

май 2020

ЭНЕРГО

ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Есть вопросы по заполнению электронной ведомственной отчетности?

Заходи на YouTube-канал Департамента по энергоэффективности



Основные тренды развития электрогенерирующих мощностей

Стр. **4**

«Зеленое» градостроительство в Германии

Стр. **6**

«Лидер энергоэффективности-2020»: первые участники

Стр. **12**

Возможен ли мир без мусора?

Стр. **22**

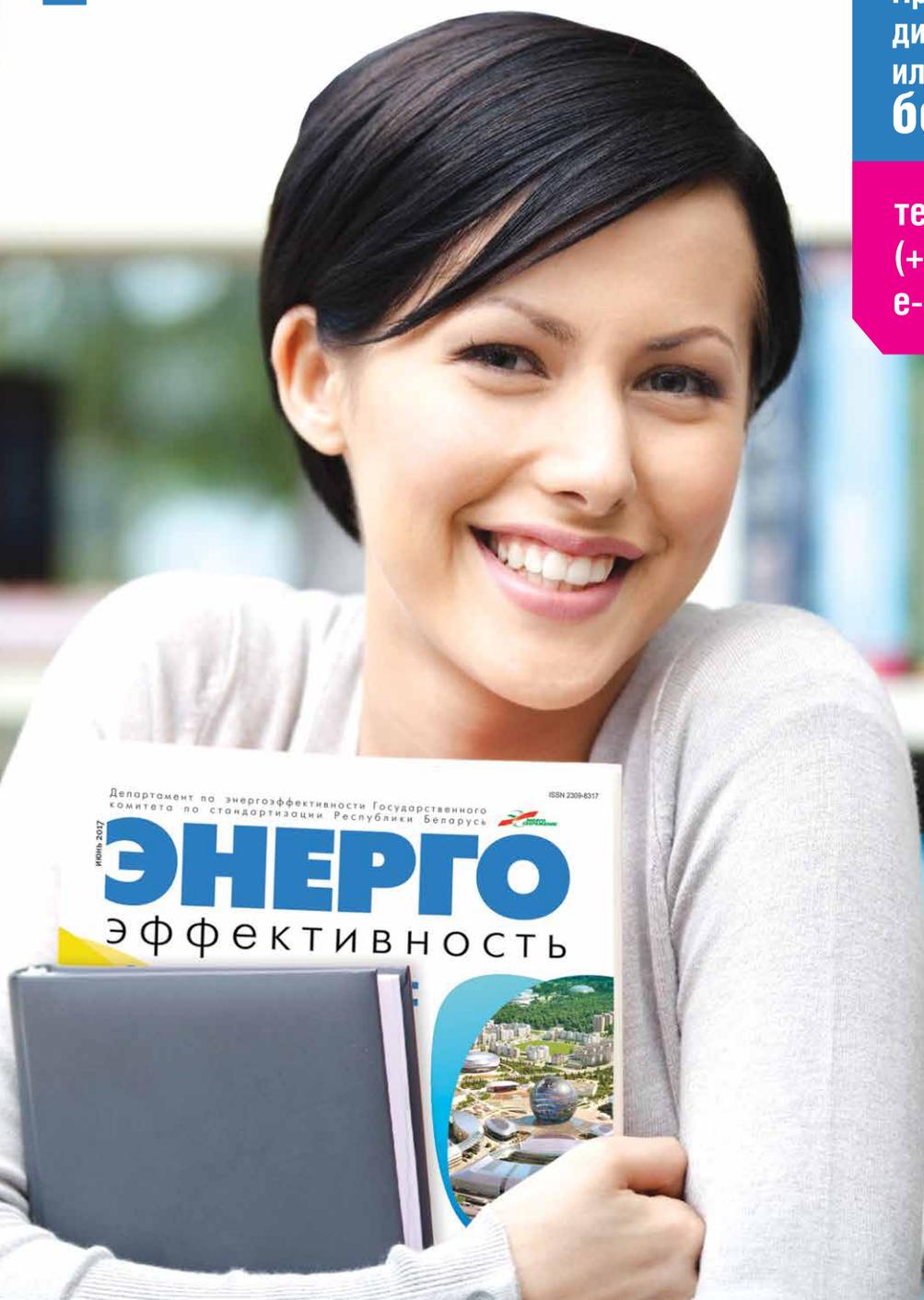
Вниманию фирм и организаций!

Приглашаем к активному сотрудничеству с целью представления Вашей компании на страницах нашего журнала.

Будьте уверены: статью или рекламный модуль Вашей компании обязательно заметят – наша аудитория читателей (подписчиков) включает не только энергетические предприятия, но и все сферы народного хозяйства.

При размещении у нас –
дизайн рекламного модуля
или написание статьи
бесплатно.

тел./факс редакции:
(+375 17) 350 56 91
e-mail: uvic2003@mail.ru





Ежемесячный научно-практический журнал. Издается с ноября 1997 г.

№5 (271) май 2020 г.

Учредители:

Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь
Инвестиционно-консультационное республиканское унитарное предприятие «Белинвестэнергоэффективность»

Редакция:

Начальник отдела	Ю.В. Шилова
Редактор	Д.А. Станюта
Дизайн и верстка	В.Н. Герасименко
Реклама и подписка	А.В. Филипович

Редакционный совет:

Л.В.Шенец, к.т.н., директор Департамента энергетики Евразийской экономической комиссии, главный редактор, председатель редакционного совета

В.А.Бородуля, д.т.н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, зам. председателя редакционного совета

В.Г.Баштовой, д.ф.-м.н., профессор кафедры ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии» БНТУ
А.В.Вавилов, д.т.н., профессор, иностранный член РААСН, зав. кафедрой «Строительные и дорожные машины» БНТУ

С.П.Кундас, д.т.н., профессор кафедры теплоснабжения и вентиляции БНТУ

И.И.Лиштван, д.т.н., профессор, академик, главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси

А.А.Михалевич, д.т.н., академик,

зам. Академика-секретаря Отделения физико-технических наук, зав. лабораторией Института энергетики НАН Беларуси

А.Ф.Молочко, зав. отделом общей энергетики РУП «БелТЭИ»

В.М.Овчинников, к.т.н., профессор, руководитель НИЦ «Экологическая безопасность

и энергосбережение на транспорте» БелГУТа
В.М.Полухович, к.т.н., директор Департамента по ядерной энергетике Минэнерго

В.А.Седнин, д.т.н., профессор, зав. кафедрой промышленной теплоэнергетики и теплотехники БНТУ

Издатель:

РУП «Белинвестэнергоэффективность»

Адрес редакции: 220037, г. Минск, ул. Долгобродская, 12, пом. 2Н.
Тел./факс: (017) 348-82-61
E-mail: uvic2003@mail.ru
Цена свободная.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 10 июля 2012 г. № 84 журнал «Энергоэффективность» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь.

Журнал зарегистрирован Министерством информации Республики Беларусь. Свид. № 515 от 16.06.2009 г. Публикуемые материалы отражают мнение их авторов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Перепечатка информации допускается только по согласованию с редакцией.

© «Энергоэффективность»

Отпечатано в ГОУПП «Гродненская типография»
Адрес: 230025 г. Гродно, ул. Полиграфистов, 4
Лиц. № 02330/39 от 25.02.2009 г.

Формат 62x94 1/8. Печать офсетная. Бумага мелованная. Подписано в печать 20.05.2020. Заказ 2303. Тираж 1040 экз.

Журнал в интернет www.bies.by, www.energoeffekt.gov.by

СОДЕРЖАНИЕ

Нормирование и отчетность

2 Проводим онлайн-урок по представлению электронной ведомственной отчетности по энергосбережению
М. Митюшева

Энергосмесь

3, 11, 15 Изменен порядок, касающийся норм ТЭР, и другие новости

Стратегии

4 Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года: основные тренды
Е.А. Жученко, А.Ф. Молочко, БЕЛТЭИ

Мировой опыт

6 Устойчивое развитие городов: лучшие кейсы из Германии
Проект ПРООН/ГЭФ «Зеленые города»

Вести из регионов

1 Введена в строй первая в области ГЭС
Алексей Дух

8 Выработаны первые сотни тысяч киловатт-часов на СЭС в Яселевичах
А.В. Панасик

9 Системы рекуперации тепла от холодильных агрегатов греют воду
Ю.М. Ковалев

9 Выпуск комбикорма в ЗАО «Экомол Агро» стал энергоэффективнее
П.Н. Дубовец

10 Под Несвижем построят «солнечные» поля
thinktanks.by

10 Не только проверки, но и профилактические меры
А.С. Тумова

Внимание, конкурс!

12 Представляем первых участников республиканского конкурса «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь-2020»
energokonkurs.by

Энергомарафон

16 Адаптивные системы повышения энергоэффективности освещения кабинетов
Егор Сикорский, Никита Трацевский, СШ №4 г. Дзержинска

Ресурсосбережение

22 Мир без мусора: возможна ли циклическая экономика
Роберт Канзиг, Лука Локателли, National Geographic Россия

Научные публикации

27 Тепловлажностный режим наружных стен с вентилируемыми фасадными системами утепления
А.Б. Крутилин, РУП «Институт БелНИИС»

Вести из регионов. Гомельская область

Введена в строй первая в области ГЭС

5 февраля 2020 года была введена в эксплуатацию первая в области современная мини-ГЭС на реке Ипуть. Максимальная мощность электростанции составляет 450 кВт. Основное оборудование произведено в КНР. В машинном зале установлены три поворотного-лопастные турбины с горизонтальным валом номинальной мощностью 135,6 кВт каждая. Мини-ГЭС работает в автоматическом режиме и дистанционно управляется операторами из Витебска. Дежурный персонал в количестве не более 2-3 человек нужен лишь на случай непредвиденных ситуаций.

Гидроэлектростанция принадлежит ООО «ДобГидроИнвест». Подрядчиком выступило гомельское ОАО «Спецмонтажстрой №177», проектировщик – ООО «Научно-производственное объединение «ПроектКонцепт».

Планируемая ежегодная выработка электрической энергии на мини-ГЭС составляет 2,4 млн кВт·ч, расчетный срок окупаемости 5-7 лет. ■

Алексей Дух, заместитель начальника производственно-технического отдела Гомельского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Журнал «Энергоэффективность» входит в утвержденный ВАК Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований. Приглашаем к сотрудничеству!

Т./ф.: (017) 348-82-61, 350-56-91. **E-mail:** uvic2003@mail.ru

УВАЖАЕМЫЕ РЕКЛАМОДАТЕЛИ!

По всем вопросам размещения рекламы, подписки и распространения журнала обращайтесь в редакцию.

Мargarита Митюшева,

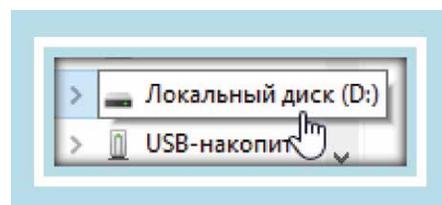
заведующий сектором производственно-технического отдела Могилевского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР



ПРОВОДИМ ОНЛАЙН УРОК ПО ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕДОМСТВЕННОЙ ОТЧЕТНОСТИ ПО ЭНЕРГОСОБЕРЕЖЕНИЮ

Могилевское областное управление по надзору за рациональным использованием ТЭР Департамента по энергоэффективности проводит онлайн урок по представлению отчетности по энергосбережению. И предлагает вниманию специалистов два видеоролика по заполнению ведомственной отчетности «Сведения о нормах расхода топливно-энергетических ресурсов на производство продукции, (работ, услуг)» с использованием специализированного программного обеспечения по формированию и представлению отчетности в электронном виде («АРМ Респондента_Нормы»).

