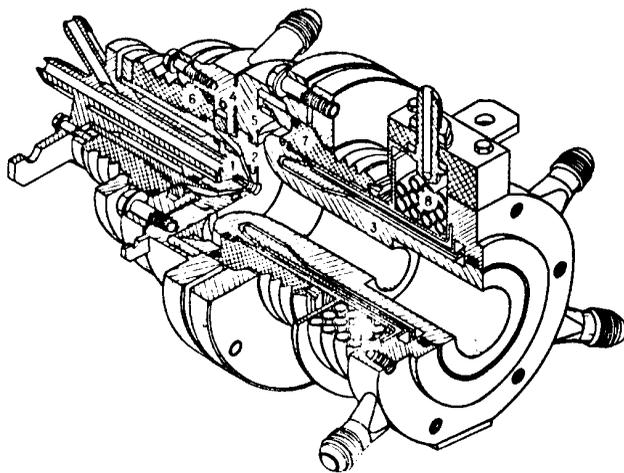


Рис. 4. Изометрия плазмотрона мощностью 0,5 МВт.  
1 - катод, 2 - МЭВ, 3 - анод, 4 и 5 - узлы подачи газа,  
6 и 7-изоляторы, 8 - соленоид.

#### *Выводы*

1. Для повышения эффективности преобразования энергии и использования плазменных потоков и струй исследованы электрические и тепловые характеристики электрических дуг в продольном потоке различных газов. Разработана методика

расчета генераторов плазменных струй – плазмотронов постоянного тока.

2. Созданы плазмотроны постоянного тока различных принципиальных схем мощностью 5-500 кВт для научных исследований и решения различных инженерных задач.

3. На основе проведенных исследований по техническим условиям заказчика могут быть созданы промышленные плазмотроны мощностью до 1 МВт, оказано содействие в выборе силового источника питания и курирование реализации промышленных установок.

#### *Аннотация*

Плазмотроны предназначены для получения полупроводникового кремния, чистого F, применяется для повышения эффективности преобразования энергии и использования плазменных потоков и струй исследованы электрические и тепловые характеристики электрических дуг в продольном потоке различных газов. Разработана методика расчета генераторов плазменных струй – плазмотронов постоянного тока. Созданы плазмотроны для проведения научных исследований и реализации различных технологических процессов.

#### *Список используемых источников*

1. Сазонов М.И., Хвиевич В.М., Кузмич В.А., Пекун А.И., Каролинский В.Г., Цыганов Д.Л. “Осаждение из газовой фазы алмазоподобных пленок с применением вакуумно-плазменной установки ВПУ-2”// Материалы и технологии : Тез. 4-ой респуб. конф. Гомель.2000. С.87.

2. Сазонов М.И., Хвиевич В.М., Кузмич В.А., Пекун А.И., Каролинский В.Г. Цыганов Д.Л. “Использование CVD-метода на установке ВПУ-2 для увеличения износостойкости твердосплавных пластин”//:Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения. Сборник научных трудов Международной конф. Новополоцк. 2001. С.696-699.

3. Жуков М.Ф., Коротеев А.С., Урюков Б.А. “Прикладная динамика термической плазмы”/ «Наука» СО АН. Новосибирск.1975. 299 с.

4. Даутов Г.Ю., Сазонов М.И. “Напряженность электрического поля в стабилизированной вихрем дуге”// ПМТФ. 1967 №4. С.127-131.

**Дмухайло Е.И., Белов С.Г.**

## **К ПРОБЛЕМЕ ОБРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД**

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

В области очистки сточных вод наиболее значительное место, как по стоимостным, так и по объемным показателям занимает обработка осадков с целью обеспечения определенной степени их концентрирования и стабилизации. Для этого используются процессы аэробного или анаэробного сбраживания, окончательного уплотнения и обеззараживания. После этого осадки могут быть дополнительно обезвожены и депонированы.

С экологической и экономической точек зрения, использование осадков сточных вод в качестве удобрения остается наиболее приемлемым способом их устранения при исключении токсических и других санитарно-гигиенических рисков.

В результате переработки могут быть получены высококачественные удобрения для сельского хозяйства и полноценный белок для кормления сельскохозяйственных животных, птиц и рыб.

Анализируя технологические и экономические аспекты различных способов обработки осадков, можно сделать вывод, что в качестве основного способа обработки как альтернативе традиционным, наиболее эффективно использование технологий экзотермической, аэробно-термофильной стабилизации (АТС) (так называемое «жидкое компостирование»), позволяющее достичь высокой степени минерализации и обеззараживания осадка. АТС является скоростным и надежным процессом, в котором благодаря саморазогреванию осадка происходит значительный подъем температуры за счет освобождения свободной энергии при превращении органических веществ в новые клеточные структуры.

Технология АТС может применяться при наличии в осадках более 2,5% органических веществ, что достигается посредством статического уплотнения осадков в отстойниках и флотационного уплотнения избыточного активного ила. Для ее осуществления необходимо использовать теплоизолированные биореакторы и высокопроизводительные системы гидроразделения осадка.

Основные преимущества систем АТС следующие:

1. Сокращение требуемых объемов сооружений при времени пребывания 0,5-3,0 суток, за счет высокой скорости распада органического вещества.
2. Высокая степень обезвреживания патогенных микроорганизмов и разрушения семян сорняков за счет повышения температуры до 45-55°C.
3. Уменьшение потребности в кислороде на 30-40% по сравнению с мезофильным процессом, поскольку в условиях термофильных температур гибнут бактерии нитрификаторы.
4. Увеличение скорости переноса кислорода в связи со значительным повышением коэффициентов диффузии кислорода.
5. Улучшение разделения жидкой и твердой фаз вследствие уменьшения вязкости жидкости.

Технологические характеристики отдельных установок известны из зарубежных источников, однако еще предстоит разработать методы их общего масштабирования и оптимизации с целью создания основ расчета и конструирования подобных установок.

После АТС осадок может использоваться в качестве удобрения, что весьма выгодно как с точки зрения роста урожайности, так и в плане улучшения почвы. Однако этот способ использования осадков допустим при условии, что они безупречны в санитарно-гигиеническом отношении и удовлетворяют ПДК токсичных элементов, которые должны улавливаться на локальных очистных установках.

Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов может выполнить комплекс научных исследований для отработки и реализации предлагаемой технологии на одном из очистных сооружений Брестской области. Имеется ряд технологических решений, выполненных на уровне изобретений, по аппаратному оформлению процессов АТС (пневмонапорнофлотационные уплотнители, биореакторы, высокопроизводительные смесительные устройства, пневмогидравлические аэраторы с использованием эжекционных струйных течений для насыщения жидких сред кислородом, озоном и реагентами).

Технологический процесс кондиционирования осадков может быть реализован в сборно-монолитных железобетонных емкостях объемом от 50 до 1000 м<sup>3</sup> закрытого типа с бескаркасными пологими арочными покрытиями из стальных тонкостенных

холоднокатаных профилей, разработанных в БрГТУ на кафедре строительных конструкций.

Выполнение этих работ совместно с организациями Министерства коммунального хозяйства позволит разработать проектно-сметную документацию на промышленные блоки ёмкостей по обработке осадков и высококонцентрированных сточных вод по технологии АТС, а также выполнить НИР и ОКР на нестандартное технологическое оборудование и в конечном итоге реализовать предлагаемую технологию на очистных сооружениях различных отраслей народного хозяйства Республики Беларусь.

*Список используемых источников*

1. Экологическая биотехнология: Пер. с англ./ Под ред. К.Ф. Форстера, Д.А. Дж. Вейза.- Л.: Химия, 1990. Пер. изд.: Великобритания, 1987. – 384 с.
2. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника №8 1994г.» Л. В. Яременко, А.В. Ершов, Л.А.Бальон (НИКТИ ГХ)
3. 3.Порудский Г.В. Биохимическая очистка сточных вод органических производств. - М.: Химия, 1975

**Харичкова Л.В., Матяс И.Д.**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ БРАЗИЛИИ**

*БрГУ имени Пушкина, доцент кафедры всеобщей истории  
БНТУ, доцент кафедры «Менеджмента» ФТУГ*

По мере истощения запасов нефти и природного газа, изменения климата на планете все больше внимания в мире уделяется развитию альтернативных источников получения энергии. Бразилия входит в число стран, в энергетическом балансе которых в последние десятилетия постоянно растет доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В 2013 г. их объем от общего первичного предложения энергии составил 45% (IRENA, Brazil energy profile) [2]. Согласно данным Национального доклада об энергетическом балансе (BEN 2012), 88,8% электроэнергии в Бразилии было получено из возобновляемых источников, т.е. без использования углеводородов. Правда, до 80% произведенной в стране электроэнергии, по-прежнему, приходится на гидроэлектростанции. В 2013 г., Бразилия вместе с Канадой и Китаем вошла в тройку стран с наибольшей выработкой гидроэлектроэнергии [2; 11].

В последние годы все большее значение в Бразилии приобретает генерация энергии из ветра. Страна обладает большим запасом ветроресурса: на большей части ее территории очень ветрено, скорость ветра высочайшая и неизменная, что создает благоприятные условия для развития данного типа альтернативной энергетики [2]. С 2000 по 2011 г. количество ветряных электростанций увеличилось почти вдвое [9]. В 2011 г. на них было произведено 2700 гигаватт-часов (ГВтч), что на 24,2% больше, чем в 2010 году [1]. Столь существенный рост производства ветроэнергии во многом объясняется заинтересованностью правительства в развитии этого сегмента энергетической отрасли. В декабре 2009 г. в Бразилии состоялся первый в истории страны открытый тендер на строительство ветряных электростанций и поставку генерируемой на них электроэнергии государству. С тех пор специальные аукционы

по ветровой энергетике проводятся ежегодно [13].

Показателем высокой продуктивности действующих в стране ветропарков является тот факт, что на аукционах, проведенных Национальным агентством по электроэнергетике Бразилии в августе 2011 г., цена ветровой энергии (примерно 99,5 реалов за МВтч) оказалась ниже цены, произведенной на природном газе (103 реала за 1 МВтч) [5]. В целом себестоимость бразильской ветроэнергии является одной из самых дешевых в мире [6].

В 2014 г. доля ветроэнергетики увеличилась до 2,3% от общего производства энергии в Бразилии по сравнению с 1% в 2013 г. году [8; 14]. К 2021 г. планируется довести генерацию электроэнергии от силы ветра до 10% национального объема потребления энергии. Этого достаточно, чтобы обеспечить энергией Сан-Паулу, крупнейший город в Южной Америке с населением в 11 миллионов человек [2]. Таким образом, энергия ветра может стать хорошим дополнением к базисной энергии гидроэлектростанций.

Использование же энергии солнца в Бразилии пока находится на крайне низком уровне. Менее одного процента электроэнергии страна получает с помощью солнечной энергии. Вместе с тем, по данным Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии США (U.S. National Renewable Energy Laboratory), Бразилия располагает солнечным излучением вдвое большим, чем Германия, являющаяся мировым лидером по установленной мощности солнечной энергии [3]. В значительной степени это связано с тем, что солнечная энергия все еще является относительно дорогой, а потому ее использование в промышленных масштабах пока экономически нецелесообразно. В то же время правительство Дилмы Руссефф проявляет заинтересованность в применении энергии солнца в частном секторе. В стране действует закон, стимулирующий использование солнечных панелей на крышах в целях домашнего потребления. Жильцы, установившие солнечные батареи на крышах своих домов, в ясную погоду пользуются бесплатной энергией, а избыток произведенной ими энергии поступает на центральную электростанцию, где потребителям зачисляются кредиты на использование традиционной энергетике в дождливые дни. Таким образом, правительство стремится снизить спрос на поставки центральной электросети, высвободив энергию для промышленного потребления, особенно в часы пик [7].

Несмотря на то, что пока гелиоэнергетика слабо представлена в энергетическом балансе страны, Бразилия имеет хорошие прогнозные показатели для ее развития. По оценкам специалистов компании Clear Sky Advisors, изучавших рынок солнечной энергии в Латинской Америке в 2013 году, Бразилия является наиболее перспективной страной региона для преобразования солнечной энергии. Перспективность рынка определялась по совокупности фундаментальных (инсоляция, стоимость электроэнергии и т.д.) и политических (эффективность существующей политики, экономические и инвестиционные риски) факторов [4]. Кроме того, по предварительным расчетам, проведенным специалистами EPE – Исследовательской компании (Энергетика), работающей по заказу Министерства горной промышленности и энергетике Бразилии, – потенциал солнечной энергетике страны может превысить ее ветропотенциал в четыре – пять раз [6].

Учитывая ресурсные возможности страны, правительство Дилмы Руссефф планирует к 2020 г. удвоить использование биомассы, ветряной и солнечной энергии. Кроме того, государство заинтересовано в освоении новых видов ВИЭ. В стране ведутся активные исследования в этом направлении, и получены интересные результаты. Еще в 2010 г. бразильский ученый Фернандо Галембекк сделал

сенсационное заявление о возможностях получения атмосферного электричества. Согласно разработкам его группы из университета Кампинаш в Сан-Паулу, мельчайшие заряды могут собираться из влажного воздуха. Как показали испытания, для сбора зарядов могут применяться определенные металлы, что в перспективе открывает большие возможности для производства электроэнергии в регионах с влажным климатом. Сейчас бразильские исследователи занимаются разработкой устройства для получения электроэнергии из движущегося влажного воздуха. Считается, что совершенствование этой технологии даст человечеству еще один источник возобновляемой энергии [15].

В 2012 г. в порту Ресем, в 60 км от города Форталеза, в тестовых целях стартовал первый проект по преобразованию энергии мирового океана. Он был разработан подводной технологической лабораторией Сорре с целью доказать, что волны являются надежным источником электроэнергии по приемлемой стоимости. Сегодня потенциальная энергия волн в Бразилии оценивается в 87 ГВт. Лаборатория Сорре оценила, что можно конвертировать около 20% этого потенциала в электричество, которое равно 17% от общей установленной мощности в стране сегодня [10]. Следовательно, страна, протяженность береговой линии которой превышает 9000 км, в перспективе может пополнить свой энергобаланс еще одним видом ВИЭ. Хотелось бы подчеркнуть, что ключевую роль в финансировании проектов возобновляемой энергетики в Бразилии играет Национальный банк экономического и социального развития (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES). По данным Bloomberg New Energy Finance, в период между 2007 и 2011 гг. BNDES выделил 29 млрд долл. на кредитование проектов, связанных с «чистыми» технологиями и возобновляемой энергетикой [12]. В 2010 г. BNDES стал вторым банком в мире по финансированию проектов возобновляемой энергии (3,1 млрд долл.) после Европейского инвестиционного банка (5,4 млрд долл.) [16].

Экономика Бразилии продолжает стремительно развиваться. По прогнозам, в течение последующего десятилетия она будет нуждаться в 50% увеличении генерирующих мощностей [2]. Учитывая же тот факт, что страна обязалась сократить к 2020 г. на 39% выбросы CO<sub>2</sub> [6], Бразилия будет и дальше развивать альтернативную энергетику, подтверждая репутацию одной из самых «независимых от углеводородов» стран мира.

#### *Список используемых источников*

1. Бразилия: альтернативная энергетика обеспечивает почти 90% энергопотребления [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.cleandex.ru/articles/2012/06/26/braziliya\\_alternativnaya\\_energetika\\_obespechivaet\\_pochti\\_90\\_energopotrebleniya](http://www.cleandex.ru/articles/2012/06/26/braziliya_alternativnaya_energetika_obespechivaet_pochti_90_energopotrebleniya). – Дата доступа: 26.06.2012.
2. Бразилия желает запитать Сан-Паулу от энергии ветра в течение 7 лет [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://banksolar.ru/?cat=1924&paged>. – Дата доступа : 02.07.2014.
3. Бразильский энергетический аукцион привлек 10,8 ГВт фотогальванических проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://alternativa.info/blog/aukzion-v-brazilii/> - Дата доступа : 05.08.2014.
4. Будущее солнечной энергетики в Латинской Америке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.energy.by/budushhee-solnechnoy-energetiki-v-latinskoj-amerike>.
5. В Бразилии энергия ветра стала дешевле газа // Обозреватель [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tech.obozrevatel.com/technology/v-brazilii-energiya-vetra-stala-deshevle-gaza.htm>. – Дата доступа : 30.08.2011.

6. Возобновляемая энергетика Бразилии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.re-energynews.com/reenergynews/articles/windenergy-in-brazil.htm>.
7. Гильманова А. Почему дышать в Бразилии легче? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://russiancouncil.ru/blogs/alina-gilmanova/?id\\_4=847](http://russiancouncil.ru/blogs/alina-gilmanova/?id_4=847) . – Дата доступа : 20 ноября 2013 г.
8. Гильманова А. Создание института энергетической политики БРИКС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://russiancouncil.ru/blogs/alina-gilmanova/?id\\_4=1304](http://russiancouncil.ru/blogs/alina-gilmanova/?id_4=1304) - Дата доступа : 22 июля 2014 г.
9. Глобальный синдром [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ecoanswer.ru>.
10. Как энергию волн в Бразилии превращают в электричество [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rodovid.me/saharin/kak-energiyu-voln-v-brazilii-prevtaschayut-v-elektrichestvo.html> – Дата доступа : 2 октября 2014.
11. Кондратьев В. Тенденции развития мировой электроэнергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.perspektivy.info/rus/ekob/tendencii\\_razvitija\\_mirovoj\\_elektroenergetiki\\_ch\\_2\\_2013-11-22.htm](http://www.perspektivy.info/rus/ekob/tendencii_razvitija_mirovoj_elektroenergetiki_ch_2_2013-11-22.htm) – Дата доступа : 22 ноября 2013 г.
12. Кузнецов Д. Экспорт технологий возобновляемой энергетики: перспективы и торговые барьеры в Бразилии, Индии и Китае [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://innodigest.com> – Дата доступа : 28 октября 2014 г.
13. Новости. Обзор СМИ. Деловая Бразилия.. Энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tum.polpred.ru/?ns=1&cnt=26&sortby=date&page=64> – Дата доступа : 13 декабря 2009 г.
14. Энергетика Бразилии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc/1833613> – Дата доступа : 19.12.2001.
15. Энергетическая революция: проблемы и перспективы мировой энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.igso.ru/articles.php?article\\_id=400](http://www.igso.ru/articles.php?article_id=400) – Дата доступа : 05.03.2012.
16. Ibarra P.Ch., Nikitina A.S. Innovative energy policy on development of renewable energy sources in Latin America and the Caribbean [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vestnik.uapa.ru/ru/issue> – Дата доступа : 13 января 2015 г.

**Клюева Е.В.**

### **ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ДВУХКОНТУРНЫМИ ГАЗОВЫМИ КОТЛАМИ**

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

В настоящее время для отопления индивидуальных жилых домов и при поквартирном теплоснабжении многоквартирных домов используются системы с двухконтурными газовыми котлами как один из самых доступных вариантов. При поквартирном теплоснабжении в каждой квартире устанавливается настенный газовый двухконтурный котел, обеспечивающий и отопление, и горячее водоснабжение. Для этой цели используют котлы мощностью 24 кВт.

По данным ООО «Альфа-Калор», производителя газового оборудования, количество установленных двухконтурных настенных газовых котлов собственного производства по состоянию на 2013 год – 35 000 котлов установлено в многоквартирных домах, 45 000 котлов – в индивидуальных жилых домах.

Двухконтурные котлы характеризуются тем, что кроме основного – первичного – контура теплоносителя, в них присутствует второй контур – контур подготовки горячей воды в систему горячего водоснабжения (ГВС), где вода нагревается в проточном теплообменнике. По типу проточного теплообменника, используемого для нагрева воды в системе горячего водоснабжения, двухконтурные котлы бывают с битермическим или пластинчатым теплообменником.

Битермический теплообменник представляет собой конструкцию типа «труба в трубе», где по внешнему контуру проходит теплоноситель системы отопления, по внутренней – вода для контура ГВС. Снаружи на трубу первичного контура напаяны ребра, увеличивающие теплоотдачу. Во время работы в режиме отопления тепло от сгораемых газов передается непосредственно теплоносителю. Когда котел работает в режиме ГВС, тепло сгораемых газов передается теплоносителю, а затем через него — контуру ГВС. Преимущества: простота исполнения (отсутствие узла с трехходовым вентилем, отдельного вторичного теплообменника), дешевизна.

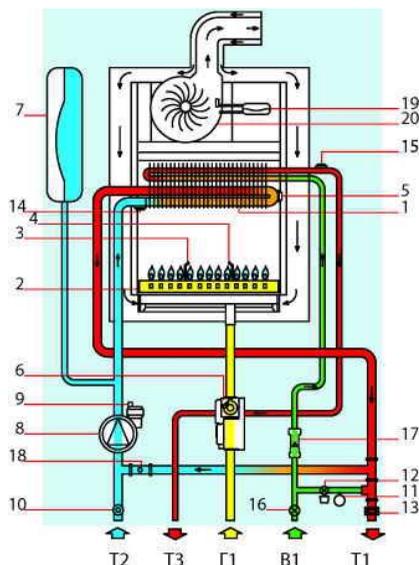


Рис. 1 Гидравлическая схема АОГВ-24-3П

- 1 – битермический теплообменник; 2 – газовая горелка; 3 – электрод поджига; 4 – электрод контроля пламени; 5 – предохранительный термостат отопления (перегрева воды 95 °С); 6 – электронный газовый клапан; 7 – расширительный бак; 8 – циркуляционный насос; 9 – автоматический воздухоотводчик; 10 – клапан предохранительный (3 бар); 11 – манометр; 12 – кран подпитки; 13 – реле давления воды; 14 – датчик отопления; 15 – датчик горячей воды; 16 – регулятор потока воды; 17 – реле потока воды; 18 – байпас; 19 – реле давления воздуха; 20 – электро-вентилятор; 21 – дымоход; Т1 – выход отопительной воды; Т2 – вход отопительной воды; Т3 – выход горячей воды; В1 – вход холодной воды; Г1 – вход газа.