– программное обеспечение закачиваем и устанавливаем на диск (D:) компьютера;



– при создании любой информации (будь то заполнение «Справочника предприятия» или заполнение информации в разделах отчета) **добавляем** новую строку при помощи «+» в правом нижнем углу экрана;

– строки 9001 и 9100 разделов **не изменяем**. Эти строки являются итоговыми, автоматически заполняющимися в каждом разделе (в них вставлены формулы);

– по коду 6000 и коду 9010, а также при наличии в разделах несколько одина-

Обучающий урок разделен на две части:

- установка программного обеспечения и заполнение справочника предприятий и
- заполнение разделов отчета и отправка отчета в принимающий центр.

Ссылки на эти два видеоролика также размещены в аккаунтах социальных сетей Могилевского облуправления.

Исходя из нашего опыта, хотим поделиться основными правилами работы с программным обеспечением:



формула Σ

– при создании любой информации (будь то заполнение «Справочника предприятия» или заполнение информации в разделах отчета) **добавляем** новую строку при помощи «+» в правом нижнем углу экрана;

сохранить

формула Σ

заполнить

формула

добавить

ОКПО: "1234", УНП: "1234", Название предприятия: "1243" Год: 2018, Квартал: 3 [РЕДАКТИРОВАНИЕ]

Наименование вида продукции (работ, услуг)	Код строки	Единица измерения	Произведено продукции (выполнено работ, услуг) за отчетный период	Израсходовано на единицу продукции (работы, услуги) за отчетный период, кг у.т.		Израсходовано на всю произведенную продукцию (выполненную работу, услугу) за отчетный период, т у.т.			Примечание
				По действующей норме	Фактически	По действующей норме	Фактически	Экономия (-), перерасход (+)	
А	Б	В	1	2	3	4	5	6	7
Всего по нормиро...	9001	т. у. т.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Всего потреблени...	9100	т. у. т.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Электроэнергия, о...	0010	тыс. кВт. ч	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Наименование вида продукции (работ, услуг): Электроэнергия, от...
 Произведено продукции (выполнено работ, услуг) за отчетный период: 1 500,00
 Израсходовано на единицу продукции по утвержденной норме: 15,00
 Израсходовано на всю произведенную продукцию фактически: 10 000,00

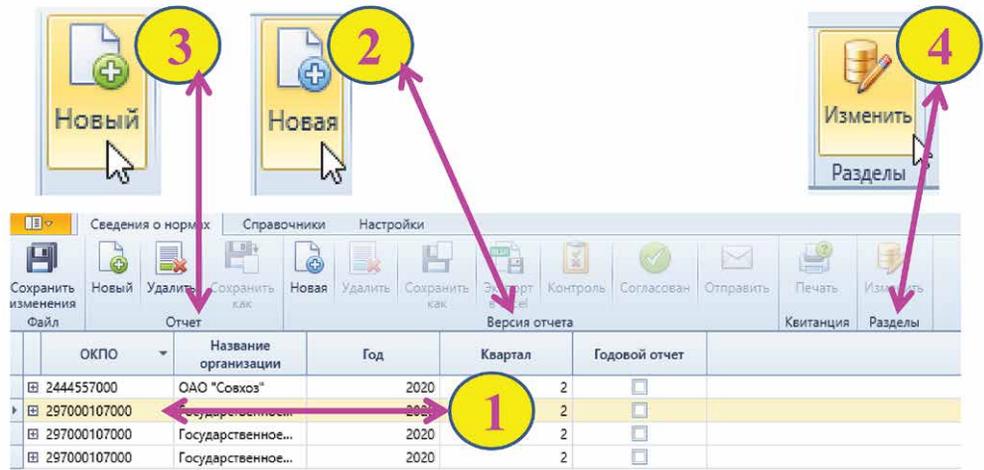
Обновить

заполнить → ковых кодов – обязательно заполняем ячейку «ПРИМЕЧАНИЕ»;

сохранить → – во избежание потери информации систематически сохраняем каждую строку введенной информации;

– в программном обеспечении при заполнении графы 1 и графы 5 необходимо учитывать, что графа 3 и графа 4 заполняются автоматически с двумя знаками после запятой (вставлены формулы);

– чтобы создать **НОВЫЙ ОТЧЕТ** и не заполнять вновь наименование и единицы продукции, необходимо выбрать существующий отчет, далее в главной командной строке выбираем пункт «НОВАЯ» в части «ВЕРСИЯ ОТЧЕТА», затем создаем новую версию отчета путем нажатия пункта «НОВЫЙ» в части «ОТЧЕТ», и далее, чтобы внести новые данные за следующий квартал, входим в разделы отчета при помощи пункта «ИЗМЕНИТЬ» в части «РАЗДЕЛЫ».



при первом знакомстве избежать затруднений, связанных с заполнением и отправкой ведомственной отчетности «Сведения о нормах расхода топливно-энергетических

ресурсов на производство продукции, (работ, услуг)», а соблюдение наших советов – безошибочно представлять электронную отчетность в дальнейшем. ■

Мы писали:

- Митюшева, М., Заграбанец, С. О заполнении электронной отчетности по Могилевской области в 1-м полугодии – «Энергоэффективность». – 2019. – №9. – С. 23–25.
- Действует новая форма ведомственной отчетности «Сведения о нормах расхода топливно-энергетических ресурсов на производство продукции (работ, услуг)». – «Энергоэффективность». – 2019. – №7. – С. 8–9.
- Заблоцкая О.И. Типичные ошибки при заполнении формы отчетности «Сведения о нормах расхода ТЭР на производство продукции (работ, услуг)». – «Энергоэффективность». – 2019. – №7. – С. 10.
- Митюшева, М. В помощь специалистам по заполнению отчетности «Сведения о нормах расхода ТЭР по видам продукции (работ, услуг)». – «Энергоэффективность». – 2019. – №5. – С. 2–3.
- Митюшева, М., Церковная, К. В помощь специалистам по заполнению отчетности в области энергосбережения – «Энергоэффективность». – 2018. – №9. – С. 9–13.

Напоминаем, что вся необходимая информация (программное обеспечение, инструкции, руководства, программы техподдержки) находятся на сайте Департамента по энергоэффективности energoeffekt.gov.by – раздел «Статистика» – «Электронная отчетность» – «Программное обеспечение АРМ Респондента_Нормы».

В заключение хотелось отметить, что новый формат обучения позволит вам даже

Энергосмесь

В Беларуси планируют чаще использовать деревянные окна при строительстве

В Беларуси планируют чаще использовать деревянные окна и балконные блоки при строительстве, сообщили в пресс-службе Министерства архитектуры и строительства.

«Использование деревянных окон и балконных блоков будет способствовать увеличению использования местных видов сырья и повышению эффективности деревообработки. Немаловажной характеристикой деревянных окон является экологичность материалов, из которых они изготовлены, а также их долго-

вечность. Деревянные окна и блоки являются импортозамещающей продукцией, а активный переход к импортозамещению позволит значительно улучшить качество отечественных деревянных стеклопакетов, снизить цены на окна и двери по сравнению с зарубежными производителями», – отметили в министерстве.

В пресс-службе подчеркнули, что большое значение имеет и тот факт, что добавленная стоимость таких изделий выше, чем пластиковых. А проведенный анализ показал, что примене-

ние деревянных оконных и балконных блоков не приведет к существенному изменению стоимости объектов строительства, добавили в министерстве.

Кроме того, правительство поручило облисполкомам, Минскому горисполкому, республиканским органам госуправления, организациям-заказчикам предусматривать применение деревянных оконных и дверных балконных блоков при проектировании для возведения, реконструкции, капитального ремонта детских садов, школ,



поликлиник, финансируемых полностью или частично за счет средств республиканского и (или) местных бюджетов. Это предусмотрено постановлением Совмина от 16 марта 2020 года №147.

Этим документом рекомендовано использовать такие блоки при проектировании, реконструкции, капре-

монте жилых домов с использованием государственной поддержки, а также домов, финансируемых за счет бюджетных средств. Министерству архитектуры и строительства в свою очередь необходимо обеспечить регулирование цен на деревянные оконные и дверные балконные блоки. ■

БЕЛТА

Е.А. Жученко,
руководитель группы отдела
общей энергетики РУП «БЕЛТЭИ»



А.Ф. Молочко,
зав. отделом общей
энергетики РУП «БЕЛТЭИ»



КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА: ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ

25 февраля Министерство энергетики одобрило еще один механизм реализации положений Концепции энергетической безопасности – Концепцию развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 г. (далее – Концепция), описывающую базовый сценарий развития Объединенной энергетической системы Беларуси (далее – ОЭС).

вов в энергосистеме и соблюдения индикаторов энергетической безопасности;

- пересмотреть подходы к поддержанию в эксплуатации изношенного и (или) неустаревшего котельного оборудования, особенно в части пиковых водогрейных котлов с учетом ввода электродвигателей в крупных теплофикационных системах;

- развивать инфраструктуру электрических сетей с учетом возможностей расширения экспорта электрической энергии.

При работе двух блоков Белорусской АЭС энергоблоков трех конденсационных станций (Лукомльской и Березовской ГРЭС, Минской ТЭЦ-5) суммарной мощностью 3205 МВт будут принимать минимальное участие в покрытии максимумов нагрузок энергосистемы. Однако с учетом возможной перспективы экспорта электрической энергии и использования данных блоков и других самортизированных источников для резервирования выводов названных мощностей будут осуществляться поэтапно.

Срок эксплуатации основного оборудования большинства ТЭЦ, функционирующих в Белорусской энергосистеме, на сегодняшний день превышает 40 лет. При этом промышленно-отопительные ТЭЦ, предназначенные для обеспечения промышленных нагрузок, испытывают дефицит паровой нагрузки и либо вынуждены работать по связанному тепловому графику на мощности значительно ниже номинальной, либо отпускать пар через редукционные установки.

Создание локальных энергоисточников на промышленных предприятиях для покрытия собственных тепловых нагрузок, уход от высокотратных паровых технологий в промышленности, планируемая широкая электрификация как промышленного сектора, так и сферы жилищно-коммунального хозяйства в прогнозируемом периоде до 2030 г. будет неизбежно снижать тепловую нагрузку



фото nevrodnio.by

Для определения трендов развития энергосистемы в концепции разработаны прогнозные балансы электрической и тепловой энергии.

Рост электропотребления в республике ожидается к 2025 г. – до уровня 43,7 млрд кВт·ч, к 2030 г. – до 47,2 млрд кВт·ч. Выработка электроэнергии генерирующими источниками ГПО «Белэнерго» прогнозируется на уровне 38,5 млрд кВт·ч и 41,3 млрд кВт·ч соответственно.

Уровень выработки тепловой энергии на энергоисточниках организаций ГПО «Бел-

энерго» в прогнозируемом периоде будет постоянным и составит около 34 млн Гкал.

С учетом существующих объемов установленных мощностей, необходимости возврата кредитных средств, затраченных на модернизацию, и вероятного установления ценовых паритетов на природный газ в рамках рынка ЕАЭС в рассматриваемом периоде в Концепции поставлены задачи:

- оптимизировать состав оборудования генерирующих источников с учетом необходимости поддержания нормативных резер-

на ТЭЦ и, следовательно, связанную выработку электрической энергии на тепловом потреблении.

В соответствующем разделе Концепции приведен ряд технических мероприятий, которые поспособствуют оптимизации работы оборудования ТЭЦ в сложившихся условиях.

Резерв мощности для ликвидации аварийных ситуаций в ОЭС Беларуси планирует обеспечить за счет строительства пиково-резервных источников на базе ГТУ либо ГПА: Лукомльская ГРЭС – 150 МВт, Новополоцкая ТЭЦ – 100 МВт, Березовская ГРЭС – 250 МВт, Минская ТЭЦ-5 – 300 МВт. Реализация данного проекта позволит создать сбалансированный высокоманевренный резерв электрической мощности в случае аварийного отключения энергоблока Белорусской АЭС и сохранения надежного электроснабжения потребителей.

Системообразующая сеть ОЭС Беларуси сформирована на напряжении 220–750 кВ. При этом реализуется концепция отказа от класса напряжения 220 кВ. Для снижения износа сети 330 кВ в ОЭС Беларуси требуется ежегодная реконструкция (строительство) около 200 км ВЛ, а для сети 110 кВ – около 700 км ВЛ ежегодно.

В рамках развития электрических сетей до 2025 г. предусматривается реконструкция: ПС 330 кВ «Барановичи», «Орша», «Столбцы», «Белорусская», «Сморгонь», «Минск Северная», «Могилев», «Калийная»; строительство ПС 330 кВ «Петриков»; сооружение ВЛ 330 кВ Белоозерск – Пинск – Микашевичи (75 км и 102 км), ВЛ 330 кВ Столбцы – Барановичи (69,9 км), захода-выхода ВЛ 330 кВ Калийная – Мозырь на ПС 330 кВ Петриков (2х0,55 км).

До 2030 г. предусматривается реконструкция ПС 330 кВ «Полоцк», «Лида», «Мозырь», «Микашевичи», «Гродно», «Россь», «Слуцк», ПС 220 кВ «Пинск» с переводом на напряжение 330 кВ.

Обязательной составляющей проектов развития распределительных электрических сетей напряжением 0,4–10 (6) кВ является их автоматизация.

Для эффективной режимной интеграции Белорусской АЭС в баланс энергосистемы при прохождении ночных минимумов нагрузок реализуется ряд мероприятий, важнейшим из которых является установка электрокотлов. Суммарная установленная мощность электрокотлов, включаемая в режим минимальных нагрузок в энергоузлах организаций ГПО «Белэнерго», составит 916 МВт, а на энергоисточниках прочей ведомственной принадлежности – 200 МВт.

Кроме того, Концепцией предусматривается увеличение использования электроэнергии для целей теплоснабжения. Этот факт влечет за собой необходимость масштабной реконструкции и строительства электрических сетей напряжением 10 кВ и 110 кВ.

В связи с этим перевод существующих систем теплоснабжения на использование электроэнергии необходимо рассматривать поэтапно. В первую очередь целесообразно дополнительное электросетевое строительство при возведении новых районов многоэтажной и усадебной застройки при отсутствии сетей газо- и теплоснабжения.

Развитие и модернизацию систем теплоснабжения планируется осуществлять по принципу минимизации эксплуатируемого оборудования при условии сохранения отпусков тепловой энергии потребителям. Будет рассматриваться оптимизация состава основного оборудования районных котельных с возможным выводом его из эксплуатации.

Для поддержания уровня износа тепловых сетей в ГПО «Белэнерго» на уровне 40% необходимый объем ежегодной замены должен составлять 250–280 км (в однотрубном исчислении). Протяженность заменяемых труб в размере 130–150 км в год по уровню 2016–2018 гг. явно недостаточна, и темп замены необходимо наращивать.

Так же, как и при реконструкции электрических сетей, неотъемлемой составляющей проектов по развитию систем теплоснабжения станет их комплексная автоматизация с формированием единых информационных систем при использовании технологий интеллектуальных сетей, ориентированных на автоматизацию процессов.

Анализ тенденций развития электроэнергетики сопредельных государств и возможных направлений экспорта электрической энергии показал, что после 2025 г. при условии создания объединенного рынка природного газа Российской Федерации и Республики Беларусь с выравниванием цен на него значительно возрастает возможность экспорта из-за снижения топливной составляющей в себестоимости производства белорусской электроэнергии и, соответственно, повышения ее конкурентоспособности на рынке России.

После ввода с 01.07.2019 новой модели рынка электроэнергии Украины сложились условия для организации поставок электроэнергии из Республики Беларусь. В случае реализации планируемой технической и экономической интеграции в 2023 г. энергосистем Украины и ЕС прогнозируется рост цены на электрическую энергию на украинском рынке, что может служить толчком к возможности роста экспорта электроэнергии из Республики Беларусь в Украину. Также существуют экономические предпосылки возможности экспорта электроэнергии в Польшу,

которые существенно ограничены политической конъюнктурой со стороны Литвы и Польши.

Текущая политическая ситуация с позицией Литвы по строительству Белорусской АЭС, несмотря на существующие сильные электрические связи, не позволяет рассчитывать на возможность достижения договоренностей по созданию вставок постоянного тока (ВПТ) и, соответственно, возможные экспортные поставки электрической энергии после 2025 г.

При разработке Концепции были проанализированы два варианта развития межсистемных связей: в условиях сохранения параллельной работы с ЭС Литвы и ОЭС Украины, а также при их выходе из параллельной работы.

Суммарная установленная мощность электрокотлов, включаемая в режим минимальных нагрузок в энергоузлах организаций ГПО «Белэнерго», составит 916 МВт, а на энергоисточниках прочей ведомственной принадлежности – 200 МВт.

Отделение энергосистем Балтии и Украины не нарушит надежную работу (без отключения потребителей) ОЭС Беларуси в случае одновременного аварийного отключения двух энергоблоков Белорусской АЭС только при условии дополни-

тельного сетевого строительства с ЕЭС России (при экономической целесообразности) или организации ВПТ на других межгосударственных связях с возможностью использования по ним аварийного резерва мощности.

Для организации ВПТ могут рассматриваться существующие межсистемные связи по сети 330 кВ между ОЭС Беларуси и ЭС Литвы (в случае изменения позиции Литвы относительно ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС), а также ОЭС Беларуси и ОЭС Украины.

Развитие законодательной и нормативной базы функционирования энергетической системы Беларуси будет осуществляться с учетом принятых и планируемых к принятию в ЕАЭС и иных международных объединениях документов.

В условиях отсутствия в Беларуси правовых основ функционирования рыночных отношений в электроэнергетике до планируемого ввода в действие общего рынка газа в 2025 г. необходимо доработать и внести на рассмотрение проект закона «Об электроэнергетике», а также обеспечить разработку Правил оптового и розничного рынков электрической энергии Республики Беларусь и иных подзаконных актов, регулирующих экономические, технические, информационные и организационные взаимоотношения участников оптового и розничного рынков электрической энергии.

Кроме того, необходимо доработать или внести изменения в ряд действующих документов и положений.

С полным текстом документа можно ознакомиться на сайте minenergo.gov.by. ■

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ: ЛУЧШИЕ КЕЙСЫ ИЗ ГЕРМАНИИ

Важной частью реализации проекта «Зеленые города», который финансируется Глобальным экологическим фондом и исполняется ПРООН в партнерстве с Минприроды, является распространение знаний о наиболее интересных и эффективных зарубежных решениях в сфере зеленого градостроительства.

С целью представления немецкого опыта в данном направлении проект поддержал проведение ознакомительной поездки в Берлин и Гамбург для ключевых партнеров – представителей городских ад-

Möckernkiez



министраций, которые входили в рабочие группы по разработке планов зеленого градостроительства для своих городов. Ознакомительная поездка была организована в марте нынешнего года Немецким энергетическим агентством DENA. В обучающем туре «Устойчивое развитие городов: лучшие кейсы из немецкого опыта» приняли участие Елена Перко, начальник отдела промышленности, экономического анализа и прогнозирования Новгородского райисполкома, Татьяна Богданович, начальник отдела архитектуры и строительства Полоцкого райисполкома, Сергей Шамрило, начальник отдела ЖКХ Новополоцкого горисполкома.

Делясь впечатлениями о поездке, наши специалисты прежде всего подчеркивают опыт бережного отношения к территориям населенных пунктов в Германии. Этот факт ярко проявляется как при строительстве новых микрорайонов, так и при проведении санации существующего жилищного фонда. «Немецкими специалистами различных отраслей был сделан акцент на то, что в ближайшие 10 лет 70% населения земли будут проживать на территориях городов и всю градостроительную политику необходимо формировать исходя из этого», – подчеркивают участники поездки.

Во время поездки белорусские специалисты побывали в микрорайонах Adlershof, Mockernkiez, Smart City Mariendorf, Markisches Viertel (все – Берлин), а также Hamburg Water Cycle и Hafencity Hamburg (Гамбург) и др.

«Каждый район – словно отдельное образование, «город в городе», – рассказывает Татьяна Богданович. – Практически все системы децентрализованы. Каждое жилое образование является автономной единицей, функционирующей отдельно от остальных коммуникаций города». Группе специалистов было продемонстрировано применение смешанных систем теплоснабжения в связке с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), что позволяет добиться значительно сокращения выбросов углекислого газа.

По словам Сергея Шамрило, повсеместно распространено использование «зеленых» крыш, солнечных панелей на кровлях и фасадах зданий. Дождевая вода не уходит



Mariendorf

сразу в ливневую канализацию, а через озелененные территории возвращается в природный цикл либо используется для технических целей.

Для крупнейшего жилищного кооператива Германии Möckernkiez, целью которого стало создание экологически благоприятного, безбарьерного и социально-интегрированного квартала, была разработана концепция децентрализованного энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии. «Основным элементом является котельная с блочной тепловой электростанцией, которая на 100% работает на биогазе, получаемом из мусора и биоотходов, и вырабатывает электрическую и тепловую энергию, – рассказывает Елена Перко. – Отсюда через подземную локальную теплотрассу тепло распределяется в другие здания. Кроме того, в Möckernkiez установлено пять фотоэлектрических солнечных элементов, которые также вносят свой вклад в энергоснабжение квартала».

Район является крупнейшим проектом пассивного дома в столице Германии. Биогаз его жители используют также для приготовления пищи. А средняя стоимость электроэнергии в Möckernkiez составляет 10–12 евро за киловатт-час.

«Кстати, аргументированной выгодой применения различных энергоэффективных систем становится привлекательность микрорайона для арендаторов и новых собственников в связи с уменьшением стоимости ежемесячных коммунальных расходов», – подчеркивает Татьяна Богданович.

Партнеры проекта «Зеленые города» побывали также в Берлинском жилом районе Mariendorf, построенном еще в конце 1960-х – начале 1970-х годов и состоящем из 31 жилого дома разной этажности.

Компания Gewobag в течение всего трех лет превратила этот жилой комплекс в современный и энергоэффективный городской район. Проектировщики ориентировались на внедрение «умных» инновационных технологий в повседневный быт жителей квартала, стараясь избежать больших финансовых вложений. Использование ВИЭ – мини-ТЭЦ и фотовольтаических солнечных элементов, расположенных на жилых зданиях, – позволило сократить выбросы CO₂ в жилом комплексе на 2630 тонн в год.