Котел с битермическим теплообменником одновременно греет либо воду ГВС,

либо теплоноситель контура отопления (рис. 1). При этом приготовление горячей воды имеет приоритет, то есть при запросе на тепло для ГВС контур отопления выключается. Как запрос на тепло для ГВС системой управления котла воспринимается любое открывание крана горячей воды и возникновение расхода через контур ГВС, о чем сигнализирует датчик протока в котле. Система управления тогда останавливает циркуляционный насос контура отопления (8) и начинает регулировать мощность горелки (2) по температуре горячей воды на выходе теплообменника (1). Основной недостаток котлов с битермическим теплообменником – образование накипи внутри той части теплообменника, где греется вода для ГВС.

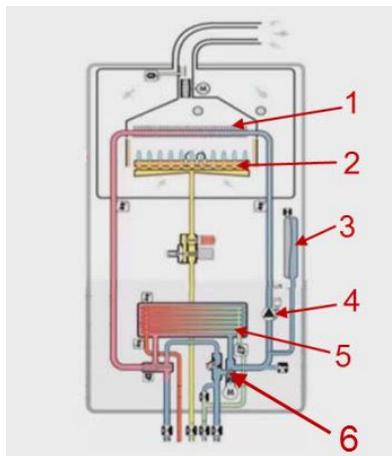


Рис. 2. Схема двухконтурного настенного газового котла с пластинчатым теплообменником и трехходовым краном

- 1 – основной теплообменник; 2 – газовая горелка; 3 – расширительный бачок;
- 4 – циркуляционный насос; 5 – теплообменник для нагрева воды;
- 6 – трехходовой клапан приоритета горячего водоснабжения.

Принцип работы котла с пластинчатым теплообменником и трехходовым краном следующий (рис. 2). Теплоноситель нагревается от горелки (2) и поступает в систему отопления под действием циркуляционного насоса (4), затем возвращается в котел и снова направляется на подогрев. Если от датчика температуры поступает запрос о необходимости подогреть воду для системы горячей водоснабжения, то срабатывает трёхходовой кран (6) и теплоноситель обращается только внутри котла: выходит из первичного теплообменника (1), поступает во вторичный теплообменник (5), отдаёт тепло водопроводной воде, снова идёт к насосу и от него к первичному теплообменнику, где снова нагревается.

Таким образом, на некоторое время циркуляция теплоносителя в системе отопления (основной контур) прекращается. Интенсивность потребления горячей воды зависит от самих потребителей. Необходимость частого использования большого объема горячей воды приводит к тому, что работа системы отопления может быть не совсем комфортной, температура в помещении понизится с остыванием теплоносителя. В этом случае, важно обратить внимание на отопительный прибор (радиатора), а точнее материал, из которого он изготовлен.

Для изучения работы в системе отопления отопительных приборов из различных материалов были проведены лабораторные исследования интенсивности

остывания отопительных приборов из различных материалов на экспериментальном стенде, приведенном в [1]. Для сравнения были взяты:

1. Стальной панельный радиатор ЛК-22-505
2. Чугунный радиатор 2К60П
3. Алюминиевый радиатор GRETTA – 500

Полученные данные приведены в таблице 1 и на рис 3. Данные по температуре представлены средними значениями температуры поверхности отопительного прибора, замеренными инфракрасным бесконтактным термометром в нескольких контрольных точках.

Таблица 1.

Время остывания, мин	Температура поверхности прибора, t <sub>ср</sub> , °С		
	Стальной панельный радиатор ЛК-22-505	Чугунный радиатор 2К60П	Алюминиевый радиатор GRETTA–500
0	46,17	49,83	45,17
5	42,33	48,00	40,17
10	38,33	46,17	35,33
15	35,67	44,17	32,00
20	34,00	42,33	29,67
25	-	41,00	27,67

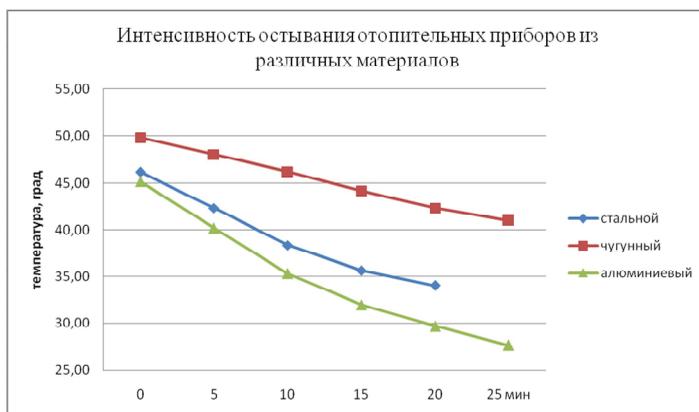


Рис. 3. График интенсивности остывания отопительных приборов из различных материалов

Из полученных данных видно, что чугунный радиатор является более инертным и остывает медленнее, чем стальной и алюминиевый. Это позволяет поддерживать температуру в помещении на комфортном уровне даже при относительно длительной работе двухконтурного газового котла в режиме приоритета подготовки воды для системы горячего водоснабжения.

*Список используемых источников*

1. Исследование работы отопительных приборов различных типов в системах водяного отопления / В.Г.Новосельцев, Е.В.Клюева, Ян Бо Чао // Проблемы энергетической безопасности в контексте интеграционных процессов в современном мире: материалы научного семинара, Брест, 21 марта 2014 г. – Брест: РУПЭ «БРЕСТЭНЕРГО», 2014. – С. 76–79.

Урецкий Е.А., Тишин О.А., Дарманян А.П., Мороз В.В.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ВИХРЕВЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СМЕСИТЕЛЯХ

*Белорусская Инженерная Технологическая Академия (БИТА);*

*Волгоградский технический университет;*

*Брестский государственный технический университет*

### *Введение*

Качественное перемешивание различных жидкостей, имеет большое значение для химической технологии. Широко используемые для этой цели аппараты с мешалками не отличаются высокой эффективностью, особенно при перемешивании двухфазных систем. В таких случаях целесообразно применять предварительную гомогенизацию входящих потоков в различного типа устройствах.

Перспективным классом таких устройств являются - статические смесители, в которых отсутствуют вращающиеся детали, а перемешивание осуществляется за счет энергии входящих потоков. Среди статических смесителей вихревые центробежные смесители [1] благодаря своей простоте и малому гидравлическому сопротивлению занимают особое место.

Однако широкое использование этих устройств ограничено в настоящее время отсутствием каких-либо данных по эффективности их работы. В связи с этим цель настоящего исследования заключалась в экспериментальном изучении качества перемешивания химических реагентов в вихревом центробежном смесителе. Для проведения экспериментов был сконструирован смеситель объемом 110 мл, показанный на рисунке 1.

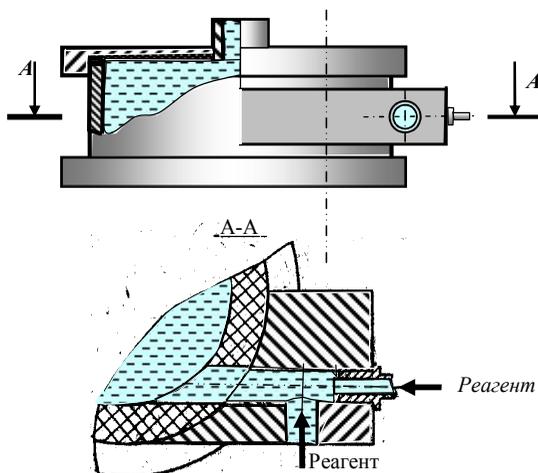


Рисунок 1. Вихревой центробежный смеситель

Он состоит из цилиндрического корпуса, закрытого с обеих сторон плоскими крышками, и снабжен тангенциальным, патрубком, закрытого с обеих сторон плоскими крышками и снабжен тангенциальным патрубком с двумя штуцерами, для подвода перемешиваемых жидкостей. Для выхода смеси использовался отводящий

осевой патрубков. Перемешивание в таком смесителе происходит за счет турбулизации потока жидкости во всем объеме смесителя, Эффективность перемешивания в этом смесителе оценивалась как с точки зрения модели структуры потоков (кривых РВП - распределения времени пребывания), так и с точки зрения перемешивания химических реагентов на молекулярном уровне, т. е. микроперемешивания [2].

Кривые РВП в виде кривых отклика на импульсное возмущение индикатором, в качестве которого был выбран раствор KCl, регистрировались с помощью кондуктометрической ячейки. Анализ полученных кривых отклика показал, что в широком интервале значений расхода жидкости 0,15—0,59 л/мин, что соответствует временам пребывания  $\tau=11-43$  с, модель структуры потоков центробежного смесителя отвечает модели идеального перемешивания.

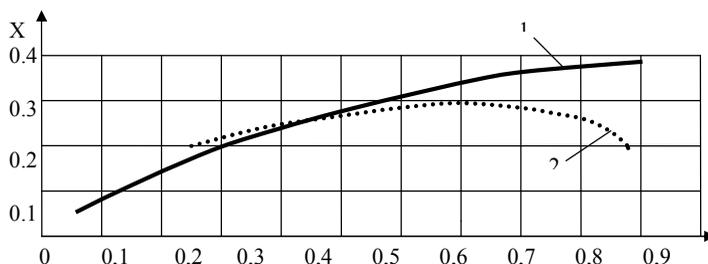


Рисунок 2. Зависимость степени превращения вещества X, % от критерия Дамкеллера:

1 – теоретическая кривая; 2 – экспериментальные значения, полученные при следующих условиях эксперимента: начальная концентрация в  $C_0 = 0,2$  моль/л, константа скорости химической реакции  $K = 0,125$  моль/л·с при  $T=26^\circ\text{C}$ , время пребывания  $\tau = 11-43$  с

Для оценки эффективности перемешивания в данном устройстве с точки зрения микроперемешивания использовался метод модельной химической реакции, применяемый для изучения аппаратов с мешалками [3] и детально описанный в работе [4]. Согласно этому методу, на вход в смеситель добавались два потока химических реагентов с известной кинетикой реакции, а на выходе из смесителя измерялась степень превращения вещества. Полученные значения сравнивались с максимально возможной величиной превращения вещества, которое имеет место в том случае, когда входящие потоки смешиваются на входе в устройство как можно ранее и не теряют свою индивидуальность вплоть до выхода из устройства, т. е. в состоянии полной сегрегации предварительно смешанных потоков. Всякое снижение степени превращения вещества ниже максимального свидетельствует о неполном смешении входящих потоков жидкости, т. е. как раз о перемешивании на микроуровне.

В настоящем исследовании в качестве модельной реакции была выбрана широко известная реакция омыления этилацетата, имеющая достаточную скорость уже при комнатной температуре, что позволило создать «идеальные» изотермические условия. Проведение этой реакции в вихревом центробежном смесителе при различных расходах реагентов позволило получить зависимость степени превращения вещества X% от критерия Дамкеллера  $D_a = kc_0\tau$ , (рис. 2). На этом же рисунке приведена зависимость X от  $D_a$  для крайнего состояния — полной сегрегации предварительно смешанных потоков, которая рассчитан по следующему выражению:

$$X = 1 - \int_0^{\infty} \frac{e^{-\theta}}{1 + D_a \theta} d\theta$$

Как видно из рисунка 2, при малых значениях  $D_a=0,5$  (малых  $\tau$ , или, что то же самое, больших расходах жидкости) превращение вещества соответствует максимально возможному. Это свидетельствует о том, что на входе в смеситель произошло смешение реагентов на молекулярном уровне. При уменьшении расхода жидкости, когда  $D_a > 0,5$ , превращение вещества снижается и становится ниже максимального значения. Это свидетельствует о том, что в смесителе часть объема занята перемешанными реагентами или, как говорят [2], часть входящих потоков в течение некоторого времени остается сегрегированной. Таким образом, несмотря на то, что модель структуры потоков исследуемого смесителя отвечает модели, идеального перемешивания, качество смешения реагентов зависит от расхода жидкости, т. е. от энергии входящих потоков.

Поэтому при расчете и проектировании таких устройств необходимо определять область эффективной работы с точки зрения микроперемешивания.

#### *Выводы*

1. Проведено экспериментальное изучение модели структуры потоков и качества перемешивания потоков химических реагентов на молекулярном уровне в вихревом центробежном смесителе.

2. Показано, что, несмотря на то, что модель структуры потоков данного устройства отвечает модели идеального перемешивания смешение химических реагентов на молекулярном уровне зависит от критерия Дамкеллера и может быть ниже максимально возможного, и зависит от расхода жидкости.

3. Для повышения эффективности вихревого смесителя необходимо применить перед ним элемент технического решения по патенту на полезную модель №4810 «Вихревой аппарат»[5] заключающийся в использовании тангенциального патрубка подачи обрабатываемой воды и реагентов сплюсненного в двух взаимно перпендикулярных направлениях вдоль оси с образованием овальными сжатыми сечениями, а насадки подачи реагентов расположены под углом к боковым сжатым сечениям.

#### *Список используемых источников*

1. Урецкий Е.А., Б.А. Митин Б.А. С.Н. Романов, О.А. Тишин , А.П. Дарманян и Н.В. Тябин, 'Вихревой аппарат' авт. Свидетельство № 1606167 от 15 июля 1990 г.
2. Гордеев Л. С. Жидкофазные химические реакторы- В кн . Процессы и аппараты химических производств. Итоги науки и техники. т,4 М.: ВИНТИ, 1976, с. 82-466.
3. Дарманян А. П., Тишин О. А., Тябин Н. В, Исследование влияния степени смешения реагентов на скорость химической реакции в проточном реакторе.-В кн.: Тез. докл. 8-й Всес. конф. по хим . реакторам (Хим реактор-8), т. 2. Чимкент, 1983, с. 312-317.
4. Дарманян А. П., Тишин О. А., Тябин Н. В. К вопросу об изучении кинетики химических реакций в проточных аппаратах смешения-ЖПХ 1985, №9
5. Урецкий Е.А, Дмухайло Е.И. Мороз В.В. Патент на полезную модель №480 от 200.04.16. "Вихревой аппарат".

**Чернюк В.П., Шляхова Е.И.**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБМАЗОК ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ ЗАБИВНЫХ СВАЙ В ГРУНТ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства*

В практике строительства известно для снижения энергоемкости и трудоемкости погружения забивных свай в грунт применение обмазок из синтетических смол, глинистых паст, а также воды (гидроподмыв) [1, 3].

Известно, что доля сопротивления трению грунта со свайей может достигать 30...50% и больше от общего сопротивления погружению в зависимости от длины, размеров поперечного сечения и конфигурации сваи. Поэтому использование в этих целях для снижения как общего сопротивления погружению, так и по боковой поверхности, обмазок из материалов, обладающих высокими антифрикционными свойствами, способностью к тиксотропным изменениям и низким сопротивлением сдвигу, может привести к ускорению процесса погружения, увеличению отказа свай, снижению затрат энергии на погружение и повышению несущей способности свай по грунту основания.

Практика и расчеты стоимости погружения свай показывают, что использование обмазок повышает стоимость их погружения весьма незначительно: на 0,2; 0,4; 1,2; 3,1; 6,2% соответственно при применении воды, пасты из бентонитовой глины, раствора полиакриламида, жидкого стекла и эпоксидной смолы, но при этом энергоемкость погружения может быть снижена до 30%, что дает значительный экономический эффект, и на столько же процентов (за исключением воды) может быть повышена несущая способность сваи по грунту основания в процессе эксплуатации, а также существенно уменьшено число поломанных и деформированных свай.

Согласно последним исследованиям в качестве обмазок могут применяться карбамидные, фурфуроланилиновые, полиакриламидные и эпоксидные смолы, а также тиксотропные глинистые пасты, цементные растворы и вода. Так, например в г. Бресте, при строительстве мостов через р. Мухавец по ул. 28 июля и по проспекту Республики использовалась вода при погружении свай и опор мостов путем подмыва. Известно также широкое применение воды, глинистых паст, жидкого стекла и цементных растворов на Украине, РБ и РФ для ускорения процесса погружения свай, закрепления грунта в околосвайном пространстве, при реконструкции свайных фундаментов и в других целях. За рубежом, например в бывшей ГДР, известно применение синтетических смол и паст для погружения свай.

Анализируя результаты существующих исследований можно отметить, что сваи с обмазками погружаются быстрее чистых, с меньшими затратами энергии, что заметно как по отдельным отказам, так и по общему количеству ударов, затраченных на их забивку. При этом оказывается, что энергоемкость (работа) погружения свай, обмазанных жидким стеклом, уменьшается на 18%, раствором полиакриламида (ПАА) – до 27%, бентонитовой пастой – до 32% и эпоксидной смолой (ЭС) – на 35%. Через 6 суток с момента погружения оказалось, что при обмазке свай жидким стеклом, их несущая способность по грунту основания существенно не повышалась, в то время как обмазка бентонитовой пастой, раствором ПАА и ЭС обусловили её увеличение на 27,4 и 23,7%.

Весьма эффективно (и даже с большим экономическим эффектом) погружение

свай забивкой в тиксотропных рубашках, когда глинистая суспензия или цементный раствор подаются в зазор между сваями, имеющими выступы на боковой поверхности ствола, и грунтом. Энергоемкость обмазанных, таким образом, свай снижается в 3...4 раза, хотя несколько и уменьшается несущая способность сваи по грунту основания.

В части технологии производства работ по возведению фундаментов из обмазанных свай в грунте на кафедре ТСП БрГТУ разработаны конструкция забивной сваи в тиксотропной рубашке и устройство для ускорения погружения сваи, защищенные патентами РБ на полезные модели № 7573, № 8601.

Для определения отказа свай, обмазанных антифрикционными материалами (пастами, смолами, водой), может быть использована известная ранее опубликованная методика авторов [2, 4-6], но с переменными коэффициентами  $K$  и  $\mu$ , где  $K$  – повышающий коэффициент, учитывающий вид и свойства обмазок свай,  $\mu$  – коэффициент отскока ударной части молота, учитывающий материал сваи и ударной части, высоту падения и соотношение масс соударяемых тел:

$$\delta = \frac{m_y \cdot q \cdot H \cdot (1-\mu)}{F} \cdot \frac{m_y}{m+m_c+m_{нар}} \cdot K \quad (1)$$

где:  $m_y$  – масса ударной части молота;

$m=m_y + m_n$  – полная масса молота;

$m_n$  – масса неподвижных частей молота;

$m_c$  – масса сваи;

$m_{нар}$  – масса наголовника;

$H$  – высота падения ударной части молота;

$q = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$F$  – сопротивление грунта перемещению сваи, равное сумме сопротивлений под нижним концом сваи (сопротивление торца сваи) и по боковой поверхности (сопротивление сцеплению сваи с грунтом), т.е. расчетной несущей способности сваи по грунту основания;

$\mu$  – коэффициент отскока ударной части молота;

$K$  – коэффициент увеличения отказа обмазанных свай при погружении в грунт, определяемый по табл. 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов  $K$  увеличения отказа обмазанных свай

Вид обмазки	Значение коэффициента $K$
Вода	1,2 – 1,35
Цементные растворы	1,15 – 1,2
Глинистые (бентонитовые) пасты	1,4 – 1,45
Жидкое стекло	1,2 – 1,25
Синтетические смолы	1,35 – 1,4
Эпоксидные смолы	1,3 – 1,35

Для определения величины коэффициента отскока  $\mu$  авторы провели дополнительные экспериментальные исследования по отскоку металлических грузов (шариков) разной массы с различной высоты падения от железобетонных поверхностей и установили, что высота отскока составляет  $h=\mu H$ , а  $\mu=0,3\div 0,4$  [3]. Специалисты считают, что «при ударе молота по голове сваи возникают упругие деформации молота и сваи. Внешне работа упругих сил выражается тем, что молот с ударной массой  $m_y$ , ударивший в сваю подскочит на высоту  $h$ ». В технической

литературе величину  $h$  принимают равной 0,4 и 0,6 м соответственно для трубчатых и штанговых дизель-молотов, что соответствует примерно  $(0,15 \div 0,33)H$ . Таким образом, существенных разногласий в величине отскока  $h$  и коэффициенте отскока  $\mu$  не имеется. Что же касается коэффициента  $K$ , то использование обмазки позволяет повысить отказ сваи на  $15 \div 45\%$  в зависимости от вида используемой обмазки.

Авторами неоднократно на различных грунтах и в разнообразных производственных условиях проводились экспериментальные исследования по вопросам эффективности использования обмазок для погружения забивных свай и величине отказа свай при погружении в грунт. Результаты экспериментальных и теоретических исследований получены достоверные и положительные, что позволяет рекомендовать к практическому применению обмазки из синтетических смол, глинистых паст, цементных растворов и воды для погружения свай, а предлагаемую методику расчета отказа свай – при проектировании и устройстве свайных фундаментов.

#### *Список используемых источников*

1. Кречин А.С., Чернюк В.П., Шведовский П.В., Мальцев А.Т., Мальцева Н.А. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках. – Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1990 – 248с.

2. Спиридонов В.В., Чернюк В.П., Юськович Г.И., Пчелин В.Н. Определение величины погружения забивной сваи в грунт // Научно-технический информационный сборник, вып. 7. Передовой производственный опыт, рекомендуемый для внедрения в строительстве предприятий нефтяной и газовой промышленности. – М.: ВНИИПК Техоргнефтегазстрой, 1989. – с. 23–27.

3. Чернюк В.П., Пойта П.С. Расчет, проектирование и устройство свайных фундаментов. – Брест, Облтипография, 1998 – 216с.

4. Чернюк В.П., Тимошук В.А. К расчету величины отказа забивных свай при погружении в грунт // Вестник Брестского государственного технического университета, №1. Строительство и архитектура. Научно-теоретический журнал. – Брест, 2003 – с. 120-121.

5. Чернюк В.П., Пчелин В.Н., Юськович Г.И., Щербач В.П. Определение величины отказа забивной сваи // Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вопросы строительства и архитектуры, вып. 17. Минск: «Вышэйшая школа», 1989. – с. 90-93.

6. Чернюк В.П., Шведовский П.В., Пчелин В.Н., Юськович Г.И., Мальцев А.Т. Определение отказа забивных свай при погружении в грунт // Сборник научных трудов. Расчет конструкций и теплофизика зданий и сооружений АПК – М.: ЦНИИЭП Сельстрой, 1989. – с. 64–70.

**Северянин В.С., Новосельцева Д.В.**

### **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ДУРНОПАХНУЩИХ ГАЗООБРАЗНЫХ ОТХОДОВ «ОГНЕВОЙ ФИЛЬТР»**

*Брестский государственный технический университет, кафедра  
теплогазоснабжения и вентиляции*

В последнее время загрязнение окружающей среды дурнопахнущими выбросами стало большой социальной проблемой, так как границы зоны

дискомфорта не являются фиксированными, а зависят от направления и скорости ветра. Химический состав дурнопахнущих веществ биологического происхождения многократно изучался учеными разных стран и, в результате, было показано, что это хорошо известные соединения: сероводород, меркаптаны, индол и скатол, одновременное присутствие которых в воздухе в определенных соотношениях вызывает резкий неприятный запах.

Хотя концентрация каждого компонента в составе дурнопахнущих веществ в вентиляционном воздухе часто не превышает ПДК, их присутствие в атмосфере создает дискомфортные условия жизни людей вокруг предприятий — источников таких выбросов.

Известны различные устройства и способы удаления нежелательных газовых компонентов (высокие вентиляционные трубы, физико-химические фильтры, водяные скрубберы, абсорбционные колонны и т.д.). Задача состоит в том, чтобы уничтожить дурнопахнущие газы низкой концентрации, создающие нежелательный запаховый фон в окружающей среде, методом огневого обезвреживания путем использования пульсирующего горения вспомогательного топлива.

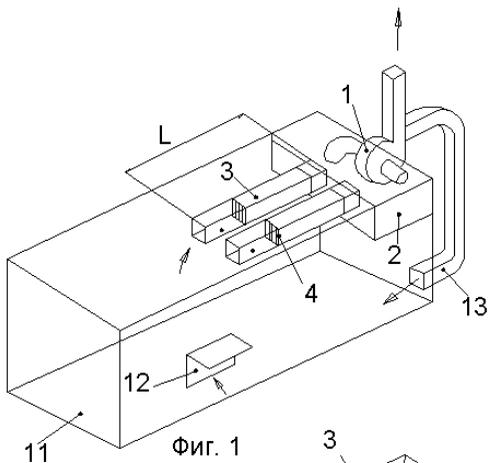
Цель — очистка воздушного бассейна возле соответствующих объектов и внутри них (животноводческие помещения, химические производства, инсинерационные сооружения, отхожие места, свалки, цеха с периодическими вредными выделениями и т.п.) для защиты атмосферы населенных пунктов, особенно близлежащих зон, от химического загрязнения в виде неприятных запахов, применяя очистку вентиляционных выбросов и обработку внутреннего воздуха.

Для этого нами предлагается установка для предотвращения распространения газовых дурнопахнущих загрязнений, основной элемент установки — огневой фильтр.

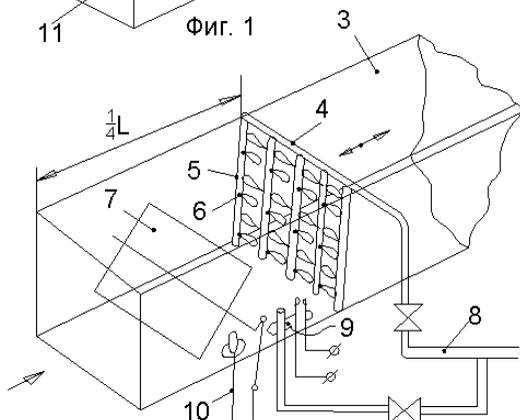
На чертежах показана аксонометрическая схема установки, общий вид (фиг. 1) и увеличенно огневой фильтр (фиг. 2), где обозначено: 1 — вентилятор, 2 — вытяжная камера, 3 — огневой фильтр, 4 — горелка, 5 — трубки, 6 — отверстия, 7 — заслонки, 8 — газопровод, 9 — электрозапал, 10 — датчик пламени, 11 — обслуживаемое помещение, 12 — приточные фрамуги, 13 — линия рециркуляции, стрелки — движение воздуха. Овалы в горелке 4 — микрофакелы. Некоторые детали условно прозрачны.

Устройство для предотвращения распространения продуктов загрязнения состоит из центробежного вентилятора 1, установленного на вытяжной камере 2. В нее введены каналы огневых фильтров 3, они изготовлены из листовой стали толщиной 1-2 мм, длиной L около 2 метров, поперечное сечение 0,2×0,2 м.

Огневых фильтров может быть несколько (фиг. 1) в зависимости от общего расхода воздуха. На противоположном конце огневой фильтра 3, внутри него, установлены горелка 4 (фиг. 2) трубчатого типа. Трубки 5 имеют отверстия 6, направленные из соседних трубок друг на друга со смещением. Размеры и количество отверстий 6 определяются при доводке. В каналах огневых фильтров 3 могут быть установлены заслонки 7. Горелка 4 подсоединена к газопроводу 8 низкого давления (до 200 мм вод. ст.). Около горелки 4 со стороны ближайшего конца монтируется электрозапал 9 в виде электросвечи и газовой трубки. Горелка 4 расположена на ¼ длины огневой фильтра 3, на стороне, противоположной вытяжной камере 2. Датчик пламени 10 (фотоэлемент или др.), электрозапал 9, заслонки 7, вентили на газопроводе 8 имеют (не показанную на чертеже) электрическую связь с органами управления ручными (включатели, вентили) или с автоматом-регулятором. Обслуживаемое помещение 11 может иметь приточные фрамуги 12. Выход из вентилятора 1 соединен с обслуживаемым помещением 11 линией рециркуляции 13, это канал, имеющий шибер для отключения.



Фиг. 1



Фиг. 2

Действует установка с огневым фильтром следующим образом. Открываются фрамуги 12, включается вентилятор 1. Заслонками 7 открываются те огневые фильтры 3, которые будут действовать (определяется интенсивностью загрязнения, температурой внешней и внутренней, допустимым уровнем показаний загрязнений). Включается электрозапал 9, открывается вентиль на газопроводе 8. Загораются микрофакелы горелки 4. В канале огневого фильтра 3 устанавливаются автоколебания в газозвушном тракте [1]. Частота пульсаций давления составляет 30...50 герц (зависит от длины огневого фильтра 3 и температуры в нем), амплитуда давления – 200...500 Па, колебательное смещение газа в районе горелки 5...20 мм. Шумоглушение происходит в вытяжной камере 2.

Воздух, содержащий дурнопахнущие компоненты низкой концентрации, проходит возвратно-поступательным движением через микрофакелы

из отверстий 6 трубок 5 горелки 4. Экспериментальные исследования авторов показали высокую степень выгорания органических включений благодаря пульсациям параметров газового столба в канале, аналогичном огневому фильтру 3. [2] Очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. В зимнее время фрамуги 12 закрыты, включается линия рециркуляции 13 для возврата части очищенного воздуха. При 100% рециркуляции обрабатывается воздух внутри. При действии установки ситуация по химическому состоянию атмосферы вокруг обслуживаемого помещения 11 устанавливается благоприятной для населения и обслуживающего персонала.

Благодаря тому, что не требуется нагревать весь воздух до температуры реакции, а достаточно лишь многократного соприкосновения с развитой огневой поверхностью микрофакелов, достигается существенная экономия топлива по сравнению с другими огневыми методами обезвреживания.

Основной результат описанного выше предложения, кроме экономического, — социальный эффект (улучшение состояния окружающей среды).

*Список использованных источников*

1. Северянин, В.С. Установки пульсирующего горения. Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.

Серия «Машиностроение», №1, 1999. Стр. 36, 39, рис. 3, 16.

2. Северянин, В.С. Экспериментальные исследования эффективности обезвреживания газовых выбросов в пульсирующем потоке / В.С.Северянин, Д.В. Новосельцева // Вестник Брестского государственного технического университета. - 2014. - № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. - С. 84–87.

**Янчилин П.Ф.**

## **СОЛНЕЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

*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: от микроминиатюрных источников питания микрокалькуляторов и ручных часов до огромных технических конструкций в башенных СЭС высотой 100 м и весом в сотни тонн [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 (ПП).

СЭУ используются в процессах сушки различных материалов и сельхозпродуктов, для получения горячей воды, для опреснения морской воды, для получения пресной воды и т.д. СИ является необходимым условием для реализации процессов фотосинтеза и развития и роста растений, благодаря СИ происходят на Земле различные фотохимические процессы.

Существует множество различных технологических схем преобразования СИ в электрическую на основе широко известного в технике тепловых циклов (например, циклы Ренкина или Карно), теплоэлектрических и термоэмиссионных процессов. В последние года наиболее интенсивно развиваются во всем мире солнечные фотоэлектрические установки (СФЭУ), базирующиеся на огромных успехах мировой техники в области создания высокоэффективных фотоэлектрических преобразователей. Учитывая рассеянный характер СИ на Земле весьма эффективны и различные системы концентрации СИ с целью повышения и экономических энергетических показателей СЭУ разного назначения.

К СЭУ наземным и космическим, помимо чисто энергетических требований, предъявляются и различные требования, учитывающие характерные особенности, например, связанные с доставкой СЭУ в космос и т.д. и т.п. [2].

Наиболее характерные сегодня общие классификационные признаки современных типов и видов СЭУ. В каждом из этих общих признаков, естественно существуют и присущие им частные особенности использования СЭУ.

*1. По виду преобразования и использования СИ в другие виды энергии:* в тепловую, механическую, электрическую, используется в химических и биологических процессах. При использовании СЭУ в электроэнергетике и теплоэнергетике они могут делиться на три категории, определяемые видом их использования для определенных потребителей энергии: СЭУ, предназначенные для работы в большой ОЭС или просто ЭЭС; СЭУ, работающие на локальную сеть; СЭУ, предназначенные для энергообеспечения автономного потребителя с разной категорией по надежности энергоснабжения. В зависимости от этого существенно меняются требования к информационному обеспечению геологических расчетов к самой системе энергоснабжения, включающей в себя СЭУ или СЭС. Кроме того, в зависимости от категории использования СЭУ могут появиться требования об обязательном сочетании СЭУ с системой аккумуляции энергии любого эффективного вида или с другими видами энергоустановок на базе ВИЭ. Например, это касается работы СЭУ на автономного потребителя, в том числе и повышенной категории надежности, что потребует наличия не только суточного, но и, иногда, более длительного цикла аккумуляции энергии. В системных же больших СЭС подобные требования обычно отсутствуют, если при этом не появляется необходимость поддержания в рабочем состоянии всего вспомогательного хозяйства СЭ и в периоды отсутствия СИ и связи с энергосистемой. Здесь, помимо обычных систем аккумуляции энергии могут быть использованы и традиционные энергоустановки на органическом топливе.

*2. По месту размещения на Земле:* наземные и космические. Системы защиты СЭУ у них будут принципиально разные: в космосе – защита ПП от жесткого космического излучения, разрушающего сами ПП; на земле – охлаждение СЭУ, защита от пыли и вандализма в том числе. Для космических СЭУ, работающих в безвоздушном пространстве при отсутствии невесомости проблема самой конструкции СЭУ становится менее значимой с весовыми показателями СЭУ. Наиболее проблематична здесь задача передачи накопленного СИ на Земле без нанесения заметного вреда человеку и окружающей среде в целом. В частности, требование минимального воздействия на очень хрупкий, но очень важный для человечества в целом, озоновый защитный слой Земли. Для наземных СЭУ характерны, очевидно, принципиально другие технические проблемы солнечной энергетики. Например, учет цикличности СИ во времени суток и сезонов года, что можно практически полностью исключить в космических СЭУ, выведенных на специальные геоцентрические орбиты. Учет цикличности, а также заметного случайного характера процесса СИ на поверхности Земли может потребовать обязательного сочетания СЭУ с системой аккумуляции энергии в зависимости от категории использования СЭУ.

*3. По стационарности:* переносные, передвижные и стационарные СЭУ. Отличаются друг от друга как по массо-габаритным характеристикам, так и по сложности конструктивного исполнения. Существенно отличаются друг от друга по надежностным характеристикам.

*4. По виду ориентации на Солнце:* с постоянной (неизменной) ориентацией на поверхности земли и с системой слежения за Солнцем с целью максимизации прихода СИ на ПП. К постоянно-ориентированным на Солнце СЭУ относятся, как правило, энергоустановки бытового назначения, размещенные на крышах строений,

на земле с ориентацией на Юг под постоянным углом к горизонту и на специальных стационарных конструкциях-каркасах для размещения СЭУ. В ряде случаев для небольших простых СЭУ возможно изменение угла наклона ПП в каждом месяце года, что достаточно просто может быть реализовано конструктивно.

Система непрерывного во времени слежения за Солнцем с целью максимизации прихода СИ может быть реализована несколькими путями. Кроме того система слежения за Солнцем может быть реализована для наклоненной к Югу ПП (т.е. переменная ориентация ПП по горизонтальной или широтной оси), так и за счет поворота наклоненной к югу ПП вдоль ее продольной или меридианной оси.

5. *По технической сложности СЭУ*: простые или простейшие и сложные по техническому циклу и исполнению. К простым СЭУ можно отнести: нагреватели воды различной конструкции; подогреватели воздуха; сушилки продуктов сельского хозяйства; отопительные системы; опреснители воды; теплицы; солнечные кухонные печи или нагреватели, холодильные и водоподъемные установки и т.д. и т.п. Конструктивное изготовление подобных простых СЭУ, предназначенных для бытового потребления, весьма несложно даже в домашних условиях и, в связи с этим ведет к большому их многообразию. К сложным СЭУ можно отнести: башенные СЭС; солнечные пруды; СЭУ с параболо-цилиндрическими концентраторами; солнечные коллекторы; концентраторы СИ и, наиболее перспективные сегодня, системы прямого преобразования СИ в электричество.

*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. Фокин В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. 240 с.

**Житенев Б.Н., Новосельцева А.Г.**

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ РЕАГЕНТА ДЛЯ ФИЗИКО- ХИМИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД**

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

*Введение*

В настоящее время одной из важнейших проблем в природоохранной деятельности является эвтрофикация водоемов. Её возникновение связано с поступлением в водоем биогенных элементов (в основном азота и фосфора) вместе со сточными водами. Для удаления из сточных вод соединений фосфора применяется ряд методов: химический, биологический, физико-химический и комбинированный. В качестве реагентов для физико-химического способа удаления соединений фосфора могут быть использованы известь, соли железа и алюминия, а также другие минеральные коагулянты, если учесть что очистка сточной воды с применением реагентов осуществляется непрерывно, то это приводит к большим затратам, связанным с необходимостью их покупки. В то же время в результате эксплуатации станций

обезжелезивания в Беларуси ежегодно выбрасывается в окружающую среду около 4000 тонн загрязнений в виде соединений железа. Поэтому актуальными задачами являются: предотвращение загрязнения окружающей среды сточными водами с высоким содержанием железа; получение из осадков станций обезжелезивания, являющихся отходами, товарного продукта – реагента, для физико-химической очистки сточных вод от фосфатов; проверка эффективности работы полученного реагента.

*Характеристика станций обезжелезивания. Свойства образующихся осадков*

Основным источником централизованного водоснабжения сельских и городских поселений республики являются подземные воды, имеющие практически повсеместно повышенное содержание железа, что не позволяет использовать их без очистки, как для хозяйственно-питьевых, так и для технических целей [1]. Наличие в воде большого количества железа придает ей неприятный привкус, буроватую окраску, приводит к заболеванию печени (гемосидерит). Образующиеся в воде при ее контакте с воздухом хлопья гидрата окиси забивают водозаборную арматуру, вызывают зарастание труб и др. При повышенном содержании железа природная вода должна подвергаться специальной обработке, т.е. обезжелезиванию.[2].

На станциях обезжелезивания используются реагентные и безреагентные методы обезжелезивания воды. В Республике Беларусь наиболее распространенным методом обезжелезивания воды является фильтрование через зернистую загрузку с предварительной глубокой либо упрощенной аэрацией. Регенерация фильтров осуществляется водовоздушной либо водяной промывкой. Доля воды, расходуемой для промывки, достаточно велика и, в зависимости от качества исходной воды и типа фильтра, может достигать от 2 % до 10 % от общего расхода очищаемой воды. Промывные воды, образующиеся в процессе регенерации, характеризуются высоким содержанием железа, концентрация которого колеблется от 100 мг/л до 300 мг/л.

В настоящее время высококонцентрированные железосодержащие промывные воды сбрасываются в канализацию либо в прилегающие водоемы или на рельеф местности, что приводит к нерациональному использованию высококачественной подземной воды и загрязнению окружающей среды соединениями железа [3].

Источником образования осадка на станциях обезжелезивания является промывные воды фильтров. Основным компонентом осадка, образующегося при осветлении промывных вод, является трехвалентное железо в форме хлопьевидного гидроксида железа. Гравитационное осветление промывных вод в основном завершается в течение 1,5-2 ч. Остаточная концентрация железа в осветленной воде составляет 25-35 мг/л. Дальнейшее снижение остаточной концентрации резко замедляется. Общее количество осадка, образующегося после двухчасового отстаивания, достигает 0,5-1 % объема промывных вод при его влажности 96,5-97,5 %. Гранулометрический состав осадков железосодержащих вод характеризуется большим содержанием мелких фракций с размером основной массы частиц 0,002 мм. Осадок имеет однородную структуру, образуемую мелкими аморфными хлопьями гидроксида. При длительном хранении осадка гидроксид железа подвергается старению и переходит из аморфного состояния в кристаллическое. Хлопья осадка при этом укрупняются, что приводит к увеличению пористости осадка и улучшению его водоотдающей способности [4].

Одной из проблем связанных с образованием железосодержащих осадков является его утилизация (сброс в окружающую среду, реки, каналы, складки рельефа и др.), что приводит к накоплению неорганического шлама и загрязнению окружающей среды. Ликвидация осадков станций обезжелезивания связана с определенными трудностями технического и организационного характера. В

практике очистки природных вод известны различные способы утилизации осадков, дающие определенный экономический эффект, например, использование осадка для создания жаростойкого покрытия при изготовлении поддонов и изложниц или в качестве добавок при выпуске портландцемента. Возможно также использование таких осадков при производстве строительных материалов, например, керамзита [5, 6]. Перспективным методом утилизации осадков станций обезжелезивания является использование его в качестве коагулянта для физико-химической очистки сточных вод от соединений фосфора.

*Экспериментальные исследования по проверке эффективности работы полученного реагента для удаления соединений фосфора*

При физико-химическом методе очистки сточных вод для удаления фосфора используются следующие реагенты:  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeSO_4$ ,  $Fe(SO_4)_3$ ,  $FeCl_2$ ,  $FeCl_3$ . В основе этого метода лежит химическое связывание фосфора с ионами металлов. Учитывая химический состав осадков, образующихся при обработке промывных вод станций обезжелезивания подземных вод, исследовалась возможность использования их в качестве реагента для физико-химического удаления фосфора из сточных вод.

Реагенты применяемые для удаления фосфора представляют собой соли железа или алюминия с содержанием железа от 19,4% ( $Fe(SO_4)_3$ ) до 80% ( $FeCl_2$ ). Промывные воды содержат 100-300 мг/л железа. Для получения более концентрированного продукта по содержанию железа промывные воды обрабатывались реагентом фосфатом натрия  $Na_3PO_4$  дозой 40 мг/л и коагулянтом сульфатом алюминия  $Al_2(SO_4)_3$  дозой 60 мг/л [3]. В результате взаимодействия фосфата натрия с солями железа образуются коллоидные частицы фосфата железа (III), обладающих очень низкой растворимостью:  $Na_3PO_4 + Fe^{3+} \rightarrow FePO_4 \downarrow + 3Na^+$ . Коагулянт интенсифицирует укрупнение частиц, что приводит к интенсивному осаждению соединений железа.

Затем осадок отстаивали, декантировали и поместили в специальную емкость, во избежание изменения его влажности. В результате был получен аморфный осадок, коричневого цвета. Так же были определены свойства осадка: влажность и содержание железа. Влажность осадка составила 95,8%. Содержание железа находилось колориметрическим методом с роданидом калия с использованием построенного калибровочного графика по методике, приведенной в [7]. Этот метод основан на способности катионов железа взаимодействовать в сильно кислой среде с анионами роданида. В результате было установлено, что содержание железа в осадке составило 2500 мг/л. Таким образом, был получен высококонцентрированный железосодержащий реагент.

Таблица 1. Результаты экспериментов

№ п/п	Содержание фосфатов в сточной воде, мг/л	Доза железа, мг/л	Расход реагента на удаление 1 мг фосфатов	Содержание фосфатов в очищенной воде, мг/л	Эффект очистки воды от фосфатов, %
1	10	5,9	0,59	7,8	22
2	10	10	1	5,5	45
3	10	14,7	1,47	3,5	65
4	10	19,5	1,95	2,3	77
5	10	24,8	2,48	1,8	82

Для экспериментальной проверки полученного реагента был выполнен ряд экспериментов по удалению фосфора физико-химическим методом из сточных вод.