«Но что оставляет наибольшее впечатление – это масштаб мышления и комплексность подхода к решению поставленных задач, – рассказывает Елена Перко. – Так к примеру, в этом районе при решении вопроса сокращения энергопотребления и выбросов CO₂ был поэтапно решен ряд других задач: вопросы безбарьерного передвижения по территории и внутри зданий, сохранение биоразнообразия, вопросы климатической адаптации, комфортного проживания горожан разных возрастных и социальных категорий, а также с различным уровнем достатка и образования».

«Комплексный подход здесь повсюду», – подтверждает Сергей Шамрило. Так, район Hafencity Hamburg ставит целью внедрение высоких стандартов комплексного городского развития. Это новый район на территории бывшего порта, площадью 157 га. «Здесь главное понятие – многофункциональность», – отмечает Сергей Шамрило. – В комплексе под одной крышей находятся жилые квартиры, учреждения образования, культуры, спорта и отдыха, магазины. Все – в шаговой доступности».

Впечатлил участников поездки и подход к совсем старым объектам. Бункер, который в 1942–1944 гг. служил местом размещения ПВО, сегодня превращен в «энергобункер» и снабжает город «зеленой» энергией: на его крыше находятся фотоэлектрические элементы и солнечные коллекторы общей площадью 2020 кв. м. Внутри здания – бак высотой 20 метров на 20 тыс. куб. м воды. Электроэнергия используется для нагрева воды, которая выступает в роли теплоаккумулятора. Повсеместно в Германии вода хранит запас тепла на то время, когда в течение суток тариф на электроэнергию выше.

«В целом, колоссально бережный подход к использованию воды, энергии и тепла поразил, – делится впечатлениями Татьяна Богданович. – Чтобы снизить расходы на энергообеспечение объектов, вся их полезная площадь занята солнечными батареями. Крыши в многоквартирных жилых домах «зеленые». С целью снижения потребления энергии на нужды кондиционирования применяется система «зеленого» фасада. На территориях общего пользования организована система дренажей с целью повторного применения собранной с поверхностей



Энергобункер в Берлине

дождевой воды. Все системы обеспечения оснащены функциями диспетчеризации, с помощью которых потом легко проводится анализ, и на основании полученных данных с минимальной модернизацией достигается положительная динамика технологического процесса».

По словам белорусских специалистов, комплексность подхода к развитию городских территорий позволила немецким коллегам достичь эффективных результатов и в модернизации инфраструктуры, и в реализации мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности.

«Можно ли применить этот опыт в Новогрудском районе? – задается вопросом Елена Перко. – Думаю, что это реально, причем по некоторым направлениям – в самое ближайшее время. Новогрудок, позиционирующий себя как «зеленый» город с «зеленой» экономикой, будет двигаться дальше. Например, в Новогрудке рассматривается внедрение системы энергоменеджмента. Необходимый анализ данных для внедрения этой системы, а также полученный международный опыт свидетельствуют о том, что для города это направление является ближайшей перспективой».

«Мы будем учитывать полученный опыт при разработке энергоэффективных мероприятий и с использованием фотогальванических и солнечных элементов, и с использованием дождевых и бытовых сточных вод, – считает Сергей Шамрило. – Государственному предприятию «Новополоцкая управляющая компания» уже предложено провести тепловую модернизацию жилых домов 1960–1980 гг. постройки с участием жильцов в целях уменьшения потребления энергии в 2020–2025 гг. в рамках проведения капитальных ремонтов, предусмотренных перспективной программой капитального ремонта жилищного фонда Новополоцка». ■

Проект ПРООН/ГЭФ «Зеленые города»

Комментарий Веры Сысоевой, эксперта по зеленому градостроительству проекта «Зеленые города»:

– В очередной раз убеждаюсь, что один раз увидеть лучше ста прослушанных лекций. Представителям белорусских городских администраций было очень полезно убедиться, как важен комплексный подход, и увидеть своими глазами, какие возможности он несет при реконструкции сложившихся районов. Я также год назад посетила с экскурсией район Mariendorf и была впечатлена тем, как преобразились здания, похожие на знакомые нам «хрущевки». Одновременно с тепловой модернизацией были пристроены лифты, реконструированы санузлы, с тем чтобы 100% квартир были доступными для людей, передвигающихся на коляске. Кроме того, компания-владелец надстроила здания и практически окупила этим затраты на модернизацию и техническое переоснащение района.

Тут есть важные отличия от белорусских реалий. Этот район – арендное жилье, что позволило отселить арендаторов и буквально за три месяца произвести работы.

Из данного примера следует, что белорусским специалистам мало скопировать лучший опыт, придется искать свои комплексные решения для повышения комфорта проживания жителей и сокращения выбросов парниковых газов в жилищном секторе. Именно такой подход закладывался нашим проектом при разработке концептуальных моделей реконструкции сложившихся жилых районов в Полоцке, Новополоцке и Новогрудке. Разработанные с участием жителей и представителей городских администраций, проекты отвечают принципам зеленого градостроительства и лучшим примерам международной практики. Теперь мы приблизились к стадии реализации, для чего нам также требуется передовой опыт. Понимание городскими администрациями того, как такие проекты реализуются в других странах, дает старт для поиска путей осуществления разработанных подходов.



Участники поездки в Германию

Выработаны первые сотни тысяч киловатт-часов на СЭС в Яселевичах

В марте нынешнего года завершилось строительство солнечной электростанции мощностью 1,25 МВт, а также транспортной и инженерной инфраструктуры к ней в районе д. Яселевичи Щучинского района Гродненской области. Свою эффективность станция демонстрирует с момента запуска. За 16 дней марта станция отпустила в сеть 71,7 тыс. кВт·ч, за апрель – 170,4 тыс. кВт·ч.

Строительство, заказчиком которого выступило одно из щучинских предприятий, осуществлялось в пределах квот, распределяемых республиканской комиссией.

Фотоэлектрическая электростанция в районе д. Яселевичи представляет собой 15 рядов столов фотоэлектрических панелей, размещенных на площадке размером 150 на 170 метров. Панели на столах размещаются горизонтально в 4 ряда. Ряды столов с фотоэлектрическими панелями располагаются строго с запада на восток с ориентацией лицевой стороны панелей на юг. На станции установлены фотоэлектрические панели из поликристаллических модулей типа SV 60P-280 производства польской фирмы. Выработываемый постоянный ток передается к инверторам номинальной мощностью 60 и 50 кВт. Далее переменный ток передается на трансформаторную подстанцию, а затем в общую энергосеть.

Эксплуатация станции осуществляется в автоматическом режиме, без постоянного присутствия эксплуатационного персонала. Это позволило избежать затрат на обеспечение объекта системами водоснабжения и ка-



нализации. Станция не производит вредных выбросов, шума, инфразвуковых и электромагнитных колебаний.

Исходя из расчетного отпуска электрической энергии 1,6 млн кВт·ч в год, простой срок окупаемости проекта составит 5,7 года.

В настоящее время в Гродненской области функционирует 12 гидроэлектростанций, 37 ветроэнергетических установок, 16 солнечных электростанций, 5 биогазовых установок, 2 электрогенерирующих источника на биомассе. Суммарная мощность установок по использованию возобновляе-

мых источников энергии, вырабатывающих электрическую энергию, – 102,7 МВт. В прошлом году этими источниками выработано 217,3 млн кВт·ч электрической энергии, что позволяет обеспечить шесть таких районов области, как Новогрудский, Щучинский, Островецкий, Ошмянский, Кореличский и Ивьевский. ■

А.В. Панасик, главный специалист производственно-технического отдела Гродненского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР



Системы рекуперации тепла от холодильных агрегатов греют воду



ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» в целях уменьшения расхода электрической энергии активно внедряет системы рекуперации тепла от холодильных агрегатов.

Холодильные машины не только потребляют большое количество энергии для «производства холода», но и вырабатывают еще большее количество тепла. Системы рекуперации (утилизации) тепла, выделяемого холодильными установками, дают возможность экономить на затратах по приготовлению горячей воды.

Особенностью данного энергосберегающего мероприятия является подключение к холодильной системе через теплообменник накопительного резервуара (бойлера), в котором происходит аккумуляция горячей воды. Так как потребность в холоде на молочно-товарном комплексе постоянная и необходим постоянный подогрев воды, требуемой для нужд предприятия, данный способ позволяет эффективно использовать тепло, выделяемое холодильными установками.

Так, на МТК «Шапурова» и «Яновичи» в 1 квартале 2020 года на действующее холодильное оборудование, которое предназначено для хранения молока, специалистами предприятия были установлены системы рекуперации тепла производства фирмы «Reflex».



Планируется, что уже в нынешнем году это позволит сэкономить 6 т у.т. Капиталовложения в данное мероприятие составили 7838 рублей. Источник финансирования – собственные средства предприятия. Простой срок окупаемости мероприятия составит 2,5 года. ■

Ю.М. Ковалев, главный специалист инспекционно-энергетического отдела Витебского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР

Выпуск комбикорма в ЗАО «Экомол Агро» стал энергоэффективнее

Одной из приоритетных задач в условиях постоянного повышения цен на энергоресурсы является своевременное внедрение энергосберегающих мероприятий.

Несмотря на сложные финансово-экономические условия, в ЗАО «Экомол Агро» Оршанского района ведется непрерывная работа по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

В январе нынешнего года на предприятии реализовано мероприятие по замене грануляторов типа РР на один гранулятор нового типа. На реализацию данного мероприятия ЗАО «Экомол Агро» затратило 1 млн 106 тыс. 560 рублей собственных средств. С момента за-



мены предприятием получена экономия в размере 34,5 т у.т.

Если прежнее оборудование для выпуска 73 тыс. тонн гранулированных спецкомби-

кормов работало 5615 часов в год, то новому оборудованию для выпуска того же объема потребуется всего 2920 часов работы.

Поскольку в среднем за год на грануляторах типа РР выпускалось 73 тыс. тонн комбикормов, на грануляторе нового типа планируется выпускать до 110 тыс. тонн комбикормов в год.

В результате замены оборудования ожидается получить экономию топливно-энергетических ресурсов в размере около 138 т у.т., из них 101 т у.т. – электрической энергии и 37 т у.т. – тепловой энергии. ■

П.Н. Дубовец, заместитель начальника инспекционно-энергетического отдела Витебского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР

Под Несвижем построят «солнечные» поля

В Несвижском районе Минской области полным ходом идет строительство нового парка солнечных батарей. Размеры парка будут равняться площади пяти футбольных полей.

Солнечный парк возводится возле деревни Качановичи Несвижского района дочерней компанией известного по своим проектам в возобновляемой энергетике белорусско-швейцарского совместного предприятия. По проекту в парке, который разместится на площади около 4 гектаров, будет установлено 4 тысячи 752 солнечных панели. Каждая из них имеет номинальную мощность 335 Вт. В результате установленная мощность всего парка солнечных батарей составит 1,6 МВт.

Специалисты рассчитывают завершить строительство солнечного парка в ближайший месяц. Это актуализируется сезоном наиболее эффективной эксплуатации подобных объектов возобновляемой энергетики в Беларуси.

Как пояснили на головном предприятии, основным параметром для оценки потенциальной выработки солнечных электростанций является количество поступающей суммарной солнечной радиации на поверхность Земли. Согласно исследованиям климата Беларуси, наиболее «урожайными» по данным показателям месяцами в Минской области являются май, июнь и июль,



По проекту в парке будет установлено 4 тысячи 752 солнечных панели. Каждая из них имеет номинальную мощность 335 Вт. В результате установленная мощность всего парка солнечных батарей составит 1,6 МВт.