Концентрация фосфатов в сточной воде составляла 10 мг/л. Исследование было направлено на определение необходимой дозы полученного реагента для снижения концентрации фосфатов в сточной воде.

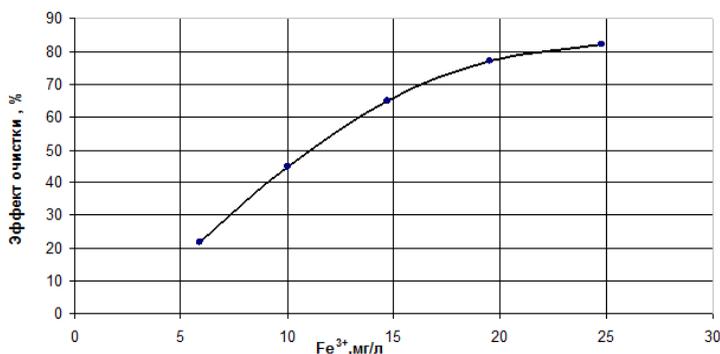


Рис. 1. Зависимость эффекта очистки городских сточных вод от удельной дозы железа, вводимого в виде реагента

После добавления реагента вода отстаивалась 1 час и фильтровалась через плотный фильтр (синяя лента), затем определялась остаточная концентрация фосфатов в воде по калибровочному графику стандартной колориметрической методике определения растворенных в воде фосфатов с добавлением смеси молибдата аммония [8]. Результаты экспериментов приведены в таблице 1. Результаты данной серии экспериментов приведены на рисунке 1.

Из графика видно, что эффект очистки с увеличением дозы реагента постепенно увеличивается, но с каждой последующей дозой увеличение эффекта очистки замедляется. Оптимальной дозой является доза 24,8 мг/л, дальнейшее увеличение дозы нецелесообразно, так как приводит к незначительному повышению эффекта очистки. Эффект очистки при добавлении 24,8 мг/л реагента в сточную воду составил 82 %.

#### *Заключение*

Экспериментально доказана эффективность работы полученного реагента из железосодержащих осадков станций обезжелезивания в качестве коагулянта для физико-химической очистки сточных вод от соединений фосфора. Эффективность удаления фосфатов из сточных вод при разных дозах полученного реагента составила от 22 % до 82 %. Концентрация фосфатов в сточной воде была снижена с 10 мг/л до 1,8 мг/л. Экономическая значимость разработанной технологии заключается в уменьшении объемов загрязнений и концентрации вредных веществ в водной среде и почве.

#### *Список используемых источников*

1. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г.И.Николадзе. – Москва: Стройиздат, 1978. – 161 с.
2. Гуринович А.Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения/А.Д. Гуринович. – Мн.: ТЕХНОПРИНТ, 2001. – 305 с.
3. Наumenко Л.Е. Технология очистки проmyвных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов: диссертация кандидата технических наук: 05.23.04 / Наumenко Л.Е. – Брест, 2009. – 190с.
4. Любарский, В.М. Осадки природных вод и методы их обработки / В.М.Любарский. – Москва: Стройиздат, 1980. – 129 с.
5. Шевченко, Л.Я. Утилизация осадков водопроводных станций/

- Л.Я. Шевченко//Водоснабжение и санитарная техника. – №4. – 1985. – с. 21.
6. Белескова Е.А. Об утилизации осадков, образующихся при обезжелезивании подземных вод / Е.А. Белескова, В.И. Айзенберг // Водные ресурсы. – 1979. – №5. – с. 190.
  7. Строкач П.П. Практикум по технологии очистки природных вод / П.П.Строкач, Л.А.Кульский. – Минск: Вышэйшая школа, 1980. – 320 с.
  8. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод / Ю.Ю.Лурье – Москва: Химия, 1973. – 376 с.

**Клебанюк Д.Н., Пойта П.С., Шведовский П.В.**

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НУЛЕВОГО ЦИКЛА ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ЗАБИВНЫХ СВАЙ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра геотехники и транспортных коммуникаций*

Сегодня, как никогда, повышению энергетической эффективности в области строительства, и особенно при возведении нулевого цикла, уделяется особое внимание [1, с. 98].

На рис. 1. приведены общие виды свайных полей для ряда гражданских объектов, возведенных в Брестской области. Следует отметить, что формирование таких «свайных лесов» характерно для большинства объектов, что и обуславливает относительно невысокую энергетическую эффективность работ по нулевому циклу, при устройстве фундаментов из забивных свай. Вместе с тем, следует отметить, что на строительных площадках со сложными инженерно-геологическими условиями, когда несущий слой грунта находится на большой глубине, либо грунтовое основание характеризуется сильно выраженной неоднородностью, другие типы фундаментов не эффективны вообще [4, с. 32].

Самым парадоксальным является и тот факт, что большинство специалистов считает допустимым и технически оправданным недопогружение свай до проектной отметки и их срубку, хотя это влечет неисполнение проектных требований и соответственно заказчик вправе не принимать фундамент у производителя работ, не оплачивать выполненные работы и предъявить к нему штрафные санкции.

Единственной основой для принятия решения о глубине заложения сваи на стадии проекта, при известных нагрузках, являются данные инженерно-геологических изысканий, получаемые по результатам бурения скважин, каротажа, статического или динамического зондирования. Однако все они дают относительно достоверные сведения только в тех точках, где произведен отбор образцов или определены физико-механические характеристики и свойства. Во всех остальных точках грунтового полупространства свойства грунтов устанавливаются интуитивной или математической интерполяцией. Отсюда абсолютная достоверность данных о строении и физико-механических свойствах грунтов может быть обеспечена только в том случае, если изыскания будут проводиться в точках погружения всех свай. Технически это возможно, однако такой подход во-первых оказывается неоправданно трудоемким, а во-вторых – затраты сопоставимы со стоимостью фундамента, что

неприемлемо для практики.

Таким образом, инженерно-геологические изыскания, выполняемые в экономически разумных объемах, принципиально не могут обеспечить достоверных данных для выбора глубины погружения свай [5, с. 36].

Вместе с тем следует отметить и тот факт, что как проводимые испытания грунтов, так и погружение свай обуславливает изменение строительных свойств грунтов и нарушение природного равновесия околосвайного грунтового массива, вызывающее нестационарные процессы формирования нового равновесного состояния [6, с. 209].

Эти процессы носят релаксационный характер и протекают длительное время. Одновременно проявляются и процессы тиксотропного упрочнения грунта, сопровождающиеся повышением несущей способности свай по боковой поверхности [3, с. 24]. Анализ основных закономерностей перестроения и перераспределения во времени и пространстве строительных свойств грунтов, представляющих собой комплекс физических, физико-химических, водных и физико-механических характеристик, формирующим под влиянием самых разнообразных природных и техногенных воздействий, показывает, что необходимо как выявление всей совокупности основных действующих (внутренних и внешних) факторов, так и учет их взаимной коррелированности. Отсюда объективность оценки строительных свойств требует комплексности изучения их минералогического, химического, водного и газового составов, а также учета энергетического уровня взаимосвязей и взаимовлияния состава, строения, состояния и свойств.

Анализ более 50 инженерно-геологических отчетов по стройплощадкам позволяет отметить, что факторами, определяющими природу естественной прочности грунтов могут являться: состав, форма, кристаллические особенности и дисперсность частиц твердой фазы; состав и pH водной дисперсионной среды; характер и степень развитости поверхностных гидратно-молекулярно-ионных слоев на границе раздела фаз; количественное соотношение твердой и жидкой фаз; характер и прочность структурных связей в местах контакта частиц; развитие структурного каркаса в объеме породы, его плотность и прочность и множество других. Не менее существенно и то, что все факторы, определяющие естественную прочность грунтов, взаимосвязаны и взаимообусловлены и изменение любого из них неизбежно обуславливает изменение прочности грунтового массива в целом.

При этом процессы, наиболее существенно влияющие на изменение большинства свойств грунтов, характеризуются цикличностью своего развития, инерционностью проявления, эффектом совпадения во времени экстремальных значений характеристик факторов и их одновременности воздействия, а также, кумулятивным эффектом запаздывания во времени.

Отсюда следует, что инженерно-геологической информации недостаточно для проектирования экономичных свайных фундаментов, так как она дает лишь общее представление о строении грунтового основания, позволяет выдвинуть только гипотезы о положении несущего слоя и определить характер взаимодействия свай с грунтом. Наиболее достоверно минимальная глубина погружения сваи определима из условия ограничения предельных осадок свайного фундамента, а наименее достоверно – из условия обеспечения несущей способности и возможности погружения свай сваебойным оборудованием.

Повысить достоверность проектного решения позволяет погружение и испытание динамической и статической нагрузкой пробных свай. Однако объем пробных свай составляет обычно не более 2% от общего числа свай в свайном поле и

поэтому этот метод не дает достаточно данных о неоднородности грунтового основания. В результате на стадии проекта невозможно надежно установить экономически обоснованные глубины погружения свай, а на стадии строительства – погрузить все без исключения сваи на проектную глубину [2, с. 185].

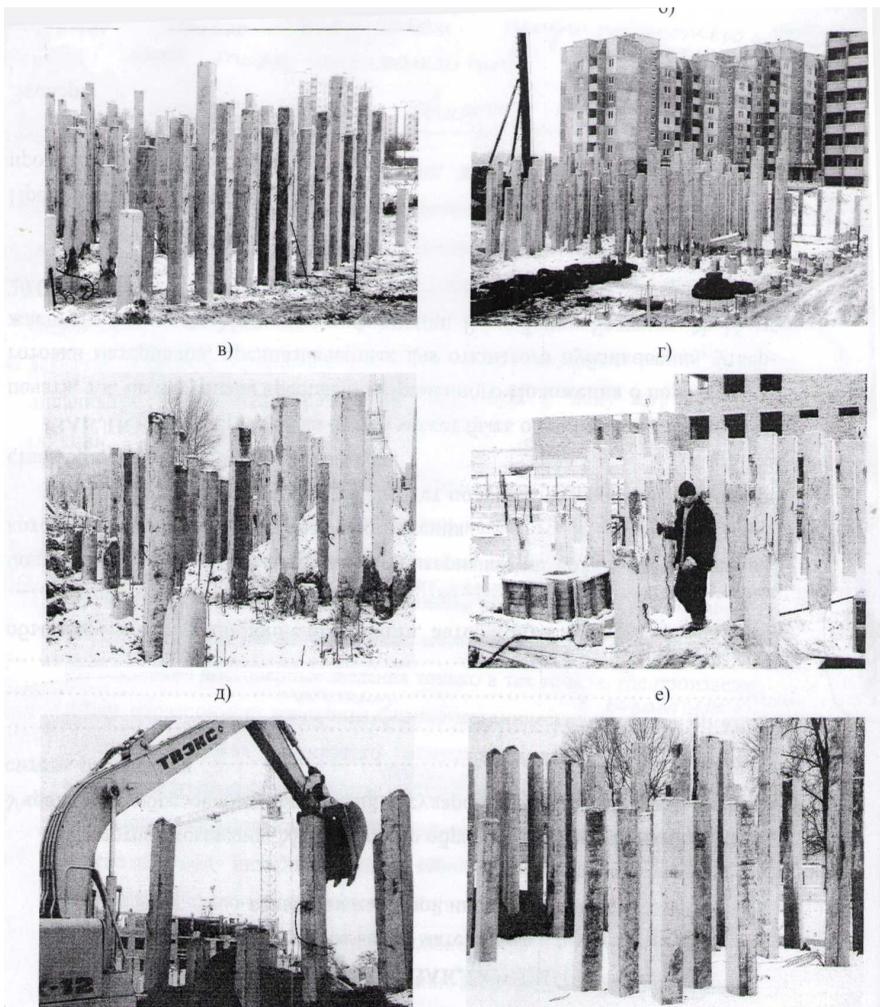


Рисунок 1 – Общие виды свайного поля под гражданские (жилые и спортивные) объекты: а, б – микрорайон «Вулька»; в, г – микрорайон «Восток-6»; д – Дворец водных видов спорта (г. Брест); е – микрорайон «Западный» (г. Барановичи)

Отсюда проблема повышения энергетической эффективности устройства фундаментов из забивных свай заводского изготовления требует решения комплекса задач, обеспечивающих практическую осуществимость безотходных технологий

устройства свайных фундаментов, учитывая при этом, что:

- на современном уровне знаний инженерно-геологическая информация о строении и распределении физико-механических свойств исследуемого грунтового полупространства не обладает полнотой и достоверностью во всех точках, за исключением точек испытаний, т.е. грунтовое основание как для проектировщика, так и строителя объективно является стохастической средой;

- пространственная неоднородность и стохастическая природа – это фундаментальное свойство любой грунтовой среды и для адекватного описания распределения физико-механических свойств грунтового основания необходимо применение вероятностных методов;

- существующие детерминированные и вероятностные модели не могут быть эффективно применены для проектирования свайных фундаментов и необходима разработка вероятностной модели грунтового основания, адекватно отражающей его неоднородность, процесс погружения свай и способная компенсировать неполноту информации без запаса несущей способности свай;

- основным противоречием действующей методики проектирования фундаментов из забивных свай является то, что проектировщик принципиально не может определить точную глубину погружения каждой сваи, однако обязан указать ее в проекте. Достоверно установить глубину погружения каждой сваи можно только на стройплощадке после ее забивки.

Все это позволяет отметить, что одним из путей повышения надежности, экономичности и энергетической эффективности фундаментов из забивных свай заводского изготовления, о котором ранее особо не задумывались или просто не принимали во внимание, является относительное распределение ответственности за решение проблемы между проектировщиками и строителями.

#### *Список используемых источников*

1. Кречин, А.С. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках / А.С.Кречин, П.В.Шведовский, В.П.Чернюк // Кишинев, Карта Молдовеняскэ, 1990. – 245 с.
2. Пойта, П.С. Эффективные типы фундаментов на уплотненных грунтовых основаниях / П.С.Пойта, П.В.Шведовский, А.Н.Невейков // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунар. научн.-метод. семинара: в 2-х т. / Под общ. ред. Д.П.Лозовского, А.А.Хотько. Новополоцк, ПГУ, 27-28 ноября 2008 г. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – т. 2. – С. 184-190.
3. Пойта, П.С. Эффективные конструкции свайных фундаментов в инженерно-геологических условиях Беларуси / П.С.Пойта, П.В.Шведовский // Вестник БрГТУ. – Строительство и архитектура, № 1, 2008. – С. 24- 25.
4. Рекомендации по рациональной области применения в строительстве свай различных видов. НИИпроект, М., Стройиздат, 1996. – 84 с.
5. ТКП 45-5.01-256-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Свай забивные. Правила проектирования и устройства. Минархстроительство РБ, Минск, 2013. – 135 с.
6. Шведовский, П.В. Выбор оптимальных решений в строительстве / П.В.Шведовский, А.Г.Мальцев, Л.К.Вайнгарт, Н.И.Мальцева // ЦНИИЭПсельстрой. М. – Ярославль, 1990. – 309 с.

**Жук В.В., Прилуцкая О.Е.**

## **К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗНОШЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК**

*Брестский государственный технический университет, кафедра  
строительных конструкций*

Серьезной проблемой для всех высокоразвитых стран является утилизация непригодных для восстановления протектора автомобильных покрышек, объем образования которых в среднем составляет 2,0...5,0 кг/год на душу населения. По данным экспертов, на планете скопилось около 40 млн. тонн отработанных покрышек. Ежегодный прирост «производства старых шин» в странах СНГ составляет 1 млн. тонн, в Беларуси – около 60 тысяч тонн.

В настоящее время в мире применяется целый ряд технологий по переработке и утилизации изношенных покрышек. Практикуется сжигание автомобильных покрышек как топлива в печах при производстве цемента и в топках электростанций. Их перемалывают в крошку, которая используется в качестве добавки, улучшающей свойства асфальтобетонной смеси, а выделенный металлокорд с остатками резины поступает на переплав или используется в качестве дисперсной арматуры при производстве тяжелых бетонов.

Следует отметить, что при переработке шин используются высокотемпературные процессы, требующие больших затрат энергоносителей, что делает утилизацию шин нерентабельной. Другим способом полезного использования амортизованных шин является их применение в качестве строительного материала.

Кафедра строительных конструкций университета более двадцати лет занимается разработкой строительных конструкций на основе изношенных автомобильных покрышек.

Из уложенных штабелями шин, примыкающих друг в другу [7] или уложенных рядами с перевязкой швов [8] и соединенных поддерживающими металлическими элементами, заанкеренными в фундамент, можно возводить стены зданий и сооружений различного назначения. При необходимости для отапливаемых зданий пространство между рядами шин может быть заполнено конопаткой, получаемой из продуктов переработки протекторной части покрышек, а внутренние полости – засыпным утеплителем или легким бетоном, например, арболитом. Вертикальные поверхности стен могут быть оштукатурены по металлической сетке, прикрепляемой к шинам с помощью проволочных скоб. Разработанные строительные конструкции имеют меньшую материалоемкость, по сравнению с традиционными кирпичными, что позволяет, в свою очередь, уменьшить нагрузки на фундамент. При этом снижается трудоемкость возведения конструкций и стоимость здания или сооружения в целом.

С целью упрощения конструкции, уменьшения материалоемкости и трудоемкости, повышения несущей способности и долговечности предлагается в известной конструкции зеленой (дерновой) крыши, включающей несущую стропильную конструкцию, дощатый настил, гидроизоляцию, почвосмесь с травяным покрытием, гидроизоляцию выполнять гофрированной из симметричных или ассиметричных разверток изношенных автомобильных шин, уложенных под углом  $\beta = 90^\circ - 4\alpha/3$  к коньку крыши, где  $\alpha$  – угол наклона ската крыши к горизонту [4]. Выполнение гидроизоляции гофрированной из разверток изношенных автомобильных шин, уложенных под углом  $\beta$ , меняет работу настила – он работает на поперечный изгиб. Боковые поверхности разверток изношенных автомобильных шин,

особенно асимметричных, препятствуют сползанию почвосмеси по скату вниз, уменьшают ветровую и водную эрозии почвосмеси. Выполненный расчет настила под предполагаемую зеленую крышу показал, что несущая способность увеличивается на 23% по сравнению с дерновой крышей, а трудоемкость уменьшается на 17%.

Для повышения надежности работы гидротехнических причальных сооружений может быть использован отбойный гибкий пал [6]. Наземная и подводная часть пала выполнена из изношенных автомобильных покрышек, располагаемых под углом к горизонту и уложенных на спиралеобразный пространственный арматурный каркас, что увеличивает энергопоглощающую и несущую способность конструкции.

Изношенные шины могут быть использованы для сооружений гидротехнического строительства. Разработано устройство для защиты берега от размыва [9], включающее установленные в ряд вдоль береговой линии сваи с насаженными на них полыми торообразными блоками из автомобильных покрышек. Между блоками устанавливаются вертикальные штабеля из покрышек с заполнением балластом внутренних полостей и последующей фиксацией торообразных блоков и штабелей объемной связью, в виде сетки из синтетического материала.

При выполнении аварийно-восстановительных работ может найти применение берегоукрепительное устройство [1], состоящее из пакетов, собранных из изношенных шин и скрепленных между собой шарнирами, расположенными диаметрально противоположно, попеременно в нижней и верхней частях пакета. Внутренняя полость шин заполняется поропластом с нанесенным слоем неводостойкого клеевого состава по его открытой поверхности. Такое решение позволяет без применения подъемно-транспортных средств укладывать и корректировать местоположение лент, получаемых в результате раскладки пакетов, по отношению к защищаемому откосу. Под действием воды происходит разрушение клеевого состава, и по порам композиционного материала вода проникает во внутренние полости шин и, суммируясь с их весом, способствует погружению ленты.

Изношенные автомобильные покрышки могут служить для защитного покрытия откоса грунтового сооружения [3]. Защитное покрытие включает установленные посплошно и горизонтально ряды скрепленных между собой блоков из изношенных шин с образованием ступенчатой поверхности. В качестве подпорных и регулируемых сооружений можно использовать водоподпорную плотину [2], состоящую из опорной конструкции в виде изношенных шин, мягкого водонепроницаемого материала, жестких силовых поясов, проходящих через шины и закрепленных к береговым анкерным устройствам и флютбета. С помощью силовых поясов высота плотины может изменяться в пределах от одного до двух диаметров шин.

При устройстве внутрихозяйственных и межхозяйственных оросительных каналов может быть использован лоток [5], состоящий из мягкой оболочки опорных и анкерных элементов, при этом опорные элементы выполняются из изношенных грузовых покрышек, имеющих в верхней части секторный вырез с центральным углом  $\alpha \leq 150^\circ$ , заглубленных в грунт на высоту профиля покрышки, а мягкая оболочка крепится к опорным элементам с помощью рукавов, полученных путем прошивки складок материала оболочки в поперечном направлении или выполненных из кусков резиновой камеры, присоединенных к материалу оболочки клеепрошивными швами, помещенных в полости покрышек и заполненных сыпучим материалом. Технико-экономическое исследование разработанных строительных конструкций из изношенных шин показало, что стоимость зданий и сооружений уменьшается в несколько раз при значительной экономии традиционных строительных материалов.