когда суммы регистрируемой солнечной радиации превышают 600 МДж/кв. м. Кроме того, именно на эти месяцы приходится наибольшее количество часов солнечного сияния, зафиксированных ближайшей станцией метеонаблюдений в Слуцке. В мае продол-

жительность солнечного сияния там составляет 280 часов, в июне – 306, а в июле – 285. Так что в случае оперативной сдачи в эксплуатацию у несвижской «плантации» солнечных батарей есть шанс поймать наиболее яркие лучи белорусского солнца.

Как отмечают на головном предприятии, парк под Несвижем – не единственная подобная электростанция, запланированная к возведению. В ближайшее время компания намерена начать создание аналогичных объектов в Витебской и Могилевской областях. ■

Thinktanks.by

Не только проверки, но и профилактические меры

Минское областное управление по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов в соответствии с планом выборочных проверок в первом квартале нынешнего года провело четыре выборочные проверки организаций ЖКХ.

По результатам проверок следует отметить, что на предприятиях ведется работа по экономному и рациональному использованию ТЭР: разрабатываются программы по энергосбережению (планы деятельности по выполнению целевых показателей, планы мероприятий по энергосбережению), проводятся в установленные сроки энергоаудиты, предоставляется ведомственная и статистическая отчетность.

В ходе проверок выявлены следующие основные нарушения действующего законодательства в сфере энергосбережения:

- использование ТЭР без утвержденных в установленном порядке норм их расхода;
- прямые потери теплоносителя (воды) из-за неисправности оборудования тепловых сетей (в отдельных индивидуальных тепловых пунктах жилых домов);
- отсутствие и неисправность тепловой изоляции на трубопроводах и теплоиспользующем оборудовании (калечи бойлера, грязевики, запорная арматура);
- неработающие системы автоматического регулирования подачи тепловой энергии систем отопления и горячего водоснабжения;
- неработающие приборы группового учета расхода тепловой энергии систем отопления и горячего водоснабжения;
- отсутствие приборов визуального контроля (термометры, манометры);

– сверхнормативное расходование тепловой и электрической энергии, топлива при осуществлении хозяйственной деятельности.

По выборочным проверкам резерв экономии ТЭР составил 4,211 тыс. т у.т.

По результатам проверок вынесены предписания устранения выявленных нарушений.

По установленным фактам не рационального использования ТЭР по ч. 1, 2, 3 ст. 20.1 Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях в отношении юридических и виновных должностных лиц направлено в суд 26 протоколов об административном правонарушении.

В целях снижения числа нарушений в сфере энергосбережения Минское областное управление по надзору за рациональным использованием ТЭР принима-

ет меры профилактического и предупредительного характера: проводится разъяснительная работа со специалистами субъектов хозяйствования Минской области, организуются семинары, проводятся мониторинги и др. За январь-март текущего года проведено 13 мониторингов, по результатам которых выданы рекомендации устранения не рационального расходования топлива, электрической, тепловой энергии и других нарушений действующего законодательства в сфере энергосбережения.

Ведется контроль за исполнением выданных предписаний и рекомендаций. ■

А.С. Титова,
зам. начальника инспекционно-энергетического отдела
Минского областного
управления по надзору
за рациональным
использованием ТЭР

Изменен порядок разработки, рассмотрения, установления и пересмотра норм расхода ТЭР

С целью создания условий для максимального учета интересов юридических лиц, осуществления административной процедуры по установлению норм расхода топливно-энергетических ресурсов на территориальном уровне, максимально приближенном к заинтересованному юридическому лицу, 6 мая 2020 года вступило в действие постановление Совета Министров Республики Беларусь от 01.02.2020 № 65 «Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь по вопросам энергосбережения», которым внесены изменения в пункт 19 и 20 Положения о порядке разработки, установления и пересмотра норм расхода ТЭР.

Эти пункты предусматривают, что:

«19. Нормы расхода ТЭР устанавливаются республиканскими органами государственного управления и иными государственными организациями,

подчиненными Правительству Республики Беларусь, облисполкомами и Минским горисполкомом по согласованию:

с Департаментом по энергоэффективности – для государственных организаций с годовым потреблением ТЭР 25 000 тонн условного топлива и более, в том числе имеющих источники тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч и более;

с областными, Минским городским управлениями по надзору за рациональным использованием ТЭР Государственного комитета по стандартизации – для государственных организаций с годовым потреблением ТЭР от 100 до 25 000 тонн условного топлива, в том числе имеющих источники тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч и более. Для государственных организаций с годовым потреблением ТЭР менее 100 тонн условного топлива, имеющих источники тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч

и более, нормы расхода ТЭР согласовываются только для источников тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч и более.

20. Для нормируемых юридических лиц, за исключением государственных организаций, указанных в абзацах втором и третьем пункта 19 настоящего Положения, нормы расхода ТЭР устанавливаются:

Департаментом – для юридических лиц с годовым потреблением ТЭР 25 000 тонн условного топлива и более, в том числе имеющих источники тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч и более;

областными, Минским городским управлениями по надзору за рациональным использованием ТЭР Государственного комитета по стандартизации – для юридических лиц с годовым потреблением ТЭР от 100 до 25 000 тонн условного топлива, в том числе имеющих источники тепловой энергии произво-

дительностью от 0,5 Гкал/ч и более.

Для юридических лиц с годовым потреблением ТЭР менее 100 тонн условного топлива, имеющих источники тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч и более, нормы расхода ТЭР устанавливаются только для источников тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч и более.».

Таким образом, начиная с 06.05.2020 комплект документов для согласования норм расхода ТЭР, предусмотренный п. 2.22 единого перечня административных процедур, осуществляемых государственными органами и иными организациями в отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17.02.2012 № 156, следует представлять в соответствии с новым порядком. ■

Департамент по энергоэффективности

На Гродненской ТЭЦ-2 установлены два электродкотла

На Гродненской ТЭЦ-2 РУП «Гродноэнерго» успешно введены в эксплуатацию два электрических котла производства «Zander&Ingeström» (Швеция) мощностью

30 МВт каждый со вспомогательным оборудованием. Установка водогрейных электродкотлов на Гродненской ТЭЦ-2 входит в комплекс мероприятий по режимной

интеграции Белорусской АЭС в баланс энергосистемы.

Архитектурный проект был разработан и утвержден РУП «Гродноэнерго». РУП «Белни-



пиэнергопром» провело разработку строительного проекта. В качестве генерального подрядчика ОАО «Белэнергогоремналадка» выполнило полный комплекс строительно-монтаж-

ных и пусконаладочных работ на объекте. Работы велись с мая 2019 года. В июле прошлого года были поставлены электродкотельные установки. ■

Energo.by

ПРЕДСТАВЛЯЕМ ПЕРВЫХ УЧАСТНИКОВ РЕСПУБЛИКАНСКОГО КОНКУРСА «ЛИДЕР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ-2020»

С начала апреля начался сбор заявок для участия в VI Республиканском конкурсе «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь-2020». В силу сложившихся обстоятельств сегодня некоторые предприятия работают не в полную меру либо даже стоят на паузе. Но в рамках конкурса сохраняется устойчивый интерес к темам энергоэффективности и ресурсосбережения.



Представители оргкомитета конкурса встретились с генеральным директором УП «МИНГАЗ» Вадимом Евгеньевичем Шолоником, чтобы узнать, какие стратегические задачи стоят перед предприятием в сфере энергоэффективности в настоящее время.

– В этом году, – отметил В.Е. Шолоник, – мы планируем приобрести вторую «Стоп-систему» – установку для перекрытия сечения действующего газопровода под давлением диаметром 400–500 мм (наиболее распространенной по Минску сети). Это даст возможность еще больше сократить потери природного газа при выполнении работ. Кроме этого, мы работаем над оптимизацией движения транспорта. Совместно с компанией «БелТрансСпутник» мы попробовали автоматически распределять заявки от населения по маршрутам

и получили 20% экономического эффекта от правильного распределения машин. Однако для полного успеха подобного мероприятия необходимо произвести унификацию оформления адресов.



«Стоп-система» – установка для перекрытия сечения действующего газопровода под давлением диаметром 400–500 мм



Энергосбережение и энергоэффективность помогают нам значительно снизить затраты на технологический процесс, а также исключить неудобные для потребителей моменты. Например, стоп-система позволяет выполнять ремонтные и врезочные работы без отключения потребителей от газоснабжения.

УП «МИНГАЗ» в 2019 году получил 5 наград конкур-

са «Лидер энергоэффективности» в нескольких номинациях. В 2020 году в номинации «Энергоэффективная технология года» предприятие представляет «Реконструкцию подземных газопроводов методом санации». Данная технология позволяет в 4 раза снизить затраты на восстановление (по сравнению с традиционным ремонтом), обеспечивает более высокую скорость прокладки без разрытия траншей по всей длине участка, минимизирует затраты на проектирование и строительство и т.д.

В 2020 году направленность конкурса расширена. Организаторы и эксперты отметили, что при выявлении лидеров-победителей внимание будет обращено не только на энергоэффективность материалов, технологий, решений, систем, но и на ресурсосберегающий эффект, экологичность и безопасность заявленных продуктов.

Первые участники постарались соответствовать заявленным критериям.

Илья Николаевич Кайко, главный инженер филиала «Гродненская ТЭЦ-2» РУП «Гродноэнерго»:



– Мы практически ежегодно участвуем в конкурсе. В этом году в номинации «Энергоэффективная технология года» представляем проект «Реконструкция турбоагрегата ПТ-60-130/13 ст. №2 с заменой вспомогательного оборудования и генератора».

РУП «Гродноэнерго» является единым технологическим комплексом по производству, передаче и распределению энергии. На балансе предприятия находятся теплоэлектростанции, гидроэлектростанции, ветроэлектрическая станция и районные котельные, основные и распределительные электрические сети, тепловые сети.

Паровая теплофикационная турбина ПТ-60-130/13 ст. №2 Гродненской ТЭЦ-2 была реконструирована с увеличением мощности на 10 МВт

и перемаркирована в ПТ-70-12,8/1,27. Номинальная мощность – 70 МВт. Турбина рассчитана на работу с номинальной частотой 50 Гц (3000 об/мин.) и предназначена для непосредственного привода синхронного генератора переменного тока мощностью 70 МВт, типа ТФ-70Н-2УЗ, монтируемого на общем фундаменте с турбиной. Расход пара на турбину – 430 т/ч. Организованы следующие отборы пара: нерегулируемый отбор пара на производство (№1) и регулируемые отборы пара – производственный (№2) и теплофикационный. Реконструкция проведена без принципиальных изменений компоновки фундамента турбоустановки.

Назначение турбины – комбинированная выработка тепловой и электрической энергии.