### *Список используемых источников*

1. Берегоукрепительное устройство: пат. 2026453 Рос. Федерации: МПК<sup>6</sup> Е 02В 3/12 / Жук В.В., Шведовский П.В., Пчелин В.Н.; заявитель и патентообладатель Брест. политехн. ин-т. - №4928012/15; заявл. 19.04.91; опубл. 10.01.95. Бюл. №1. – 6с.
2. Водоподпорная плотина: пат. 2026458 Рос. Федерации: МПК<sup>6</sup> Е 02В 7/02 / Жук В.В., Шведовский П.В., Пчелин В.Н.; заявитель и патентообладатель Брест. политехн. ин-т. - №4928013/15; заявл. 15.04.91; опубл. 10.01.95. Бюл. №1. – 6с.
3. Защитное покрытие откоса грунтового сооружения: пат.2050431 Рос. Федерации: МПК<sup>6</sup> Е 02В 3/12 / Жук В.В., Шведовский П.В., Черноиван В.Н., Пчелин В.Н. - №5009847/15; заявл. 01.07.91; опубл. 20.12.95. Бюл. №35. – 8с.
4. Зеленая крыша: пат. 8316 Респ. Беларусь, МПК Е 04В 7/12 (2006.01) / Жук В.В., Лещук Е.В.; заявитель УО «Брест. гос. техн. ун-т». - №u20110930; заявл. 16.11.11; опубл. 30.06.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. - №3. – С. 243.
5. Лоток: пат. 9065 Респ. Беларусь, МПК Е 02В 13/00 (2006.01) / Жук В.В., Лещук Е.В., Шляхова Е.И.; заявитель УО «Брест. гос. техн. ун-т». - № u20120812; заявл. 12.09.12; опубл. 28.02.13 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – С.180.
6. Отбойный гибкий пал: а.с. 178366 СССР: МКИ<sup>3</sup> Е 02В 3/26 / В.В. Жук, П.В. Шведовский, В.Н. Пчелин, А.К. Хвалюк. - №4928016/15; заявл. 15.04.91; опубл. 15.12.92. Бюл. №46. – 8с.
7. Стена временного сооружения: а.с. 1649056 СССР: МКИ<sup>3</sup> Е 04В 2/02/ В.В. Жук, В.Н. Черноиван, П.В. Шведовский, Ю.А. Ницкий. - №4638097/33; заявл. 24.11.88; опубл. 15.05.91. Бюл. №18. – 4с.
8. Стена временного сооружения: а.с. 1649057 СССР: МКИ<sup>3</sup> Е 04В 2/02/ В.В. Жук, В.Н. Черноиван, П.В. Шведовский, Ю.А. Ницкий. - №4655829/33; заявл. 27.03.89; опубл. 15.05.91. Бюл. №18. – 4с.
9. Устройство для предохранения берега от размыва: пат. 2050430 Рос. Федерации: МПК<sup>6</sup> Е 02В 2/12 / Жук В.В., Шведовский П.В., Пчелин В.Н.; заявитель и патентообладатель Брест. политехн. ин-т.» - №4933513/15; заявл. 05.05.91; опубл. 20.12.95. Бюл. №35. – 6с.

**Лешко Г.В., Щербач В.П., Бондарь А.В.**

## **ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ВОПРОСАХ ОХРАНЫ ТРУДА**

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства*

На первый взгляд несведущий человек может не найти связи между энергетической эффективностью и охраной труда, но это только на первый взгляд.

Вопросы и задачи, которые решает охрана труда, ведут к сбережению, рациональному использованию такого немаловажного энергоресурса как трудоспособность, здоровье, активная жизнедеятельность работников.

Внедрение в производство, в жизнь всех современных энергоэффективных технологий однозначно приводит к улучшению условий труда и жизни человека.

Каждый из нас обладает мощной силой – своей энергией. Как закрепить и приумножить этот потенциал? Мы набираем силы, когда получаем новые знания, путешествуем, занимаемся творчеством (наукой), преодолеваем свои страхи, общаемся с людьми, которые верят в нас и поддерживают, занимаемся своим телом (физкультура, баня, бассейн).

Человек обладает биомеханической энергией – это энергия движения (мышцы) и интеллектуальной энергией (энергия головного мозга). Физическая тяжесть работы определяется затратами энергии в процессе трудовой деятельности. Для поддержания и эффективного использования энергетических затрат на мышечную работу необходимо создать в воздухе рабочей зоне:

- нормативные параметры микроклимата, а именно температуры воздуха, его относительной влажности и скорости движения, а также интенсивности теплового излучения;
- такие характеристики рациональной освещенности, которые создадут благоприятные условия и высокую производительность труда;
- другие мероприятия по защите человека в зависимости от тяжести физического труда и антропометрических характеристик человека.

Создание благоприятного климата воздуха рабочей зоны и освещенности является основным для поддержания терморегуляции организма, повышенной энергетической отдачи человека на производстве.

Интеллектуальная энергетическая деятельность требует напряжения внимания, памяти, активации процессов мышления. Работа мозга осуществляет процесс приема, анализа информации. Функционирование анализаторов головного мозга подвержено различным перегрузкам: вибрации, шуму, инфразвуку, ультразвуку, пониженной и повышенной температуре, превышенному уровню предельно допустимых концентраций вредных веществ, а также нервно-эмоциональному напряжению. В связи с этими факторами у человека повышается кровяное давление, увеличивается потребление кислорода, повышается температура тела. После умственной работы часто утомление остается дольше, чем при мышечной работе. В этом случае задача охраны труда создать не только безопасные условия труда, но и контролировать производственное психическое состояние работников. Прежде всего, недопустим физиологический дискомфорт, перегрузка информацией, безусловное перенапряжение. При умственной работе крайне необходима производственная зарядка, технологические перерывы, смена рода деятельности, свежий воздух, компенсирующий отдых.

Любая трудовая деятельность требует от работника памяти, внимания и ощущения. Если человек теряет бдительность и ослабевают эти функции, то недалеко и до стресса, который провоцирует несчастный случай. У каждого человека свои индивидуальные психофизиологические свойства. Опыт показывает, что в основе несчастных случаев, а это 70-90%, заложены психологические причины. Вот портрет современного «травматика». Он недооценивает опасность и ее последствия, желает нравиться окружающим (гусарство), переоценивает собственный опыт, склонен к риску (удовольствие «поставить все на карту»), риск ради риска. Так называемый «травматик» почти всегда имеет негативную позицию по отношению к другим работникам и к своей работе, предвзятое отношение к начальству, поэтому пренебрегает правилами и инструкциями. Эти личностные факторы человека необходимо постоянно держать под контролем. И вот здесь на первое место выступает психологическая модель руководителя коллектива – его лидера. Умение руководителя – найти индивидуальный подход к каждому подчиненному, а это прочный авторитет,

когда указания выполняются не в силу подчинения начальнику, а вследствие их правильности. Такой руководитель управляет производством и безопасностью. Микроклимат в любом коллективе, который во многом зависит от начальника-лидера, должен создавать не только психологически безопасные условия труда на каждом рабочем месте, но и условия для профессионального и карьерного роста.

Безопасное производство – высокая энергетическая отдача. В нашей республике разработаны масштабные мероприятия по обеспечению безопасности труда:

- совершенствуются страховые механизмы с целью повышения экономической и финансовой заинтересованности работодателей в постоянном улучшении труда работников;
- совершенствуется нормативно-правовая база в области охраны труда;
- формируется высокоэффективная система медико-профилактического обслуживания работников;
- проводятся аудиты безопасности, оценка рисков на рабочих местах;
- формируется культура безопасности, что ведет к устойчивому развитию предприятий.

В силу вышесказанного делаем вывод – необходимо лишить работающего возможности делать выбор между опасным и безопасным способом деятельности, применить меры организационного и технического характера, усилить контроль за соблюдением правил охраны труда, поставить на должный уровень идеологическую и воспитательную работу, чтобы устранить текучесть кадров. Уменьшение стресса и безопасность на производстве прямо пропорциональны развитию энергетического потенциала трудового коллектива. Ведь кадры решают не только все, они решают ВСЕ.

*Список используемых источников*

1. Журнал «Охрана труда и социальная защита» №8, август 2013 г., изд. Минск.

**Урецкий Е.А., Гуринович А.Д., Мороз В.В.**

### **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ОТСТОЙНИКОВ, ПУТЁМ ДОБАВЛЕНИЯ В НИХ ЗЕРНИСТЫХ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ПОЛОЧНЫХ МОДУЛЕЙ**

*Член-корреспондент Белорусской Инженерной Технологической Академии;  
Белорусский национальный технический университет, доктор технических наук, профессор;*

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

Повторное использование промышленных сточных вод невозможно без тщательного их осветления на высокопроизводительных сооружениях.

Высокая эффективность осветлительных устройств особенно важна при внедрении малозатратной энергосберегающей технологии очистки стоков, загрязнённых ЛКМ, в рамках очистных сооружений реагентного типа. Это продиктовано тем, что основная масса лакокрасочных материалов (ЛКМ) адсорбирована оксигидратным коллектором, который осаждается в осветлителях, а

также из-за жёстких требований контролирующих организаций к токсичной органике, присутствующей в сточных водах на выпуске в городскую канализацию.

Московским государственным проектно-конструкторским институтом была разработана типовая очистная установка производительностью до  $100\text{ м}^3/\text{час}$ . Эти очистные сооружения в 70-х 90-х были внедрены более чем на 100 предприятиях оборонного комплекса страны, в том числе и на БЭМЗ. На всех этих очистных сооружениях в качестве осветлителей МГПИ закладывали вертикальные отстойники. Такие подходы объяснялись тем, что внедрённые и опробованные до этого в реальных условиях полочные отстойники, работали нестабильно и обеспечивали сравнительно невысокий эффект осветления.

Согласно [1] главная причина заключалась в том, что концентрация взвеси, её состав и свойства на предприятиях приборостроения и машиностроения меняются непрерывно. Это противоречило основному принципу конструирования и расчёта геометрических размеров полочных отстойников: постоянство нагрузки, начальной и конечной концентрации взвеси, её дисперсности и плотности. Кроме того, в реальных стоках масса частиц гидравлической крупности менее  $0,05\text{ см/с}$  составляет более 80%. Использованные в проектах конструкции полочных отстойников рассчитывались на более благоприятные для работы условия - крупнодисперсную взвесь с высокой плотностью. Не менее важным следует считать более высокий удельный объём гидроокисного осадка (10-15 %) и сравнительно низкую концентрацию твёрдой фазы (4-5 г/л). В настоящее время на очистных сооружениях БЭМЗ эксплуатируются два стандартных вертикальных отстойника, объём каждого из них –  $295,00\text{ м}^3$  (объём цилиндрической части –  $203,50\text{ м}^3$ ). Схема отстойника приведена на рисунке 1.

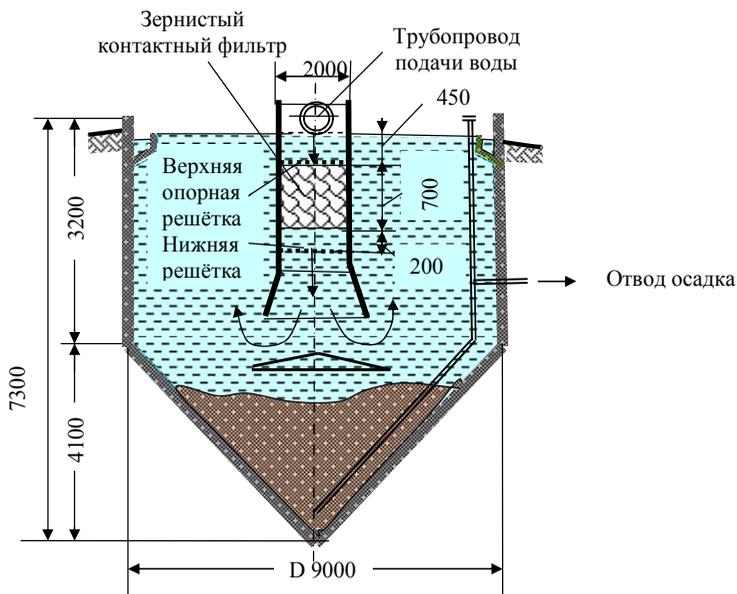


Рис. 1. Схема размещения зернистого хлопьеобразователя в вертикальном отстойнике БЭМЗ восходящим модулем

Для повышения эффективности отстаивания эксплуатационной было предложено в центральной трубе вертикального отстойника разместить камеру

хлопьеобразования. Загрузка этого зернистого контактного фильтра (ЗКФ) осуществлена кусками вспененного полистирола крупностью 40-60 мм слоем 700 мм и размещена под металлической решёткой, установленной на глубине 450 мм ниже переливной кромки осветлённой воды. На расстоянии 200 мм под нижней кромкой вспененного полистирола установлена другая решётка, предотвращающая падение загрузки при опорожнении отстойника.

Совместно с лабораторией базового предприятия были проведены соответствующие исследования. Наблюдения и исследования показали, что эффективность задержания взвеси после установки ЗКФ достигла 75-80%, против 50-60% без него. Как известно, стандартные вертикальные отстойники в условиях непостоянного расхода показали низкий эффект осветления и даже периодический вынос накопившегося ранее осадка. Для устранения этих недостатков предприятию было предложена дальнейшая реконструкция этих отстойников путём добавления в них сборных полочных модулей и выходной камеры хлопьеобразования.

Схема переоборудования существующих вертикальных отстойников с нисходящим и восходящим движением воды, полочным восходящим модулем и зернистыми хлопьеобразователями приведена на рисунке 2. Реконструкции этих отстойников предшествовала научно-исследовательская работа [2] проведённая на базовом предприятии.

Исследование проводилось на полупроизводственной линии с использованием промышленных аппаратов и полупроизводственных нестандартных установок для компоновки схемы доочистки. Эта линия была разработана и смонтирована на очистных сооружениях базового объекта. Она состоит из полупроизводственных установок 1 и 2 ступеней (полочный отстойник и фильтр) для глубокого осветления стоков и промышленных аппаратов для обессоливания методами электролиза и ионообмена. Линия была оборудована необходимыми промежуточными ёмкостями для накопления стоков и насосами для перекачки их как внутри линии, так и в систему технического водоснабжения предприятия.

Исследования велись только на натурном стоке. Отбор проб для определения содержащихся в воде основных лимитированных показателей проводился на всех стадиях обработки стоков. Для определения использовались стандартные методики. Серии «сквозных» экспериментов чередовались с отработкой параметров отдельных её элементов.

Перед седиментацией для накопления и укрупнения хлопьев использован зернистый слой, как перед полочными модулями, так и после них. Как известно, при движении суспензий в зернистой среде происходят процессы коагуляции пор загрузки. Расчёты показывают, что для агрегатов взвеси 1 мм скорость фильтрования более 6 м/ч, диаметр горловин поровых каналов не менее 10 мм (что соответствует размерам зёрен 40-60 мм). Простая форма зёрен и их гладкая поверхность гарантирует отрыв и выход в зону седиментации достаточно крупных агрегатов. Массовому отрыву и выносу созревших хлопьев предшествует стадия «насыщения» фильтра, которая тем продолжительнее, чем больше длина (высота) зернистого слоя и больше период «старения» осадка [2].

Исследования на реальном стоке базового предприятия подтвердили все эти положения. Вместе с тем установлено, что часть дисперсной взвеси (в основном микрохлопья гидроокиси меди) не участвует в процессе хлопьеобразования на ультракрупнозернистой загрузке. Поэтому КЗХО из гранул вспененного полистирола диаметром 1-3 мм, установленный на выходе из тонкослойного модуля, обеспечил укрупнение хлопьев гидроокиси меди при ограниченной длине зернистого слоя.

Таким образом, показана принципиальная возможность избирательного хлопьеобразования и накопления осадка с преобладающим содержанием металлов.

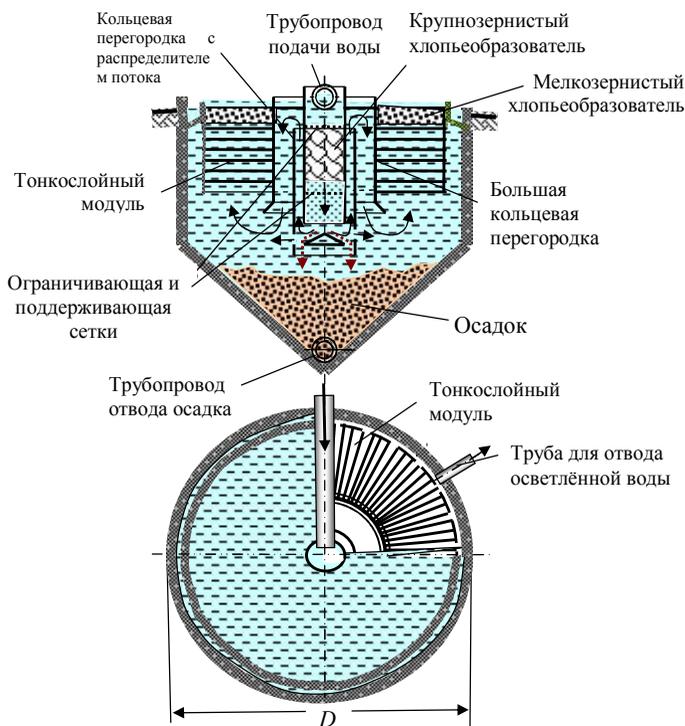


Рисунок 2. Схема переоборудования вертикального отстойника с нисходящим и восходящим движением воды полочным восходящим модулем и зернистым хлопьеобразователем

Важной особенностью КЗХО является его низкая чувствительность к колебаниям концентрации взвеси и к изменениям скорости движения системы в пористой среде (разумеется, в известных пределах). Это позволяет существенно улучшить осветление стоков при колеблющемся расходе и изменяющемся их составе в высокопроизводительных осветлительных устройствах [2].

Опытный отстойник содержал две камеры хлопьеобразования – входную и выходную, а также тонкослойный модуль. Входная камера, размещалась в вертикальной трубе и была загружена кубиками вспененного полистирола, размерами 40-60 мм, выходная – зёрнами гранулированного полистирола диаметром 2-5 мм. Общая площадь опытного отстойника 0,54 м<sup>2</sup>.

Были исследованы различные режимы работы отстойника при различных нагрузках на аппарат от 2 до 8 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>/ч.

1. Нисходяще-восходящий модуль.
2. Нисходяще-восходящий модуль с ПАА.
3. Нисходяще-восходящий модуль с КЗХО.

Первые два режима показали разброс данных по эффекту осветления на 30 %.

Третий режим отличался сравнительно небольшим разбросом даже при много большем наборе данных.

Средние показатели качества отстоя приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели работы модуля

Показатели	Взвешенные вещества, мг/л	Железо общее, мг/л	Хром, мг/л	Медь, мг/л	pH
Осреднённое значение на выходе	30,0	1,5	0,1	2,6	9,3

При среднем расходе стоков до  $2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , удельный объем осадка составлял 3% при средней влажности осадка – 92%.

Помимо этого производились параллельные наблюдения за работой модуля и производственного вертикального отстойника, были организованы замеры скорости отстаивания, определялось содержание взвешенных веществ на выходе, содержание железа общего на входе и выходе, подсчитан эффект осветления по железу. Замеры и отбор проводились в дневную и вечернюю смены. Всего проведено 7 циклов наблюдений в разные дни недели месяца. Два цикла совпали с периодом работы вакуум-фильтров, сопровождавшимися выносом взвеси из вертикальных отстойников. Качество отстоя после модуля при этом оставалось в пределах средних значений. В отдельные часы скорость движения воды в вертикальном отстойнике менялась от 0,015 до 0,45 см/с. Скорость в модуле колебалась между 0,06 и 0,09 см/с (рисунок 3). Качество воды на выходе из отстойника иногда приближалось к качеству отстоя после модуля. Средние результаты 5 циклов приведены в таблице 2.

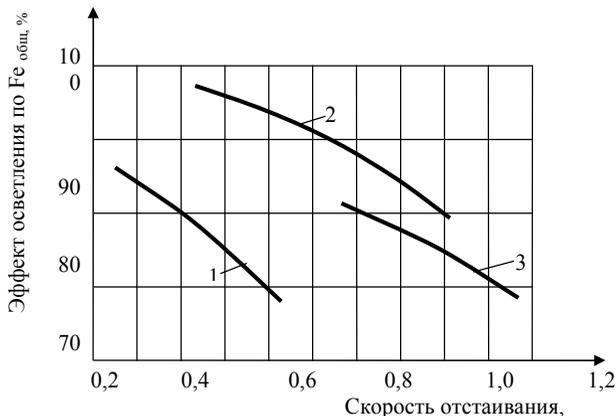


Рисунок 3. Влияние скорости отстаивания на эффект осветления [2]

- 1 – полочный отстойник без КЗХО;
- 2 – полочный отстойник с КЗХО;
- 3 – полочный отстойник без КЗХО с использованием ПАА

Данные таблицы свидетельствуют о том, что даже при скорости отстаивания, втрое превышающей скорости в вертикальном отстойнике, эффект осветления полочного отстойника остаётся вдвое выше. Сравнение явно в пользу тонкослойного отстаивания с предварительным контактным хлопьеобразователем.

Таким образом, применение полочных отстойников с нисходящим модулем и камерами КЗХО позволяет резко интенсифицировать процессы осветления и

существенно повысит качество очищенной воды. Вместе с тем, эксплуатация их по сложности приближается к обслуживанию механических фильтров, что и следует отмечать в проектах.

Таблица 2 Сравнение работы полочного и вертикального отстойников

Показатели работы	Скорость потока, см/с	Взвешенные вещества, мг/л	Железо общее, мг/л, эффективность, %
Осреднённое значение полочного/вертик. отстойников	0,08/0,024	32,3/201	1,63/11,5 91/38

При реконструкции вертикального отстойника он дополнительно оборудуется малой кольцевой перегородкой, установленной коаксиально с центральной трубой, большой кольцевой перегородкой, придающей движению потока нисходяще-восходящий характер.