Экономическая эффективность обеспечивается следующими основными факторами:

- заменой всего основного и вспомогательного оборудования в ячейке турбоустановки ст. №2, а также установкой генератора с тиристорным возбуждением;

- организацией подачи пара 2,9 МПа на производство из двух разных отборов после 5-й и 7-й ступеней с возможностью переключения из одного на другой в зависимости от нагрузки турбоагрегата. Это позволяет отпускать пар без потерь на дросселирование при низких нагрузках;

- заменой водородной системы охлаждения турбогенератора на воздушную, что обеспечивает повышение уровня надежности и безопасности эксплуатации турбоагрегата, взрыво- и пожаробезопасности, снижение расхода электроэнергии на приготовление водорода;

- заменой группы сетевых насосов с установкой гидромурфы на одном из них;

- возможностью подогрева сетевой воды в конденсаторе турбины (режим «ухудшенного вакуума»), исключая тем самым потери тепла в конденсаторе величиной 8 Гкал/час, снижая потери от испарения воды в градирне. Ожидаемый экономический эффект от исключения потерь в холодном источнике и использования данного тепла для подогрева сетевой воды в конденсаторе составляет 5900 т у.т. в год;

- увеличением установленной мощности станции на 10 МВт (с 302,45 до 312,45 МВт) в результате реконструкции;

- снижением расхода электроэнергии на собственные нужды;

- дополнительной выработкой электроэнергии (увеличение на 32,6 млн кВт·ч) за счет увеличения расхода пара на турбину;

- ожидаемая суммарная годовая экономия составляет порядка 10599 т у.т.

«Хотим в конкурсе проверить свои силы, свой потенциал, – поясняет И.Н. Кайко, главный инженер филиала «Гродненская ТЭЦ-2» РУП «Гродноэнерго». – Это стимулирует к развитию. Неинтересно стоять на месте. Надо постоянно развиваться и двигаться вперед».

Родион Юрьевич Аракелян, директор ЗАО «ИСЭЛ»:

– В конкурсе «Лидер энергоэффективности» мы участвуем впервые. В номинации «Эффективное использование электрической энергии» представляем собственную продукцию «Обогреватель электрический керамогранитный «Теплокамень», которая может сделать более удобной и комфортной нашу повседневную жизнь.



Обогреватель электрический керамогранитный «Теплокамень»

Инновационная технология безынерционного нагрева состоит в том, что вместо традиционной спирали нами был разработан и применен электропроводящий состав, проникающий в структуру керамогранитной плиты и позволяющий не просто «греть» ее по всей площади, а преобразовывать электрическую энергию в тепловую без потерь.

Количество выделяемого тепла существенно превосходит имеющиеся на рынке альтернативы, соответственно и расчет необходимой мощности оборудования отличается от общепринятого. Мощность одного обогревателя 500 Вт, он рассчитан на обогрев и поддержание комфортной температуры в помещении площадью 25 кв. м. ▶



Паровая теплофикационная турбина ПТ-60-130/13 ст. №2 Гродненской ТЭЦ-2

В это сложно поверить, но многочисленные испытания и тесты подтвердили слова делом: «Теплокамень» выдает 500 Вт, или 1,5 МДж.

Комплект из электрических керамогранитных обогревателей «Теплокамень» и терморегуляторов является полноценной энергоэффективной системой отопления жилых, административных и производственных помещений. Используется на животноводческих фермах и птицефабриках, в теплицах и оранжереях для прогрева грунта, сушки зерна, овощей и фруктов, а также в строительстве – одной из сфер, где новые технологии и материалы особенно быстро находят свое применение.

Помимо экономии при покупке отопительного оборудования, применение электрических керамогранитных обогревателей «Теплокамень» позволяет существенно сократить затраты на отопление в течение всего периода пользования.

«Теплокамень» возможно монтировать поэтапно, что особенно актуально, когда не все комнаты или даже этажи используются одинаково интенсивно.

Эта продукция пожаробезопасна и оказывает положительное влияние на здоровье, так как нет принудительной конвекции воздуха и пыли, устраняются причины возникновения грибка и плесени.

Отопление оборудованием «Теплокамень» помогает экономить не только на стадии покупки оборудования и его монтажа, но и на протяжении всего срока службы.

На продукцию предоставляется гарантия 5 лет, срок ее службы – 25 лет. Кроме этого компания осуществляет сопровождение каждого объекта от консультации и расчета до монтажа и пуска в эксплуатацию.

Надеемся, что участие в конкурсе «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь» привлечет внимание населения и профессионального сообщества к нашему продукту и позволит решить ряд наболевших проблем в сфере отопления жилых и промышленных объектов.

Олег Сергеевич Мищенко, директор ОАО «Радошковичский керамический завод»:

– Наше предприятие – одно из самых молодых в Республике Беларусь по производству стеновых керамических материалов. Производственный процесс осуществляется на оборудовании европейской фирм. Ежегодно мы поставляем на рынок около 65 млн штук кирпича. Кроме этого предприятие первым в республике освоило технологию производства нового вида изделий – поризованных керамических блоков. И в конкурсе «Лидер энергоэффективности» мы принимаем участие именно с этими блоками в номинации «Энергоэффективный продукт года».

Блоки керамические поризованные пустотелые применяются в защищенной кладке самонесущих и несущих наружных и внутренних стен зданий и сооружений, для заполнения каркасов (несущих стен).

Принципиальное отличие поризованной керамики от обычной заключается в особой структуре материала. Современная технология позволяет создавать пустотелый керамический камень, в массе которого образуется множество крохотных пор. Поэтому плотность камня на 30% меньше, а тепло он сохраняет в два раза лучше, чем обычный пустотелый кирпич. Малый вес блоков позволяет уменьшить нагрузку на фундамент, а их прочность – строить многоэтажные здания с несущими стенами.

Низкая теплопроводность поризованных блоков дает огромный теплосберегающий эффект, улучшается комфортность жилья. При использовании поризованных керамических блоков значительно улучшаются звукоизолирующие свойства стен и перегородок.

Блоки помогают повысить комфортность проживания. Зимой в домах из поризованных блоков тепло, а летом – прохладно. Блоки отличаются экологичностью, потому что при производстве используются только глина и выгорающая добавка – опилки. Такие блоки востребованы как при строительстве многоэтажных зданий, так и в частном домостроении. ■



Блоки керамические поризованные пустотелые применяются в защищенной кладке самонесущих и несущих наружных и внутренних стен зданий и сооружений, для заполнения каркасов (несущих стен)



Приглашаем к участию!

Оргкомитет конкурса
(ООО «Деловые Медиа»)
Телефон: +37517 268-51-60/61,
+37529 182-80-10
Факс: +37517 268-47-92
E-mail: info@energokonkurs.by
www.energokonkurs.by



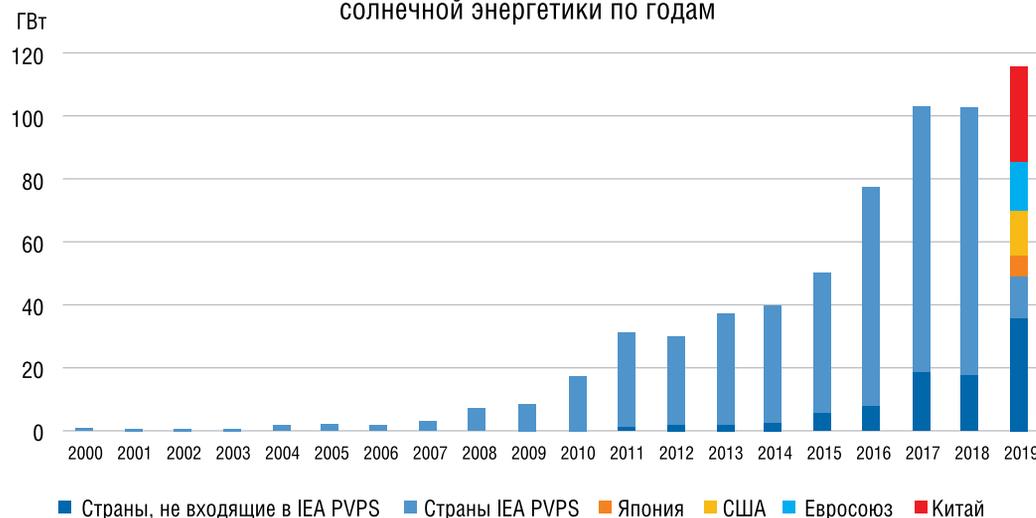
За год в мире было установлено 115 ГВт солнечных электростанций

По итогам 2019 года установленная мощность мировой солнечной энергетики достигла 629 ГВт, после того как в течение года было построено почти 115 ГВт фотоэлектрических станций, говорится в новом докладе «Snapshot of Global PV Markets 2020» от IEA PVPS. Программа по фотоэлектрическим системам (PVPS) Международного энергетического агентства (МЭА) основана в 1993 году и является одним из соглашений о сотрудничестве в области исследований и разработок, заключенных странами МЭА.

Результат прошлого года соответствует краткосрочному прогнозу МЭА, опубликованному в сентябре 2019 года, и является абсолютным рекордом для отрасли (см. график).

Крупнейшим рынком по традиции стал Китай, в котором было установлено 30,1 ГВт солнечных электростанций. За ним следуют США (13,3 ГВт) и Индия (9,9 ГВт).

В Евросоюзе было введено в эксплуатацию примерно 16 ГВт. Как мы уже отмечали, крупнейшими рынками Евро-



пы в 2019 году стали Испания (4,4 ГВт) и Германия (3,9 ГВт).

На долю Азии пришлось около 57% от общего объема новых мощностей. Такие страны, как Южная Корея, Тайвань и Малайзия компенсировали снижение спроса в Китае.

Как мы видим, теперь входной билет в первую десятку по установленной мощности – это 10 (9,9) ГВт установленной мощности. В прошлом году было достаточно восьми гигаватт.

Также следует отметить, что в 2019 году десять стран ввели в эксплуатацию более 3 ГВт солнечных электростанций. Для сравнения, вся программа развития солнечной энергетики в России до 2024 года – это менее 1,8 ГВт.

В докладе отмечено, что фотоэлектрические системы, установленные во всем мире, в настоящее время способны покрыть около 3% мирового спроса на электроэнергию.

Показатели, приводимые в докладе IEA PVPS, несколько отличаются от данных из других источников. Скажем, Меж-

дународное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA) в своем недавно опубликованном отчете насчитало «всего» 97,1 ГВт новых мощностей фотоэлектрической энергетики в 2019 году, а некоторые другие эксперты аж 125 ГВт. Наши многолетние наблюдения показывают, что такие расхождения «в порядке вещей». Они, вероятно, обусловлены использованием разных баз данных и методов оценки, скажем, учетом объектов по постоянному или переменному току. ■

Владимир Сидорович, renen.ru

«Иста Митеринг Сервис» • 220034, г. Минск, ул. 3. Бядули, 12
 тел.: (017)271-3311, 224-6849, 224-6858; факс: (017)224-0569
 e-mail: minsk@ista.by • <http://www.ista.by>
 отдел расчетов: (017)224-5667 (-68) • e-mail: billing@ista.by



- Система индивидуального (поквартирного) учета тепловой энергии на базе распределителей тепла «Экземпер», «Допримо III радио»: от монтажа приборов до абонентских расчетов для десятков тысяч потребителей.
- Энергосберегающее оборудование «Данфосс», «Заутер», «Петтинароли»: радиаторные термостаты, системы автоматического регулирования отопления зданий, арматура.
- Приборы учета тепловой энергии «Сенсоник II» с расходом теплоносителя от 0,6 до 2,5 м³/ч с возможностью удаленного сбора информации.
- Запорно-регулирующая арматура: шаровые краны, радиаторные вентили, задвижки, фильтры, компенсаторы, обратные клапаны и т.д.
- Насосное оборудование «Грундфос».