Пространство между последней внутренней стенкой отстойника заполняется сборными тонкослойными модулями. Центральная труба оборудуется зернистым хлопьеобразователем. Как и в первом случае, загрузка этого зернистого контактного фильтра (ЗКФ) осуществлена кусками вспененного полистирола крупностью 40-60 мм слоем 700 мм и размещена под металлической решёткой, установленной на глубине 450 мм ниже переливной кромки осветлённой воды нижней кромкой вспененного полистирола установлена другая решётка, предотвращающая падение загрузки при опорожнении отстойника. Помимо этого для повышения эффективности отстаивания дополнительно на выходе осветлённой жидкости из полочного модуля устанавливается КЗХО из гранул вспененного полистирола диаметром 1 - 3 мм. Толщина слоя этого КЗХО 200 мм. Расстояние между мелкозернистой загрузкой и верхним уровне полок – 100 мм, между переливной кромкой и верхним слоем мелкозернистой загрузки – 80 мм.

Устройство работает следующим образом. Сточную воду, прошедшую реагентную обработку и нейтрализацию, содержащую взвешенные частицы различных гидроксидов тяжёлых металлов (Cu, Zn, Cr, Fe) и адсорбированную на них органику, подают в центральную трубу. В центральной трубе установлен крупнозернистый хлопьеобразователь, загрузка которого выполнена из кусков пенополистирола, ограниченная сверху и снизу металлическими сетками. Проходя через загрузку, сточная вода равномерно распределяется по площади центральной трубы, где и начинается процесс хлопьеобразования взвешенных частиц, а за тем направляется к струеотражающему конусу.

В периоды снижения расхода, неосветлённая жидкость через щель между конусным струеотражателем, кольцевой перегородкой и тарировочные отверстия перетекает в пространство, заполненное тонкослойными модулями, которые могут быть выполнены из различных материалов: от металла и пластмасс до гибкой плёнки. Площадь тарировочных отверстий рассчитана на пропуск сточной жидкости только при пониженных расходах.

В периоды значительного повышения расходов, часть сточной жидкости не прошедшая напрямую в пространство, заполненное тонкослойными модулями через щель между конусным струеотражателем, кольцевой перегородкой и тарировочными отверстиями, поднимается вверх по зазору между центральной трубой и малой кольцевой перегородкой с кольцевым козырьком-распределителем и тарировочными отверстиями в нижней части. После этого часть потока перетекает в пространство, ограниченное большой кольцевой перегородкой и малой кольцевой перегородкой. В этом пространстве по площади в 2-3 раза большем, чем между центральной трубой и малой кольцевой перегородкой нисходящая скорость потока падает, способствуя

осаждению частиц взвеси средней крупности. За тем вода проходит сквозь слой мелкозернистой загрузки, где задерживается взвесь малой гидравлической крупности.

Предлагаемая реконструкция существующего вертикального отстойника позволяет повысить эффект осветления до 95% и существенно снизить опасность выноса осадка, что проверенно на смонтированной на БЭМЗ пилотной установке.

#### *Вывод*

1. Проведенное на базовом предприятии совершенствование вертикальных отстойников, путём внедрения низкзатратного технического решения (установка зернистого контактного фильтра), позволило повысить эффективность осветления до 75-80%, против 50-60% до этого. Соответственно уменьшен вынос адсорбированных на взвеси лакокорасочных материалов.

2. Дальнейшая реконструкция вертикальных отстойников по предложению авторов, путём оборудования их полочными вставками, позволит повысить их эффективность до 95%. При этом будут резко сокращены затраты на доочистку стоков с последующим возвратом их на повторное использование для ответственных технологических операций.

#### *Список используемых источников*

1. Е.А. Урецкий. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий: Монография. – Брест. изд-во БрГТУ, 2008, - 320 стр. с ил.
2. НИР “Очистка” Подготовка воды для повторного использования в системе водоснабжения, МГПИ, Брест 1995 г.
3. Гогина Е.С, Гуринович А.Д., Урецкий Е.А.. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения. Издательство ассоциации строительных ВУЗов. М. - 2012.

**Дроневиц А.Ю., Пойта П.С., Шведовский П.В.**

### **ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ПРОЕКТНОГО ВАРИАНТА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра геотехники и транспортных коммуникаций*

На процесс принятия проектного решения по свайным фундаментам оказывает влияние множество факторов: инженерно-геологические и гидрогеологические условия стройплощадки; конструктивная схема здания; строительные, заводские, технологические и временные ограничения (несовершенство оборудования и механизмов, стесненность условий, отсутствие специальных материалов и изделий, срок строительства и т.д.). Поэтому выбор оптимальных, с точки зрения энергетической эффективности, конструктивных (КР) и организационно-технологических (ОТР) решений представляет собой сложную инженерную задачу, требующую реализации принципов комплексности и системности подходов к оценке возможных вариантов [1, с. 36; 3, с. 25].

Оптимальный вариант КР и ОТР должен характеризоваться определенной системой критериев, базирующихся на совокупности внешних (техничко-

эксплуатационных и технико-экономических), внутренних (технологических, конструктивных и организационных) и дополнительных (экологических и др.) параметров и показателей [5, с. 94].

Следует отметить, что традиционные методы решения однокритериальных задач, реализующие оптимизацию одного-двух, реже трех параметров, при введении ограничений на все другие, а также принятие альтернативных КР и ОТР только по экономическим показателям не всегда правомерно, так как стоимостная оценка нелинейна с точки зрения полезности и качества технического решения.

Наиболее целесообразно при оценке энергетической эффективности КР и ОТР использование многофакторного моделирования, с моделью в виде функции:

$$k_{ki} = f_{ki}(k_{a1}, k_{a2}, \dots, k_{aj}, \dots, k_{an}), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $k_{aj}$ ,  $k_{ki}$  – показатели, характеризующие определенное свойство (особенность) соответственно конструктивного и организационно-технологического решения, а также наличие прямых и обратных связей и взаимосвязь технологических и конструктивных параметров [6, с. 98].

Так как выбор решения необходимо осуществлять на базе «наибольшей предпочтительности», т.е. оптимизации на совокупность показателей эффективности, то собственно решение представимо в виде следующих частных задач:

- разработка способов представления вариантов, удобных для полного их перебора из исходного множества и полного набора показателей эффективности, которые должны учитываться при оценке каждого варианта, а также шкалы и процедуры оценок по каждому показателю эффективности;

- разработка процедуры, позволяющей выделить из исходного множества вариантов (альтернатив) подмножество наиболее предпочтительных вариантов и на их основе построить ряд предпочтительности альтернатив.

Отсюда задачу многокритериального выбора можно сформулировать следующим образом. Если  $a$  – решение (вариант, альтернатива) из множества допустимых решений  $A$ , при этом качество решения оценивается локальными критериями (показателями эффективности)  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , составляющими вектор  $x = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$ , связанный с отображением решений  $a \rightarrow x = \varphi(a)$ , заданных аналитически, статистически или эвристически, а относительная важность предпочтительных показателей эффективности (ППЭ) (локальных критериев) задана вектором приоритетов  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ , где  $\lambda_j \in [1, \infty]$  – транзитивная бинарная связь критериев  $j$  и  $j+1$ , т.е. для всех элементов  $a_1, a_2, a_3 \in A$  действительно условие  $a_1 Ra_2, a_2 Ra_3 \Rightarrow a_1 Ra_3$ , то искомое решение  $A^o$  должно удовлетворять двум условиям – должно быть допустимо (принадлежать множеству допустимых решений  $\bar{A}$ ) и быть наилучшим, т.е. должно оптимизировать вектор  $x$  с учетом приоритетов ППЭ  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$  и может быть записано в следующем виде:

$$A^o = \varphi^{-1}[\underset{a \in A}{opt}(x(a), \lambda)]. \quad (2)$$

В случае, неединственности решения, целесообразно выделять подмножество решений  $A^o$  с моделью вида:

$$A^o = \{a^o\} = \bigcup_{a \in A} \varphi^{-1}[\underset{a \in A}{opt}(x(a), \lambda)], \quad (3)$$

где  $opt$  – оператор многоцелевого выбора;  $\varphi^{-1}$  – обратное отображение  $x \rightarrow a = \varphi^{-1}(x)$ .

Схема реализации этих задач и выбора альтернативных вариантов, а в конечном итоге и проектных вариантов, представлена на рисунке 1.

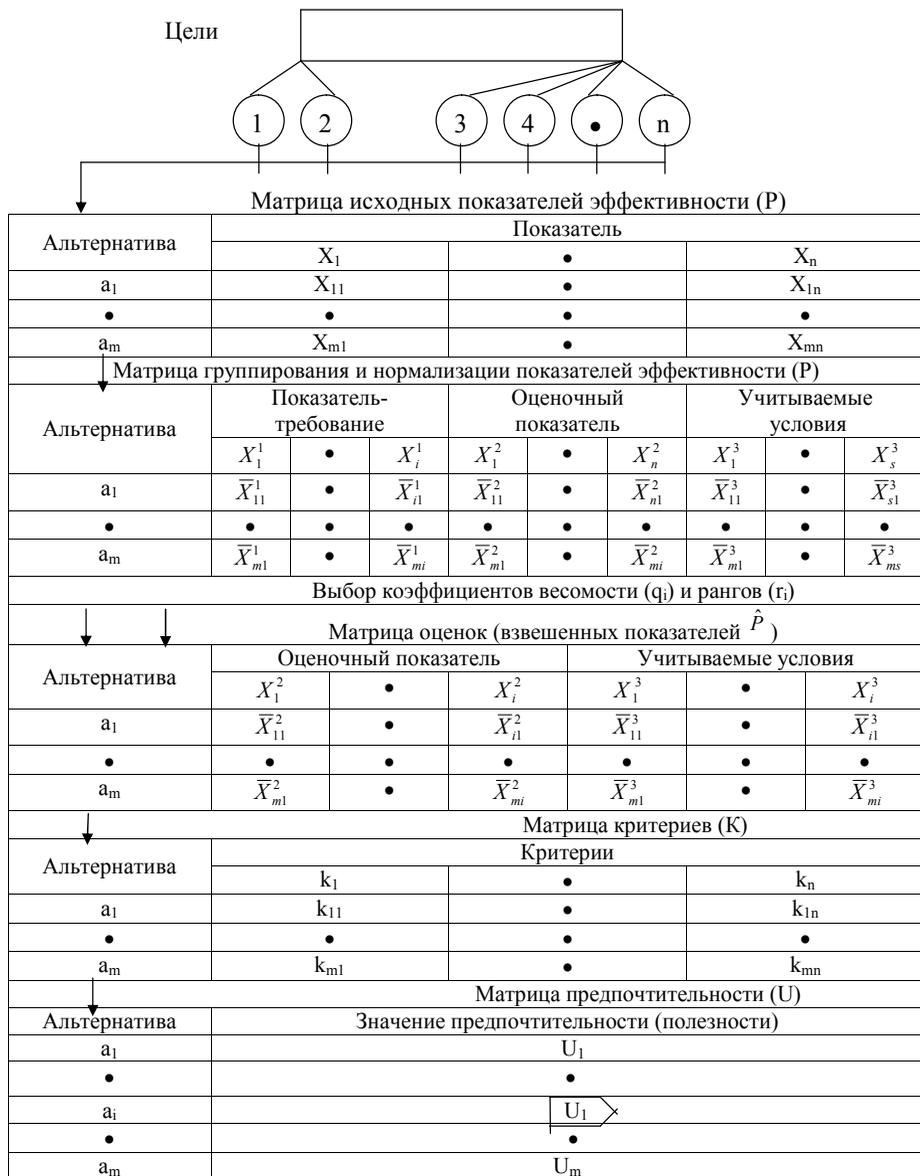


Рисунок 1 – Логическая схема реализации задачи по выбору оптимального варианта конструктивно-технологических решений по устройству свайного фундамента

Анализ схемы показывает, что выбор оптимального решения осуществляется в конечном итоге по группе критериев эффективности  $K_{ij}$  и предпочтительности  $u_i$

(экономической, эколого-социальной, технолого-конструктивной и др.), при этом необходима последовательная или выборочная реализация следующих целевых групп: многоцелевой выбор из множества целей; оптимизация на множестве условий; оптимизация в динамике, на множестве этапов и множестве вариантов; многовекторная оптимизация [2, с. 163; 5, с. 74].

Следует отметить, что реализация многокритериального выбора, требует также и четкого определения области компромисса, нормализации и учета приоритетности решений. Область компромисса, с практической точки зрения, должна определяться как подмножество решений, для которых невозможно улучшение без уменьшения уровня хотя бы одного показателя эффективности.

Выбор области компромисса может быть осуществлен двумя методами: исключением области согласия  $A^s$  из области возможных решений  $A^o = A \setminus A^s$ ; выделением области компромисса на основе ее собственных свойств  $(a, x) \rightarrow A^o$ . Второй метод более приемлем, так как необходимо выполнение только одной операции. Кроме того элементы области  $A^o$  определить значительно легче, нежели элементы области  $A^s$ , так как  $A^s \geq A^o$ .

Определение области компромисса наиболее целесообразно осуществлять с помощью метода направленного или адаптированного поиска, аппроксимации или с использованием алгоритмов оценки доминирования, что позволяет значительно сузить область нахождения оптимальных решений.

В настоящее время при обосновании проектных решений очень редко реализуют принцип «справедливого» компромисса, основанного на абсолютной или относительной уступках. Принципы абсолютной и относительной справедливой уступки можно описать следующими моделями –

$$opt x \equiv \left\{ x / \sum_{j \in J^+} \Delta x_j \geq \sum_{j \in J^-} \Delta x_j \right\} \cap X^o; \quad opt x \equiv \left\{ x / \sum_{j \in J^+} \varphi_j \geq \sum_{j \in J^-} x_j \right\} \cap X^o, \quad (4)$$

где  $\varphi$  – модуль относительного изменения – «цена уступки»;  $J^+$  – подмножество возрастающих локальных ППЭ ( $\Delta x_j > 0$ );  $J^-$  – подмножество уменьшающихся локальных ППЭ ( $\Delta x_j < 0$ );  $\Delta x_j$  – абсолютная величина прироста или снижения ( $J^+ \cup J^- = J$ ).

Данные модели реализуют следующий принцип компромисса: «справедливым» считается такой компромисс, когда суммарный уровень снижения одного или нескольких ПЭ не выше, чем суммарный уровень прироста других ППЭ.

В качестве же параметров предпочтительности наиболее целесообразно оперировать рядом предпочтительности  $\bar{X}_i$  и векторами приоритетов  $\lambda_i$  и значимости  $q_i$ , определяемыми методом последовательной оптимизации.

При этом ряд предпочтительности  $\bar{X}_i$  определяет упорядоченное множество локальных критериев  $\bar{X}_i = \{1, 2, \dots, n\}$ , т.е.  $\{\bar{x}\} = \{x_1 > x_2 > \dots > x_n\}$ , вектор приоритета  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$  показывает степень совпадения двух рядом стоящих в ряду предпочтительности ПЭ, по значимости, а вектор значимости  $q_j$  – значимость  $j$ -го ПЭ по сравнению с другими ПЭ, который может быть задан как точно (принцип строгого приоритета), так и приближенно в виде определенной области (принцип гибкого приоритета).

#### Выводы

1. Так как эффективность проектного решения по свайным фундаментам определяется стоимостными, временными, ресурсными и эксплуатационными

показателями, т. е. очень большой группой возможных альтернатив, то для выбора оптимального ресурсосберегающего организационно-технологического варианта свайного фундамента целесообразно использовать предложенную многокритериальную оценку, базирующуюся на многофакторном моделировании.

2. Задачу оптимизации необходимо решать на базе «наибольшей предпочтительности» с выбором проектного решения на любом уровне: очень осторожном, среднечисленном, рисковом и с использованием самых современных математических методов (вероятностных, игровых, смешанных, стратегических).

*Список используемых источников*

1. Бабичев, З.В. Совершенствование методов проектирования свайных фундаментов в промышленном и гражданском строительстве / З.В.Бабичев, Г.С.Колесник, И.Б.Рыжков // Обзорн. инф. – М: ЦБНТИ, 1976. – 94 с.
2. Кречин, А.С. Ресурсосберегающие фундаменты на сельских стройках / П.В.Шведовский, В.П.Чернюк // Кишинев, Картя Молдовеняскэ, 1990–245 с.
3. Пойта, П.С. Эффективные конструкции свайных фундаментов в инженерно-геологических условиях Беларуси / П.С.Пойта, П.В.Шведовский // Вестник БрГТУ. – Строительство и архитектура, № 1, 2008. – С. 24-25.
4. Рекомендации по рациональной области применения в строительстве свай различных видов. НИИпроект, М, Стройиздат, 1996. – 84 с.
5. Шведовский, П.В. Выбор оптимальных решений в строительстве / П.В.Шведовский, А.Г.Мальцев, Л.К.Вайнгарт, Н.И.Мальцева // ЦНИИЭПсельстрой. М. – Ярославль, 1990. – 309 с.
6. Ekstrom J.A. A field study of model pile behaviour in non-cohesive soils. Ph. D/ – Chalmers University of Technology, 1989, – 311 pp.

**Шляхова Е.И.**

### **БАЗАЛЬТОВАЯ ФИБРА В БЕТОНЕ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра технологии строительного производства*

Энергосбережение и экономичность – понятия, которые сегодня часто приходится слышать в самых различных сферах человеческой деятельности. Без их учета немислим успех производства любой продукции и в частности, строительной. Для повышения показателей прочности изделия из бетона традиционно армируют непрерывной волокнистой арматурой, используя для этого стекловолокно, полимеры и металл. Несмотря на свои очевидные преимущества, подобные армирующие материалы имеют ряд существенных недостатков. Стекловолокно недостаточно устойчиво к химическим реакциям, происходящим в бетонной смеси, полипропиленовый материал сравнительно дорог, а стальная арматура обладает повышенной нормой расхода. Современная стекловолокнистая фибра имеет такие недостатки, как подверженность к деформации при слабом растяжении, боязнь огня и высоких температур, быстрый износ и утрата своих оптимальных свойств со временем эксплуатации.

С целью сохранения прочностных характеристик строительного камня необходимо производить армирование с использованием базальтовой фибры, которая

полностью лишена всех перечисленных недостатков армирующих материалов.

Использование базальтовых волокон решает проблему энерго- и ресурсосбережения за счет повышения теплозащитных функций в совокупности с обеспечением требуемой долговечности.

Базальтовая фибра – это короткие отрезки базальтового волокна, полученные из расплава горных пород типа базальта при температуре выше 1400°C, имеет хорошие показатели по химической стойкости. Волокна диаметром 16-18 мкм имеют 100 % стойкость к воде, 96 % к щелочи, 94 % к кислоте. Модуль упругости волокна находится в пределах от 7 до 60 ГПа, прочность на растяжение от 600 до 3500 МПа [1]. Основные преимущества базальтовой фибры в бетоне: трещиностойкость (количество усадочных трещин снижается до 90 %), повышение ударной прочности до 500 %, водонепроницаемости до 50 %, прочности бетона при растяжении до 30 %, морозостойкость до 500 циклов, высокая коррозионная стойкость. Фибра вводится в бетон на стадии производства бетонной смеси, выполняя функции армирующего компонента, происходит совместимость со всеми типами химических добавок и быстрое распределение волокон по всему объему смеси без комкования [2].

Отличие базальтовой фибры от металлической состоит в том, что базальтовая фибра не имеет в изделиях негативного катодного эффекта, также она не подвержена какой-либо коррозии. По объему одна металлическая фибра диаметром 1 мм соответствует более чем 600 базальтовых фибр, при этом площадь поверхности у базальтовой фибры больше в 25 раз. Удельный вес металлической фибры 7,8 т/м<sup>3</sup>, а базальтовой -2,8 т/м<sup>3</sup>. Это значит, что по массе фибры требуется в 2,7 раза меньше и изделие на основе базальтового волокна легче. Изделия на основе базальтового волокна радиопрозрачны и не имеют эффекта трансформатора. Металлическую фибру выпускают разной конфигурации: волнистую, с расплюснутыми и загнутыми концами для увеличения анкерности, в связи со слабой адгезией металла и цементной матрицы. Базальтовая фибра в изделиях имеет высокую адгезию с цементным камнем, и ей не требуется дополнительных изменений конфигурации волокна. Цементный камень и базальтовая фибра имеют один коэффициент температурного расширения, в отличие от фибры металлической. Дисперсионное армирование базальтовой фиброй повышает пластичность бетонной массы и уменьшает образование усадочных трещин [1].

Структура бетона при использовании базальтовых волокон приближается к структуре с арматурой со стальных сеток. Однако бетон, армированный базальтовой фиброй, имеет более высокую прочность, потому что армирующее его базальтовое волокно имеет более высокую степень дисперсности в армируемом камне, а само волокно имеет более высокую прочность чем стальная сетка. Базальтобетонные конструкции могут выдерживать большие напряженные деформации, благодаря тому что само волокно при растяжении пластических деформаций не имеет, а по упругости превосходит сталь [3]. Плотность базальтовых волокон при прочих сопоставимых характеристиках со стальным волокном, в 3 раза меньше. Это облегчает конструкции из базальтофибробетона, уменьшает общий вес зданий и расходы на их возведение в целом. Благодаря толщине волокон 10-12 мкм, что меньше минимально возможного диаметра стального волокна на порядок, поверхность сцепления с цементной матрицей может доходить до 100000 м<sup>2</sup>/кг, в зависимости от дозировки волокна в цементной системе.