УНП 100338436

«Гомельэнерго» в июне завершит строительство новых объектов

«Гомельэнерго» планирует ввести в эксплуатацию новые энергообъекты в июне, сообщила пресс-секретарь предприятия Оксана Шапорова. Речь о завершении строительства центральных тепловых пунктов (ЦТП) в Новобелицком районе Гомеля.

В 2016–2017 годах по распоряжению Президента на баланс «Гомельэнерго» было принято 87,94 км тепловых сетей из собственности областного центра и региона. Вторым этапом станет переключение нагрузок потребителей от котельных «Гомельоблтеплосети» по ул. Ильича, 32а и ул. Димитрова, 26 на энергоисточники «Гомельэнерго». Для этого в соответствии со схемой теплоснабжения Гомеля с перспективой на 2030 год начато строительство двух ЦТП с внешними инженерными сетями вблизи ликвидируемых котельных. При этом годовая экономия топливно-энергетических ресурсов составит порядка 707 тонн условного топлива. ■

БЕЛТА

Автор: Егор Сикорский, Никита Трацевский, учащиеся
Руководитель: С.Г. Пузиновская, учитель информатики
ГУО «Средняя школа № 4 г. Дзержинска», Минская область

АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ КАБИНЕТОВ

Третье место в номинации «Проект практических мероприятий по энергосбережению»
XIII республиканского конкурса «Энергомарафон»

Никакой вид энергии не обходится так дорого, как ее недостаток.

Хоми Джехангир Баба

Введение

Вопросам энергосбережения в нашем учреждении образования уделяется повышенное внимание. В 2016 году в школе создан и сегодня активно работает районный ресурсный центр по энергосбережению. Реализуется инновационный проект, направленный на становление энергоэффективного образа жизни участников открытого школьного сообщества. Группой учащихся-волонтеров регулярно проводятся акции, направленные на обучение учащихся и их родителей основным правилам энергоэффективности [1].

Важным моментом в энергосбережении является экономия энергоресурсов за счет установки энергоэффективного освещения. В минувшем учебном году во всех кабинетах школы были заменены флуоресцентные светильники с балластным дросселем на светильники с ЭПРА (электронной пускорегулирующей аппаратурой).

Мы пришли к выводу, что работу таких ламп можно сделать еще более эффективной.

Мы заметили, что не всегда требуется максимальный световой поток от светильников. Например, при установке ламп у окна в солнечный день световой поток можно уменьшить, обеспечив необходимую освещенность рабочего места и при этом сэкономив электроэнергию. В то же время лампы, установленные с противоположной от окон стороны, будут работать с прежней яркостью.

Кроме того, стремясь сделать эксплуатацию осветительных установок более рациональной, мы понимали необходимость обеспечения не только требуемой освещенности, но и качества освещения, т.к. снижение этой характеристики может повлечь за собой быструю утомляемость, ухудшение внимания, увеличение зрительной нагрузки.



Проверка работоспособности модели

Так возникла идея данного проекта.

В настоящее время существуют два направления технического прогресса в области электрического освещения: совершенствование электрических осветительных приборов и совершенствование систем управления освещением и светом. Мы решили двигаться во втором направлении.

Цель проекта: разработка системы управления освещением на основе искусственной нейронной сети для поддержания комфортной освещенности и экономии энергоресурсов.

В результате реализации проекта в учреждении образования будет создана световая среда, которая будет соответствовать установленным гигиеническим нормативам, позволит снизить потребление энергоресурсов и будет способствовать экономии средств, необходимых для оплаты освещения.

Автоматическое управление освещением и светом

По принципу работы системы автоматического управления освещением делятся на две группы:

- с дискретным управлением – включением/отключением всех или части светильников;

- с плавной регулировкой мощности освещения – плавным изменением мощности светильников (одинаковым для всех или индивидуальным [5]).

Мы выбрали в качестве направления разработки и исследования систему автоматического управления освещением с плавной регулировкой мощности. Функцию «регулятора» решено было возложить на искусственную нейронную сеть.

Изучение возможностей искусственных нейронных сетей и расширение области их использования – это одно из актуальных направлений исследований. Изучая литературу, мы обратили внимание, что на данный момент отсутствует описание механизмов создания и применения нейронных сетей в системе регулирования освещения [3]. Это направление показалось нам перспективным для разработки и дальнейшего внедрения.

Описание технического проекта

Для замера уровня освещенности под каждым рядом светильников в помещении будем использовать фотодатчики. Дополнительный датчик разместим за окном для замера величины наружной естественной освещенности. Схема аппаратной реализации предлагаемой нами системы управления освещением кабинетов представлена на Рисунках 1–3.

Информация с датчиков освещенности будет поступать на микроконтроллер, в который будет загружена наша программа. Программа реализует математическую модель искусственной нейронной сети.

На основе входных сигналов будет сформирован необходимый выходной сигнал, который и будет управлять освещением.

Рис. 1. Подключение фотодатчиков к главной плате контроллера

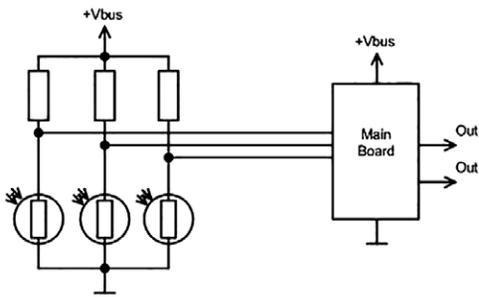


Рис. 2. Пример реализации управляющей аппаратуры для ламп накаливания и светодиодных ламп

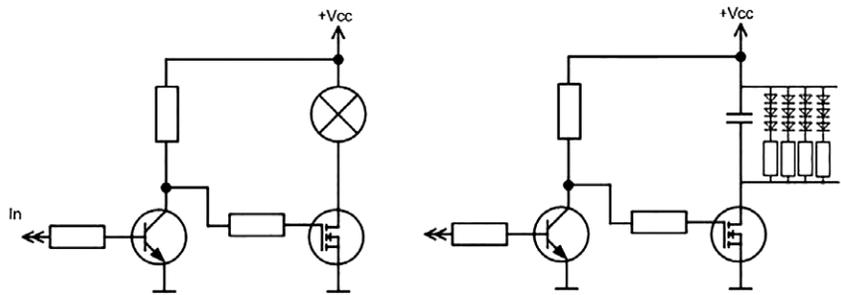
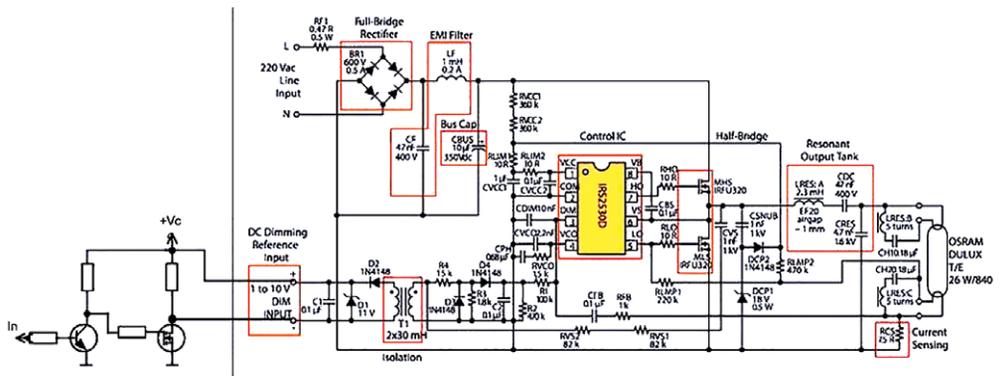


Рис. 3. Пример реализации управляющей аппаратуры для люминесцентных ламп



Программные средства реализации проекта

В процессе работы нами был выбран оптимальный для нашего проекта тип искусственной нейронной сети (Приложение 1).

В качестве языка программирования для создания искусственной нейронной сети был выбран мультипарадигмальный скриптовый язык Lua, который благодаря своей компактности пригоден для использования практически на любой платформе [7].

Нами был создан экспериментальный вариант программы, реализующей алгоритм искусственной нейронной сети, кото-

Таблица 3. Зависимость мощности светильников и освещенности от яркости солнца

Яркость солнца, %	Мощность 1 ряда светильников, %	Мощность 2 ряда светильников, %	Освещенность 1 ряда, лк	Освещенность 2 ряда, лк
5	99,9915	97,7445	258	280
10	94,5987	95,0481	288	306
15	88,5318	92,127	317	330
20	82,2402	88,5318	346	352,4
25	75,2745	84,4872	374	373
30	66,9606	79,3191	398	392
35	57,0738	73,7016	419	408
40	45,3894	67,6347	436	424
45	32,8062	62,0172	452	442
50	20,223	57,2985	467	461
55	8,5386	53,4786	484	483
60	2,247	50,1081	511	505
65	0	46,9623	550	529
70	0	43,5918	592	552
75	0	40,446	635	575
80	0	37,3002	677	598
85	0	33,9297	719	620
90	0	30,7839	762	640

рая содержит три слоя по 3 нейрона в каждом слое.

Наглядное представление изменения мощности светильников и освещенности в зависимости от яркости солнца отображено в таблице 3. Данные получены в результате работы нейронной сети при заданной нами характеристике регулятора. Под яркостью солнца будем понимать величину, характеризующую интенсивность солнечной активности.

Например, при яркости солнца 35% светильники 1 ряда (от окна) будут светить с мощностью 57,07% и освещенность 1 ряда будет соответствовать 419 лк. Светильники 2 ряда (у стены) будут светить с мощностью 73,7%, и освещенность 2 ряда будет 408 лк, что соответствует санитарным нормам.

При яркости солнца менее 15% мы стремились добиться значения освещенности не более 300 лк, чтобы сделать освещение более комфортным для глаз.

При яркости солнца более 65% мощность светильников первого ряда будет равна нулю. Чтобы освещенность рабочего места не превышала 500–550 лк, в помещении следует использовать жалюзи. При этом на 2 ряду светильники будут продолжать работать с мощностью 40–45% с целью компенсации неравномерности освещения. Яркостью солнца в 90% будем считать освещенность в солнечный летний день. ▶

Рис. 4. График зависимости мощности светильников от яркости солнца

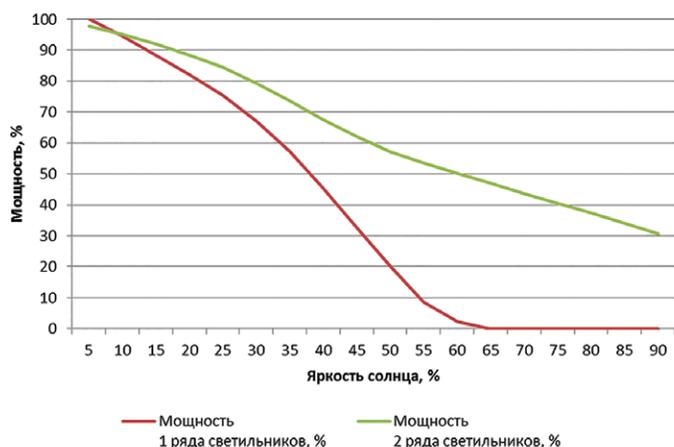


Рис. 5. График зависимости освещенности от яркости солнца

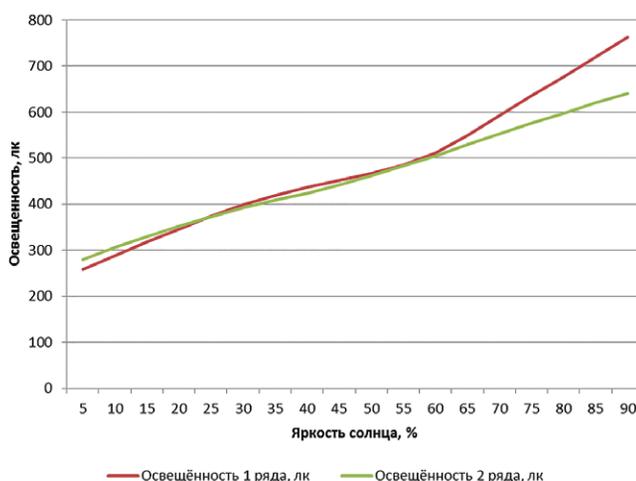


Рис. 6. Демонстрационная физическая модель помещения в процессе сборки



Рис. 7. Демонстрационная физическая модель помещения



На рисунках 4, 5 изображены графики зависимости мощности светильников и освещенности помещения от яркости солнца.