Добавление базальтовой фибры в бетон позволяет использовать его в новых областях строительства, повысить его прочностные характеристики и значительно уменьшить вес конструкции, решает вопрос экономии сырья, энергетических и

трудовых ресурсов при производстве изделий.

Выделяют основные сферы применения бетонов, армированных базальтовой фиброй:

- гидротехнические сооружения;
- сооружения, работающие в агрессивных средах;
- строительство в сейсмоопасных регионах;
- автодороги с интенсивным движением;
- мосты;
- атомные станции и хранилища радиоактивных отходов;
- наливные полы, бетонные трубы и др [4].

Таким образом, армированные базальтовой фиброй, бетоны могут обеспечить получение положительного экономического эффекта от применения во многих областях промышленного и гражданского строительства.

*Список используемых источников*

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Базальтовая\\_фибра](https://ru.wikipedia.org/wiki/Базальтовая_фибра).
2. Базальтофибробетон – технология будущего/ Г.М. Кондрашов, Б.М. Гольдштейн.
3. Бетоны армированные базальтовыми волокнами/Новицкий А.Г.
4. Аспекты применения базальтовой фибры для армирования бетонов/Новицкий А.Г., Ефремов М.В. //Сборник Строительные материалы, изделия и санитарная техника.-2010, № 36.

**Житенев Б.Н., Сук Е.В., Таратенкова М.А.**

## **ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ НА ОБОРУДОВАНИЕ ТЭС, АЭС И ТЭЦ**

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

Производство электрической и тепловой энергии на современных ТЭС и АЭС сопровождается большим потреблением природной воды и сбросом сточных вод.

Оборудование современных ТЭС и АЭС эксплуатируются при высоких тепловых нагрузках, что требует жесткого ограничения толщины отложений на поверхностях нагрева по условиям температурного режима их металла в течение рабочей кампании. Такие отложения образуются из примесей, поступающих в циклы энергостанций, в том числе и с добавочной водой, поэтому обеспечение высокого качества водных теплоносителей ТЭС и АЭС является важнейшей задачей [2].

Для удовлетворения требований к качеству воды, потребляемой при выработке электрической и тепловой энергии, возникает необходимость ее обработки специальными физико-химическими методами.

Загрязнение поверхностных вод органическими веществами природного происхождения (гуминовыми и фульвовыми кислотами и их солями) и органическими соединениями, поступающими в водоемы с неочищенными бытовыми, производственными сточными водами, связано с возникновением ряда проблем. Во-первых, органические вещества не полностью удаляются в системах водоподготовки и поступают с добавочной водой в пароводяной тракт, где их

присутствие вызывает коррозионное повреждение оборудования ТЭС. Во-вторых, аниониты, используемые в схемах ВПУ, подвергаются постепенному необратимому загрязнению органикой с большой молекулярной массой, что приводит к снижению рабочей обменной емкости анионитов, увеличению расхода реагентов и воды на собственные нужды, повышению солесодержания обессоленной воды [6].

В значительной мере, от чистоты воды и водяного пара зависит эксплуатационная надежность и экономичность работы оборудования АЭС, ТЭС и ТЭЦ. По данным исследований оказалось, что причиной повреждения оборудования являются продукты термоллиза органических веществ, попадающих в пароводяной цикл с обессоленной водой [1, 3, 4]. В котлах высокого давления они превращаются в коррозионноопасные кислые продукты [1, 3]. Наличие «кислой органики» в паре даже в малых количествах (<1 мг/кг) способно вызывать серьезные повреждения лопаток турбины, так как эти вещества проникают в трещины и щели на поверхности металла [3].

Из выше изложенного следует, что глубокое удаление органических загрязнений позволит повысить безопасность, надежность работы оборудования АЭС, обеспечит проектный срок службы.

#### *Список использованных источников*

1. Гончарук В.В., Страхов Б.Э., Волошинова А.М. и др. Эксплуатационная надежность оборудования электростанций в зависимости от органических примесей в технологических водных ресурсах: Химия и технология воды – 1996 – Т.18, №12 – с 162.
2. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. М.: ЗАО «Издательский дом МЭИ», 2006 – 309 с.
3. Мартынов О.И. Оптимизация водного режима и химического контроля на электростанциях США: Теплоэнергетика – 1987 - №12 с.69-72.
4. Федосеев Б.С. Влияние качества исходной воды ХВО на тепловой режим ТЭС: Теплоэнергетика – 1987 – №9 – с.41-44
5. Ходырев Б.Н., Федосеев Б.С., Панченко В.В. и др. О критериях выбора типа ВПУ для обессоливания воды, содержащей органические вещества: Энергетик – 1992 – №12 – с.15-19.
6. Чиж В.А. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС: учеб.пособие / В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий., А.В. Нерезько. – Минск: Выш.шк., 2010 – 351с.

**Овсяник А.В.**

### **О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ КОТЛОВ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ НЕБОЛЬШИХ ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ЗДАНИЙ**

*Брестский государственный технический университет*

В настоящее время существует проблема отопления временных бытовых помещений на строительных площадках. Дело в том, что в большинстве случаев отопление таких помещений производится с помощью обыкновенных “буржеек” на лесо- или горючесмазочных материалах в качестве топлива. Это дешевый вариант, но открытый огонь в помещении бытового назначения не совсем безопасно. Присмотр за

котлами такого типа должен быть постоянный, но не будет ведь руководитель нанимать на работу специально человека, который будет беречь огонь и днем и ночью. Как минимум это не целесообразно и не рентабельно. Даже если днем поочередно присматривать за огнем, то ночью этим не кому будет этим заниматься.

Такой способ отопления временных бытовых помещений так же обусловлен тем, что инженерные сети в временным зданиям и сооружениям проводить не рентабельно. Как правило, в помещениях такого типа присутствует только электричество, поэтому необходимо рассмотреть использование электрического отопления. Для того чтобы дать правильный ответ на вопрос о том, может ли электрическое отопление действительно быть экономически выгодным по сравнению с другими видами отопительного оборудования стоит проанализировать такой характерный показатель, как коэффициент полезного действия (КПД). Именно данный критерий ясно показывает, насколько рациональный является процесс трансформации затраченной электрической энергии в тепловую энергию. Обратите внимание, что установка электрического котла не требует выделения специального автономного помещения.

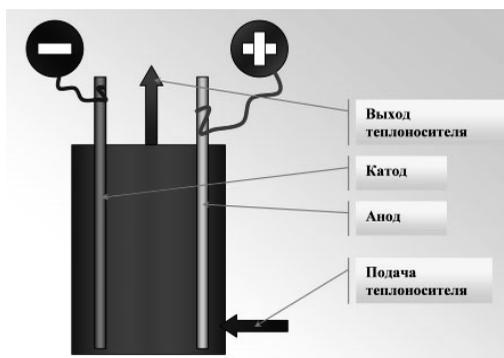


Рис. 1 – Принципиальная схема работы электродного электрического котла

В зависимости от способа нагрева теплоносителя котлы электрические отопительные подразделяются на 3 типа: тэновые, электродные, индукционные.

Между ними существуют определенные различия. К примеру, выделяют электродные настенные и напольные, однофазные (220 В) и трехфазные (380 В). Кроме того, выделяют электрические двухконтурные котлы и одноконтурные. Очень часто именно с помощью электрических отопительных котлов создаются системы горячего водоснабжения в отдельных помещениях или целых зданиях.

Электродный электрический котел отопления в своей конструкции вместо трубчатого нагревательного элемента имеет электрод, по сути, не являющийся нагревательным элементом. Его прямым предназначением является передача электричества воде, нагреваемой собственным сопротивлением в момент протекания по ней электрического тока. Молекулы воды расщепляются под воздействием тока на положительно и отрицательно заряженные частицы (ионы), которые движутся к электродам нужной полярности. В результате подобных процессов и происходит интенсивный нагрев теплоносителя.

Преимуществом котлов такого типа является то, что процесс направленного движения ионов не провоцирует отложение осадков на электродах, поскольку полярность электродов изменяется с частотой характерной этой сети, то есть 50 Гц.



Рис. 2 – Электродный котел.

Достоинства:

- Компактность – фактически незаметны в общей конструкции отопительной схемы.
- Плавность выхода на номинальную мощность.
- Относительно низкая стоимость.
- Безопасность в случае утечки воды из системы. В этой ситуации котел просто перестанет работать, при этом никакие опасные последствия не грозят.

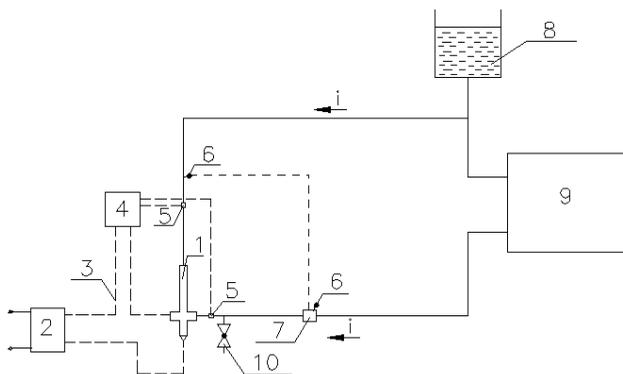


Рис. 2 – Схема экспериментального стенда

1 – электродный котел, 2 – электросчетчик, 3 – электрический провод, 4 – блок терморегулирования, 5 - датчик температуры в составе блока терморегулирования, 6 – датчик температуры в составе блока теплосчетчика, 7 – измерительный блок ультразвукового теплосчетчика со встроенным счетчиком воды, 8 – расширительный бак, 9 – отопительный прибор, 10 – спускной шаровый кран.

Недостатки:

- Обязательная водоподготовка. Эффективная работа котла возможна лишь при удельном сопротивлении воды определенных значений. Эти показатели самостоятельно измерить и привести в полное соответствие

нормам очень часто не представляется возможным.

- Нельзя использовать незамерзающую жидкость в качестве теплоносителя.
- Поддержание нормальной циркуляции воды. В случае ее снижения возможно закипание воды в котле, при увеличении сверх нормы – котел попросту не запустится.
- Необходимость в периодической замене электродов, поскольку они постепенно растворяются, что естественно отрицательно сказывается на эффективности работы котла.

Для изучения закономерностей работы электродного котла в системе с автоматическим регулированием необходимы исследования, которые предполагает проводить автор на экспериментальной установке, которая находится в лабораториях кафедры ТГВ БрГТУ. Она представляет собой модель системы водяного отопления с естественной циркуляцией с использованием в качестве источника тепловой энергии электродного котла.

*Список используемых источников*

1. Пырков В.В. Особенности современных систем водяного отопления. – Киев, 2003. – 176 с.

**Самосевич В.А.**

## **РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЕЛАРУСИ**

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

Развитие мировой экономики сопровождается устойчивым ростом потребления топливно-энергетических ресурсов, а к 2030 году прогнозируется их увеличение почти в два раза. Все это в перспективе обуславливает повышение цен на энергоносители. Республика Беларусь входит в группу стран, наиболее подверженных опасностям, исходящих из дефицита энергоресурсов: собственные источники энергии очень ограничены; высокая энергоемкая промышленность, составляющая основу белорусской экономики, климатические условия, требуют большего потребления энергии чем во многих других странах. С 2007 года Президентом Республики Беларусь и Советом Министров были утверждены ряд стратегических документов, которые определили политику и стратегию страны в области энергетики вплоть до 2020:

- Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь;
- Директива № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства»;
- «Целевая программа обеспечения в республике не менее 25% объема производства электрической и тепловой энергии страны с учетом происшедших изменений в мировой экономике и тенденций развития»;
- «Стратегия развития энергетического потенциала Республики Беларусь» (Утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 августа 2010 г. № 1180);

- Национальная программа «Развитие местных, возобновляемых и нетрадиционных энергоисточников на 2011-2015 годы».
- Государственная программа строительства энергоисточников на местных видах топлива в 2010-2015 годах, а так же программа строительства энергоисточников, работающих на биогазе на 2010-2015 годы,

Вышеназванные документы определяют действующую энергетическую стратегию, цели и планы национальных действий страны.

Стратегической целью развития топливно-энергетического комплекса является удовлетворение потребностей экономики населения страны в энергоносителях на основе их максимального эффективного использования при снижении нагрузки на окружающую среду. Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. модернизацию и развитие генерирующих источников энергосистемы, электрических и тепловых сетей путем внедрения высокоэффективного оборудования, применения современных передовых технологий с выводом из эксплуатации менее экономичного и устаревшего оборудования;
2. диверсификацию видов и поставщиков топливно-энергетических ресурсов при формировании топливно-энергетического баланса страны с увеличением объема их хранения;
3. максимально возможное, с учетом экономической и экологической целесообразности вовлечения в топливный баланс собственных энергетических ресурсов;
4. финансовое оздоровление энергоснабжающих организаций;
5. всемерное энергосбережение;
6. снижение энергоемкости экономики;
7. развитие атомной энергетики.

Критериями достижения поставленных задач станут:

- снижение доли доминирующего вида топлива (природного газа) валового потребления топливно-энергетических ресурсов до 52 % в 2030 году;
- уменьшение доли доминирующего поставщика энергоресурсов (России) в общем импорте топливно-энергетических ресурсов до 75 %;
- замещение в топливном балансе 5 млрд. куб. м импортируемого природного газа и снижение уровня выбросов парниковых газов на 7 – 10 млн. тонн в год после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС;
- повышение уровня энергетической самостоятельности страны (отношение объема производства (добычи) первичной энергии к валовому потреблению топливно-энергетических ресурсов) с 14,5 % в 2013 году до 18 % в 2030 году.

Основным документом, определяющим энергетическую политику страны, является Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь. В документе дается оценка уровня энергетической безопасности, уточнены и конкретизированы понятия «энергетическая безопасность» и «энергетическая независимость». Их предполагается рассматривать как сложную систему факторов, находящихся во взаимозависимости и подверженных дестабилизирующим воздействиям. Повысить уровень их устойчивости можно за счет реализации комплекса взаимоувязанных экономических, политических, организационных, социальных и экологических мероприятий.

Оценку уровня энергетической безопасности предложено осуществлять на базе индикаторов, количественно характеризующих ее состояние и степень угроз на основе:

- установления текущих и ожидаемых значений индикаторов;
- сопоставления их значений с пороговыми (предельно допустимыми) уровнями;
- определения качественного состояния энергетической безопасности, которое предполагается характеризовать как нормальное (Н), предкритическое (ПК), критическое (К).

При этом предусмотрено достичь для основного индикатора — энергоёмкости ВВП, а также еще шести показателей энергетической безопасности (таких как доля собственных энергоресурсов в балансе котельно-печного топлива (КПТ), доминирующего энергоресурса (газа) в производстве тепловой и электрической энергии, доминирующего поставщика энергоресурсов в потреблении валовых топливно-энергетических ресурсов, износ основных производственных фондов предприятий топливно-энергетического комплекса (ТЭК), обеспеченность емкостями для хранения запасов КПТ (по газу и мазуту), отношение инвестиций в предприятия ТЭК к стоимости их основных производственных фондов) такого уровня, который позволяет обеспечить переход из предкритической зоны (ПК) в нормальную (Н). То есть семь индикаторов перейдут в Н-зону.

Таким образом, к 2020 г. только два индикатора энергетической безопасности останутся в предкритической зоне — доля потребления моторного топлива за счет добычи нефти в стране и доля газа в потреблении КПТ.

При этом впервые использован новый показатель, имеющий определяющее значение для характеристики и контроля над процессом потребления энергоресурсов, — энергоёмкость ВВП, исчисляемая в килограммах условного топлива на доллар США по паритету покупательной способности (ППС).

В рамках реализации указанной Концепции в период до 2013 года реализованы следующие стратегические задачи:

- функционирование ТЭК обеспечило потребности страны в топливно-энергетических ресурсах;
- улучшены пороговые уровни индикаторов энергетической безопасности, существенно повышена надежность работы энергосистемы;
- значительно снижен износ основных производственных фондов – до 41% (с 60,7% в 2005 году);
- обеспечен ввод в эксплуатацию 1 242 МВт качественно новых, высокоэффективных генерирующих мощностей, сэкономлено около 2,64 млн. т.у.т.;
- удельный расход топлива на отпуск электрической энергии за 8 лет снижен с 274,6 г у.т./кВтч до 256,1 г у.т./ кВтч, на отпуск тепловой энергии на транспорт в электрических сетях с 11,25% в 2006 году до 9,89% в 2013 году, в тепловых сетях – с 9,91% до 9,41% соответственно.

На первом этапе до 2020 года приоритетными задачами являются:

- реконструкция и модернизация действующих и замена выбывающих мощностей с внедрением инновационных энергоэффективных технологий;
- завершение модернизации нефтеперерабатывающих заводов и увеличение производства светлых нефтепродуктов с высокой добавленной стоимостью;
- формирование оптового электроэнергетического рынка Республики Беларусь и его интеграция в общий электроэнергетический рынок государств – членов ЕАЭС.

В целях решения поставленных задач предусматривается:

- внедрение парогазовых газотурбинных и газопоршневых технологий для производства электрической и тепловой энергии с КПД не менее 57 процентов;
- ввод в эксплуатацию 2 блоков Белорусской АЭС суммарной мощностью порядка 2400 МВт, строительство объектов на местных видах топлива;
- увеличение глубины переработки нефти с 73,7 процентов в 2014 году до 92 процентов в 2020 году;
- разработка и принятие Закона Республики Беларусь "Об электроэнергетике";
- обеспечение прозрачности затрат на всех стадиях производства, передачи (транспортировки), распределения и продажи электрической, тепловой энергии и природного газа;
- разработка нормативных правовых актов, стимулирующих использование местных видов топлива.

Предстоит реализовать инвестиционные проекты:

в традиционной энергетике:

- создание ПГУ-35 МВт на Гомельской ТЭЦ-1;
- реконструкция Минской ТЭЦ-3 с заменой выбывающих мощностей;
- реконструкция турбин №3 и №4 с применением современных парогазовых технологий (установка ГТУ-25 МВт) на Могилевской ТЭЦ-1;

в возобновляемой энергетике:

- строительство Полоцкой ГЭС (21 МВт) и Витебской ГЭС на реке Западная Двина;

– строительство ветроэнергетического парка в районе н.п. Грабники Новогрудского района;

– строительство на территории Ельского района генерирующего объекта "Гомель II" общей максимальной установленной электрической мощностью до 14,31 МВт, площадки "Ельск" по выработке электроэнергии на основе естественного солнечного излучения;

– строительство на территории Брагинского района генерирующего объекта "Гомель II", площадки "Брагин II", расположенной западнее д. Соболи, по выработке электроэнергии на основе естественного солнечного излучения;

в нефтепереработке:

– строительство комплекса гидрокрекинга тяжелых нефтяных остатков в ОАО "Мозырский НПЗ";

– строительство комплекса замедленного коксования нефтяных остатков в ОАО "Нафтан".

В добыче топливно-энергетических полезных ископаемых особое внимание будет уделено исследованию и разработке высокопроизводительных информационно-вычислительных технологий для увеличения и эффективного использования ресурсного потенциала углеводородного сырья Союзного государства.

В долгосрочной перспективе (2021–2030 годы) основной целью развития ТЭК станет повышение энергетической самостоятельности страны за счет вовлечения в энергобаланс ядерного топлива, развития ветро-, гидро-, гелио- и геотермальной энергетики. Акцент будет сделан на развитие возобновляемых источников энергии. Предстоит расширить сотрудничество в рамках СНГ с Европейским союзом, Китаем, международными организациями, способствующее трансферу технологий и системных решений в области энергоэффективности и использования ВИЭ.

Планируется, что общий рынок углеводородов ЕАЭС будет создан к 2025 году. Это позволит государствам – членам ЕАЭС обеспечить координацию своих действий и повысить за счет этого конкурентоспособность на мировом рынке, а также получать

продукцию с высокой добавленной стоимостью.

Основными направлениями развития ТЭК станут:

в ветроэнергетике:

- строительство ветропарков с крупными установками единичной мощностью не менее 1 МВт и поэтапной локализацией данного производства;

в гидроэнергетике:

- реконструкция и модернизация малых гидроэлектростанций, строительство гидроэлектростанций на крупных реках. В случае экономической и экологической целесообразности возможно строительство гидроаккумулирующей станции для регулирования потребления электрической энергии после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС;

в использовании биогаза:

- создание биогазовых установок на животноводческих комплексах, в производстве пищевых продуктов, полигонах отходов в крупных городах, а также его технологическое применение. Использование биогаза должно осуществляться как для производства электрической и тепловой энергии, так и на различных видах транспорта и в быту (газификация деревень). Планируется организация производства отечественных биогазовых установок;

в солнечной энергетике:

- использование гелиоводонагревателей и различных гелиоустановок для интенсификации процессов сушки и подогрева воды в сельскохозяйственном производстве и бытовых целях, а также применение энергии солнца для выработки электроэнергии;

в геотермальной энергетике:

- внедрение тепловых насосов, в том числе за счет установления дифференцированных по зонам суток тарифов, создания в республике производства отечественных тепловых насосов (отдельных компонентов к ним).

Кроме того, планируется строительство энергоисточников на древесном топливе и локализация производства оборудования (узлов, деталей, конструкций) для них. Реализации подлежат также проекты по использованию других видов источников возобновляемой энергии, в том числе отходов растениеводства, твердых коммунальных отходов, биодизельного топлива, топливного этанола [1].

В настоящее время тенденции развития мирового ТЭК существенно меняются. Так, расширяется мировой рынок сжиженного природного газа, началось крупномасштабное использование технологий добычи сланцевого газа, происходит либерализация электроэнергетического и газового рынков Европейского Союза, формируются новые мировые центры спроса на топливно-энергетические ресурсы, создано Единое экономическое пространство России, Республики Беларусь, Республики Казахстан и Армении.

На основании вышеизложенного была разработана новая редакция Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь, учитывающая создание ЕАЭС и ввод в структуру топливно-энергетического баланса нового вида топлива- атомной энергии.

Реализовать поставленные ранее цели предполагается за счёт выполнения указанных мероприятий:

- расширения использования местных, в том числе возобновляемых источников энергии, разработок и внедрения комплекса мер по стимулированию их использования;

- компенсации добычи нефти в Республике Беларусь наращиванием объёмов

производства биодобавок в топливо и перевода транспорта на альтернативные виды энергии;

- расширение добычи топливно-энергетических ресурсов за пределами Беларуси, в том числе в России и Казахстане;
- создание условий для расширения объёмов транзита природного газа;
- создание благоприятной экономической среды, в том числе формирование рациональной системы внутренних цен на энергоносители за счёт их постепенной управляемой либерализации для стимулирования эффективного использования энергоносителей в экономике и населением;
- завершением строительства АЭС;
- развитие электроэнергетических мощностей исходя из принципа самобаланса;
- снижение удельных топливных затрат на производство электрической и тепловой энергии за счёт модернизации неэкономичных морально и физически устаревших основных производственных фондов ТЭК;
- вывода из эксплуатации устаревших и неэффективных генерирующих мощностей;
- расширение пропускных способностей линий электропередачи в сторону перспективных рынков для экспорта электроэнергии;
- расширение объёмов подземных хранилищ газа;
- совершенствование системы управления ТЭК и его организационной структуры путём создания оптового рынка электроэнергии Беларуси и его интеграции в рынок ЕАЭС;
- создание системы мониторинга энергетической безопасности Республики Беларусь [2].

Таким образом можно сделать вывод, что политика энергетической безопасности Беларуси постоянно корректируется и совершенствуется в соответствии с тенденциями мирового развития.

*Список используемых источников*

1. "Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь", Минск, "Вышэйшая школа", 2007
2. Пресс-релиз "О концепции энергетической безопасности Республики Беларусь", <http://www.bpc.by/news>

**Рачковская Е.Д.**

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ТЕРМОРЕГУЛЯТОРАМИ**

*Брестский государственный технический университет*

Современные системы отопления имеют принципиально иной подход к регулированию — это не процесс наладки перед пуском с последующей работой в постоянном гидравлическом режиме, это системы с постоянно изменяющимся тепловым режимом в процессе эксплуатации, что, соответственно, требует оборудования для отслеживания этих изменений и реагирования на них. Количество

теплоты, подаваемое в каждое помещение здания для поддержания комфортного температурного режима, определяется текущей потребностью в соответствии с пожеланиями потребителя. Для решения этой задачи используются устройства автоматического регулирования температуры – индивидуальное управление подачей теплоты от отопительных приборов в помещения.

Индивидуальное регулирование обладает наибольшими технологическими возможностями и позволяет:

- поддерживать комфортную температуру воздуха в отапливаемых помещениях на уровне, заданном потребителем;
- экономить более 20% тепловой энергии за счет максимального использования для отопления помещений «бесплатных» теплопритоков от людей, солнечной радиации, освещения, электробытовых приборов и др., а также путем снижения температуры воздуха в ночные часы и периоды, когда здание не эксплуатируется;
- снижать выбросы в атмосферу продуктов сгорания топлива, расходуемого на выработку тепловой энергии.

Средствами индивидуального регулирования в системах водяного отопления зданий являются автоматические радиаторные терморегуляторы, которыми оснащаются отопительные приборы жилых и общественных зданий.

Так как процесс терморегулирования протекает плавно, без пороговых включений и отключений, система становится значительно более экономичной и регулирует сама себя. При этом комфортность отопления несравнимо лучше. Появляется возможность устраивать в каждой регулируемой зоне свой микроклимат, а также уменьшать расход энергии, за счет снижения температуры в неиспользуемых зонах и оптимального использования тепла в помещениях.

Термостатические клапаны различают по назначению — для однотрубных и двухтрубных систем отопления. Первые, по сравнению со вторыми, характеризуются повышенной пропускной способностью. Вторые, как правило, объединяют в себе функцию гидравлического увязывания циркуляционных колец, осуществляемую, чаще всего, встроенным дросселирующим механизмом предварительной настройки. Настройку определяют на стадии проектирования и устанавливают при монтаже системы отопления.

Устройство предварительной настройки представляет собой дросселирующий цилиндр, связанный с поворотной коронкой. Различные положения коронки и цилиндра соответствуют определенным значениям пропускной способности клапана терморегулятора. На коронке обозначены цифровые индексы положений настроечного элемента. Индексы настройки должны быть определены в ходе гидравлического расчета системы отопления и выставлены против сверления на корпусе клапана при выполнении монтажно-наладочных работ. Настройка производится без применения какого-либо инструмента. Настроечное устройство скрывается под термостатическим элементом и при его блокировке оказывается недоступным для случайной перенастройки.

При подборе терморегуляторов необходимо обращать внимание на конструкцию термостатического клапана — прямоточную или угловую и проектировать таким образом, чтобы термостатические головки находились вне влияния конвективных потоков от труб.

Терморегуляторы размещают на подающей подводке к отопительному прибору при схеме движения теплоносителя «сверху — вниз». Остаточной теплопередачей отопительного прибора приблизительно 20...35% при закрытом термостатическом клапане в однотрубных системах, возникающей вследствие расслоения циркуляции

теплоносителя в обратной подводке, пренебрегают. Остаточная теплопередача отопительного прибора, вызванная механическим закрытием терморегулятора потребителем, обеспечивает незамерзание теплоносителя и уменьшает несанкционированный отбор теплоты от других приборов через внутренние ограждения помещения. Если эта теплопередача избыточна для всех терморегуляторов, происходит соответствующая реакция автоматики погодного регулятора в тепловом пункте на уменьшение тепловой мощности системы отопления.

В стандартах и технической литературе по радиаторным терморегуляторам используются три понятия авторитета:

- $a_g$  — (внутренний) авторитет терморегулятора;
- $a$  — внешний авторитет терморегулятора (рекомендованный диапазон которого — 0,3...0,7);
- $a^*$  — общий авторитет терморегулятора, являющийся результатом умножения параметра  $a_g$  на  $a$ .

Внутренний авторитет терморегулятора  $a_g$  — отношение потерь давления, вызванных изначальным (конструктивным) перекрытием конусом клапана проходного сечения отверстия (щели между седлом и конусом клапана при его промежуточном положении), которые характеризуются разностью  $\Delta P_1 - \Delta P_2$ , к потерям давления  $\Delta P_1$  на термостатическом клапане:

$$a_g = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_1}$$

где  $\Delta P_1$  — общие потери давления на терморегуляторе, кПа; производители принимают равными 10 кПа в соответствии с европейской методикой тестирования;

$\Delta P_2$  — потери давления при номинальном расходе на терморегуляторе без потерь давления в регулируемом отверстии (при максимально открытом клапане).

Данный параметр в явном виде существующих европейских методик гидравлического расчета не применяют. Поэтому в технических характеристиках терморегуляторов его преимущественно не предоставляют. В особенности это касается терморегуляторов с предварительной настройкой для двухтрубных систем отопления.

Для наглядности расчетов и оперативности манипулирования при увязывании циркуляционных колец, сохранении изначальных регулировочных характеристик терморегулятора в системе отопления, в предлагаемых компьютерных программах используют лишь понятие внешнего авторитета  $a$  терморегулятора:

$$a = \frac{\Delta P_1}{\Delta P}$$

Он характеризует отношение потерь давления на терморегуляторе при номинальном расходе к гидравлическому сопротивлению кольца — сопротивлению системы в целом, или подсистемы (стояка или приборной ветки со стабилизированным перепадом давления).

Общий авторитет терморегулятора  $a^*$ , по определению западноевропейской литературы, — произведение его внутреннего и внешнего авторитетов:

$$a^* = a_g \cdot a$$

при этом отсутствуют физическое толкование данного параметра и диапазон изменения его значений. Он так же, как и внутренний авторитет, не используется в предлагаемых компьютерных программах.

### *Заключение*

Сегодня большое распространение приобрел метод гидравлического расчета системы отопления с учетом лишь внешнего авторитета терморегулятора.

Этот метод хотя и не имеет однозначного теоретического подхода, однако проверен практикой проектирования в западных и восточноевропейских странах и дает хорошие показатели энергосбережения. В связи с этим возникла необходимость более глубокого раскрытия физического смысла гидравлических и тепловых явлений в системе отопления и разработке альтернативных уравнений.

Поэтому актуальной задачей является определение диапазонов авторитетов терморегуляторов и влияния их значений на качество и энергоэффективность работы системы отопления здания.

**Завадский Е.С., Бойко П.П.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИАГОНАЛЬНОГО ПЛАСТИНЧАТОГО РЕКУПЕРАТОРА 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.

Рекуператор (от лат. recuperator — получающий обратно, возвращающий) — теплообменник поверхностного типа для использования теплоты отходящих газов, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделяющую их стенку. В отличие от регенератора трассы потоков теплоносителей в рекуператоре не меняются.

Рекуператоры различают по схеме относительного движения теплоносителей — противоточные, перекрестные, прямоточные и др.; по конструкции — трубчатые, пластинчатые, ребристые, оребренные пластинчатые рекуператоры типа ОПТ и др.; по материалу изготовления — металлические, мембранные, пластиковые и др.; и по назначению — подогреватели воздуха, газа, жидкостей, испарители, конденсаторы и т.д. Чаще всего используют пластинчатые, роторные и с промежуточным теплоносителем.

#### *Пластинчатый*

Самый распространенный тип рекуператора, из-за своей дешевизны и компактным размерам. Используется в системах с небольшими расходами воздуха, где необходимо устранить риск перетока вытяжного воздуха в приточный. В силу своей конструкции может обмерзнуть со стороны вытяжки при очень низких температурах приточного воздуха. При проектировании необходимо предусмотреть отвод дренажа. Эффективность утилизации тепла на данном виде рекуператора можно охарактеризовать как «среднюю».

### Роторный

Представляет из себя короткий цилиндр, с продольно размещёнными пластинами металла, через который проходит в разных уровнях, приточный и вытяжной воздух. Барабан рекуператора, вращаясь, передаёт тепло, отданное пластинам вытяжным воздухам, приточному более холодному. Т.е. пластины поочередно нагреваются и охлаждаются. Для наиболее высокого КПД скорость вращения не является постоянной и определяется автоматикой. Применяют в системах с большими расходами воздуха. В силу конструкции происходит переток вытяжного воздуха в приточный от 1,5 до 3%. Такой вид утилизатора является наиболее эффективным.

### С промежуточным теплоносителем

Данный вид утилизатора состоит из двух отдельных теплообменников соединённых между собой трубами. Циркуляцию жидкости осуществляет подобранный насос. Эффективность данного вида рекуператора не самая эффективная, но зато его можно установить в разнесённых друг от друга приточной и вытяжной системе [1].

Экспериментальный рекуператор диагональный пластинчатый, установлен в лабораторном стенде «Центральный промышленный кондиционер КЦ-ТК-1,6-6/3» (производство «Альтернатива») в ауд. 3/116 кафедры ТГВ, БрГТУ.

Расход воздуха: приток/вытяжка – 1500 м<sup>3</sup>/ч; давление на сеть: приток/вытяжка – 200/100 Па; потребляемая мощность: приток/вытяжка – 0,36/0,23 кВт; производительность: по теплу – 6 кВт, по холоду – 6,2 кВт; КПД: по нагреву – 59,3%, по холоду – 49,5%; масса – 310 кг [2].

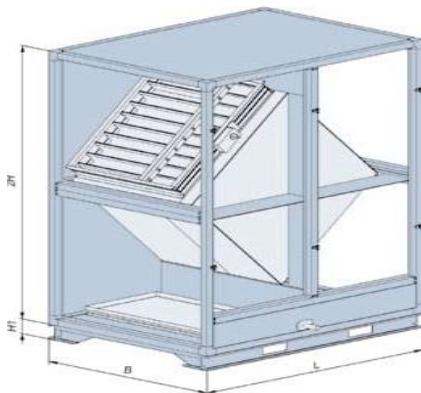


Рисунок 1 – Схема пластинчатого рекуператора.

Провели опыт, измеряли в течении семи дней температуру воздуха, нагреваемого за счет рекуперации. С помощью полученных данных, построили зависимости и рассчитали КПД работы рекуператора.

Таблица 1. Расчетные данные

T	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
t <sub>ндр</sub>	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
t <sub>прит</sub>	14,2	13,2	12,8	12,5	12,3	12,2	12,1	12,1	12,1	11,9	11,9	11,8	11,8	11,8	11,8
t <sub>выт</sub>	18,7	18,4	18,3	18	18	17,8	17,7	17,7	17,7	17,7	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
t <sub>рек</sub>	11,9	10,9	10,6	10,2	10	10	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,7	9,7	9,7	9,7
η <sub>рек</sub>	68,09	62,32	60,14	59,26	57,78	57,89	57,58	57,58	57,58	56,06	56,92	56,15	56,15	56,15	56,15

По этим данным построим графики зависимости: КПД рекуператора ( $\eta_{рек}$ ) от температуры приточного воздуха ( $t_{прит}$ ) и КПД рекуператора ( $\eta_{рек}$ ) от времени проведения опыта ( $\tau$ ).



Рисунок 2 – График зависимости температуры приточного воздуха от времени проведения опыта

По данному графику видно, что температура приточного воздуха уменьшается, а затем остается постоянной. Это происходит из-за того что кондиционер находился в нерабочем состоянии до начала проведения опыта и рекуператора все конструкции кондиционера были нагреты внутренним воздухом и поэтому температура приточного воздуха была в начале больше, а затем температура стабилизировалась т е рекуператора начал работать в нормальном режиме.

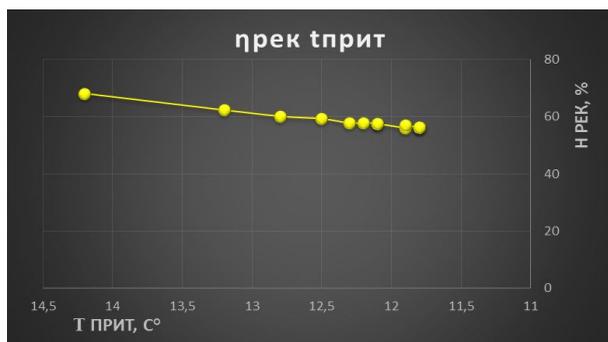


Рисунок 3 – График зависимости КПД рекуператора от температуры приточного воздуха

На этом графике видно что КПД в начале 68% по той же причине что и в предыдущем пункте, а далее КПД становится постоянным и равным 56,1%. При наружной температуре равной  $t_{нар} = 4,6^{\circ}\text{C}$  и КПД рекуператора из паспорта установки при  $t_{нар} = 4,5^{\circ}\text{C} \approx 54,4$  т е он работает хорошо.

Процессы изменения состояния воздуха в рекуператоре отобразим на I-d диаграмме влажного воздуха (рис. 4), где точка Н – наружный воздух, П – приточный воздух, В – внутренний воздух, Рек – температура вытяжного воздуха после рекуператора.

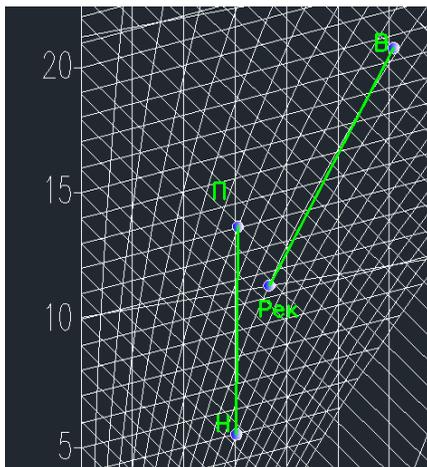


Рисунок 4 – Процессы, идущие в рекуператоре

*Вывод:* изучили работу рекуператора центрального промышленного кондиционера и сравнили опытный КПД и КПД из паспорта. В итоге выяснили, что рекуператор работает в оптимальном режиме.

*Список используемых источников*

1. Красуцкий Виталий Анатольевич. Современные рекуператоры для энергоэффективных домов // Мастерская. Строим дом.
2. Паспортные данные для лабораторного стенда «Центральный промышленный кондиционер» КЦ-ТК-1,6-6/3.

**Болтуцкий Б., Оскирко А.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРОВУВЛАЖНИТЕЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОНДИЦИОНЕРА**

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

Увлажнение воздуха паром используется в системах микроклимата. Осуществляется при непосредственном выпуске пара в помещение, а чаще в кондиционерах комфортного и технологического кондиционирования при увлажнении воздуха паровыми увлажнителями (предназначены для изотермического увлажнения воздуха). При увлажнении воздуха паровым увлажнителем пар подается непосредственно в приточный воздуховод через перфорированную трубку, расположенную внутри него. Сам процесс приготовления пара осуществляется в парогенераторе.

Основными достоинствами паровых увлажнителей являются высокая точность поддержания влажности за счет контролируемого процесса парообразования и высокая гигиеничность, максимальная эффективность увлажнения до 95%.

Явное тепло, которое несет пар, составляет около 6% от общей теплоты и 94% скрытой теплоты. Поэтому можно считать, что в воздух вносится лишь скрытое тепло и процесс идет практически по линии  $t = \text{const}$  (на самом деле чуть выше  $t = \text{const}$ ) в пределе до  $\phi = 100\%$ . При увлажнении воздуха паром удельная энтальпия и влагосодержание воздуха увеличиваются (рис. 1) [1].

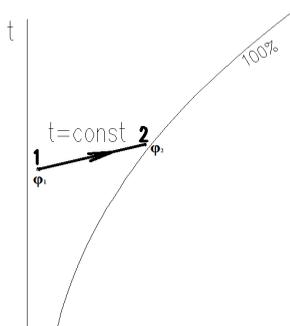


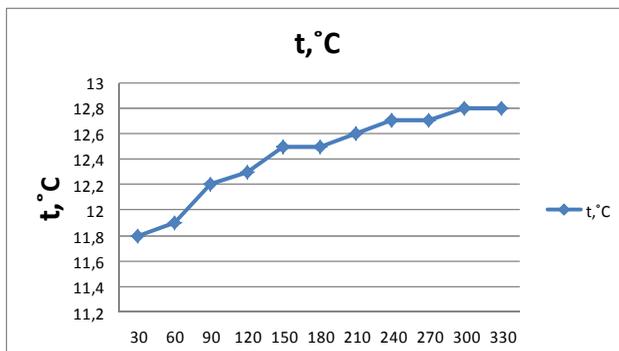
Рисунок 1 – Процесс увлажнения воздуха паром на I-d диаграмме влажного воздуха

В нашей работе мы сравниваем теоретические данные с экспериментальными данными, полученными в результате опытов, проводимых на лабораторном стенде «Центральный промышленный кондиционер КЦ-ТК-1,6-6/3» (производство «Альтернатива») в ауд. 3/116 кафедры ТГВ, БрГТУ.

Замеры проводились каждые 30 секунд и вносились в таблицу. Средние результаты измерений, можно увидеть на диаграмме.

Таблица 1. Расчетные данные

T, с	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
t, °C	11,8	11,9	12,2	12,3	12,5	12,5	12,6	12,7	12,7	12,8	12,8
φ, %	47,6	63,8	67	69	70,1	72,6	75	77,6	77,4	78,2	80,2



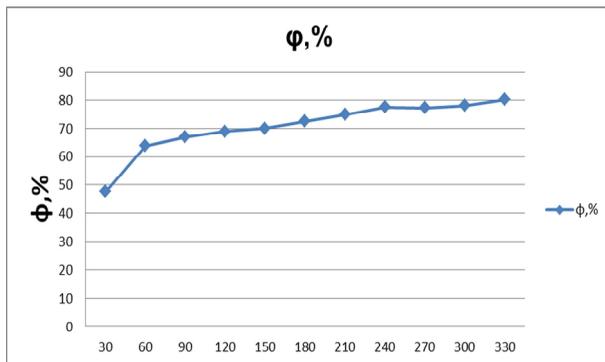


Рисунок 2 – Графики зависимостей изменения температуры и влажности от времени

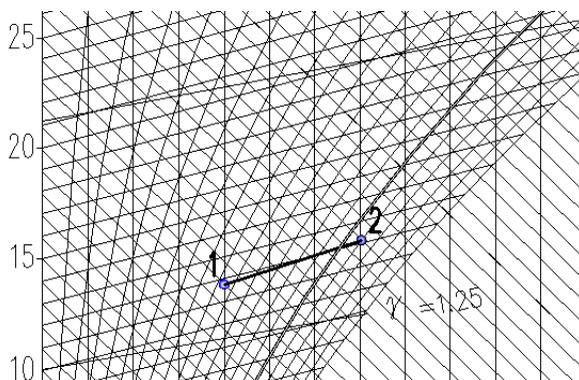


Рисунок 3 – Процесс реального увлажнения воздуха паром на I-d диаграмме влажного воздуха

По результатам проведенных опытов, можно сделать вывод о том, что экспериментальные данные близки к теоретическим. Однако наш процесс немного не совпадает с  $t = \text{const}$ .

Теоретический угловой коэффициент процесса пароувлажнения равен  $\epsilon = 2580$  кДж/кг, а по диаграмме мы видим, что  $\epsilon = 2650$  кДж/кг. Эта небольшая разница получается из-за явной теплоты, которая составляет около 6%. Так как разница не значительна мы можем принять, что наш процесс проходит изотермически по  $t = \text{const}$ .

*Список используемых источников*

1. Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. – М.: Евроклимат, 2006. – 640 с.