Работа с упрощенной математической моделью, учитывающей распространение света в кабинете информатики, позволяет на начальном этапе, не тратя время на электрическую часть, исследовать и обучать нейронную сеть в любое удобное время, находясь в любом месте.

Демонстрационная физическая модель

После оптимизации кода программы была построена демонстрационная физическая модель помещения с применением созданной системы управления освещением (Рисунки 6, 7). Исследования поведения демонстрационной физической модели помещения показали, что разработанный алгоритм является работоспособным.

Обоснование экономической эффективности проекта

Рассмотрим реализацию проекта на примере средней школы №4 г. Дзержинска. В учреждении обучается 1020 учащихся. В здании школы размещается 40 кабинетов (в т.ч. 2 компьютерных класса, лингафонный кабинет, лаборатория робототехники, ресурсный центр по энергосбережению), 3 мастерских, спортивный и актовый залы, зал ритмики и танца, библиотека, столовая. Рассчитаем затраты, необходимые для освещения кабинетов в течение учебного года.

В каждом учебном кабинете для организации искусственного освещения используется два ряда светильников по 8 штук в каждом ряду. Будем считать мощность одного светильника равной 48 Вт.

С учетом работы школы в две смены, число рабочих часов в сутках примем равным десяти. Число часов, в течение которых для освещения используется искусственное освещение, в среднем в году будем считать равным 4,5. Число месяцев в учебном году будем считать равным 10 (9 учебных и еще один, в течение которого школа функционирует в летний период).

Для проведения расчета [2] будем использовать следующие значения:

$C = 0,27312$ руб./кВт·ч – тариф на электрическую электроэнергию для бюджетных организаций;

$N_{kab} = 40$ шт. – число кабинетов в школе;
 $N_{line} = 2$ шт. – число рядов светильников в кабинете;

$N_{lamp} = 8$ шт. – число светильников в ряду;
 $P_{lamp} = 48$ Вт – мощность одного светильника;

$T_{day} = 10$ ч – число рабочих часов в сутках;
 $T_{dark} = 4,5$ ч – число часов, в течение которых включен свет;

$X_{mes} = 10$ – число рабочих месяцев в году;
 $X_{days} = 21$ – число рабочих дней в месяце.

Расчет годовых затрат на освещение с использованием обычной системы освещения

Суточный расход электроэнергии, кВт·ч:
 $W_{сут} = N_{kab} \cdot N_{line} \cdot N_{lamp} \cdot P_{lamp} \cdot 10^{-3} \cdot T_{dark} = 138,24$.

Годовой расход электроэнергии, кВт·ч:
 $W_{год} = W_{сут} \cdot X_{мес} \cdot X_{days} = 29.0304 \cdot 10^3$.

Годовые затраты на освещение, руб.:
 $C_W = W_{год} \cdot C = 7.9287828 \cdot 10^3$.

Расчет годовых затрат на освещение с использованием «умной» системы освещения

Коэффициенты для учета регулирующего эффекта нейросети:

$K1 = [0.85 \ 0.59 \ 0.2 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0.08 \ 0.15 \ 0.35]$

$K2 = [0.98 \ 0.79 \ 0.58 \ 0.31 \ 0.18 \ 0.18 \ 0.29 \ 0.43 \ 0.58 \ 0.72]$

Коэффициент использования мощностей среднесуточный:

$$KPS = \frac{1}{N_{line} \cdot T_{day}} \cdot \left(\sum_{i=1}^{T_{day}} K1_i + \sum_{i=1}^{T_{day}} K2_i \right) = 0.363$$

Суточный расход электроэнергии, кВт·ч:
 $W_{сут1} = N_{kab} \cdot N_{line} \cdot N_{lamp} \cdot P_{lamp} \cdot 10^{-3} \cdot T_{day} \cdot KPS = 111,5136$.

Годовой расход электроэнергии, кВт·ч:
 $W_{год1} = W_{сут1} \cdot X_{мес} \cdot X_{days} = 23,4179 \cdot 10^3$.

Годовые затраты на освещение, руб.:
 $C_{W1} = W_{год1} \cdot C = 6,3958848 \cdot 10^3$.

Таким образом, предварительный анализ экономической эффективности вне-

дрения данного подхода в систему освещения школьных кабинетов позволяет сделать вывод о почти 25-процентной экономии энергоресурсов, затрачиваемых на освещение.

Рассчитаем затраты на внедрение «умной» системы освещения в учреждении образования.

Величина затрат зависит от того, будет ли необходима модификация старых светильников или замена их новыми. Модификация, в зависимости от вида светильников, предполагает замену ЭПРА или драйвера.

Рассчитаем затраты для обоих случаев. В средней школе №4 г. Дзержинска установлены люминесцентные светильники с ЭПРА. Для внедрения «умной» системы освещения они не требуют значительной дополнительной доработки. Рассчитаем затраты на модернизацию системы освещения одного кабинета (Таблица 5).

Исходя из данных таблицы 5, затраты на модернизацию системы освещения одного кабинета составляют 62,91 бел. руб.

Затраты на модернизацию системы освещения всех кабинетов учебного заведения, бел. руб.:
 $62,91 \cdot 40 = 2,5164 \cdot 10^3$.

Экономия денежных затрат на электроэнергию для нужд освещения за один год, бел. руб.:
 $C_W - C_{W1} = 1,5329 \cdot 10^3$.

Таким образом, окупаемость проекта для учреждения образования, в котором уже

установлены люминесцентные светильники с управляемой ЭПРА, составит 1,64 года.

Рассчитаем затраты на внедрение «умной» системы освещения в учреждении образования в случае необходимости замены ЭПРА.

Мы подсчитали затраты на внедрение «умной» системы освещения в учреждении образования при необходимости дополнительной доработки светильников (замены ЭПРА). Затраты на модернизацию системы освещения одного кабинета составляют 254,91 бел. руб. Затраты на модернизацию системы освещения всех кабинетов учебного заведения, бел. руб.:

$$254,91 \cdot 40 = 10,1964 \cdot 10^3$$

Экономия денежных затрат на электроэнергию для нужд освещения за один год, бел. руб.:

$$C_W - C_{W1} = 1,5329 \cdot 10^3$$

Таким образом, окупаемость проекта для учреждения образования в случае необходимости замены ЭПРА составит 6,7 года.

Технические преимущества предлагаемого проекта:

- появится возможность получить желаемую освещенность рабочего места;
- мы сможем отдельно регулировать яркость каждого ряда светильников в помещении;
- станет возможным получение нелинейной характеристики регулирования (в утренние часы глазам будет комфортнее при несколько меньшей освещенности, чем требуется днем);
- система сможет контролировать освещение не только в помещении, но и на улице. А значит, реагировать как на возмущающее воздействие, так и на ошибку регулирования;
- появится возможность модифицировать программу и получить любую характеристику регулирования. Гибкость нашего алгоритма позволит избежать колебательности процесса регулирования при работе с любыми источниками света.

Заключение

В своем проекте к воплощению идей энергоэффективности мы привлекли перспективные информационные технологии.

В результате работы над проектом был разработан экспериментальный вариант программы, реализующей математическую модель искусственной нейронной сети для регулирования освещения. Разработаны электрические схемы реализации главной платы с контроллерами; схемы подключения датчиков, а также схемы управления лампами накаливания, светодиодными и люминесцентными лампами. Произведен расчет экономической эффективности проекта и затрат на его внедрение в учреждении образования. ▶

Таблица 4. Сравнительный анализ годовых затрат на освещение с использованием разных систем управления освещением

	Система управления освещением	
	Классическая	«Умная»
Суточный расход электроэнергии, кВт·ч	138,24	111,5136
Годовой расход электроэнергии, кВт·ч	29,0304 · 10 ³	23,4179 · 10 ³
Денежные затраты на электроэнергию для нужд освещения, руб.	7,9288 · 10 ³	6,3959 · 10 ³
Экономия электроэнергии		23,9669%

Таблица 5. Затраты на внедрение «умной» системы освещения для одного кабинета (без модификаций имеющихся светильников)

Наименование	Цена в бел. рублях за единицу	Количество	Стоимость
Arduino nano, шт.	7	1	7
Фоторезистор, шт.	0,4	5	2
Резисторы, шт.	0,05	20	1
Транзисторы биполярные, шт.	0,25	2	0,5
Транзисторы MOSFET, шт.	0,38	2	0,76
Блок питания, шт.	18	1	18
Провода силовые, м	1,13	5	5,65
Провода сигнальные, м	0,7	40	28
		Сумма, руб.	62,91

В результате реализации проекта в учреждении образования будет создана световая среда, которая будет соответствовать установленным гигиеническим нормативам, позволит снизить потребление энергоресурсов и будет способствовать экономии средств, необходимых для оплаты освещения.

Список использованных источников

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. [Электронный ресурс] // Директива Президента Республики Беларусь от 14.06.2007 №3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» – Режим доступа: [http://www.pravo.by/pdf/2007-146/2007-146\(005-015\).pdf](http://www.pravo.by/pdf/2007-146/2007-146(005-015).pdf). – Дата доступа: 20.09.2019.

2. Козловская, В.Б. Определение расхода электроэнергии на освещение промышленных предприятий [Электронный ресурс] / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич. // Репозиторий Белорусского национального технического университета. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/7911/%D0%A1.%205%20-%2011.pdf?sequence=1>. – Дата доступа: 10.01.2020.

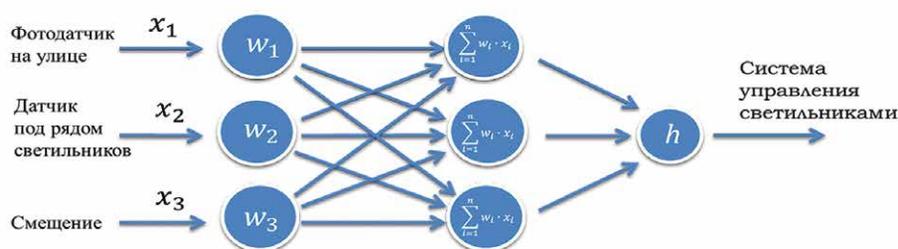
3. Нейронные сети для начинающих [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/134998/>. – Дата доступа: 21.09.2019.

4. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению помещений жилых и общественных зданий», Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий», Гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности для человека естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений общественных зданий»: приказ Министерства образования Республики Беларусь, 28 июня 2012 г., №674 – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21226118p_1344027600.pdf. – Дата доступа: 21.09.2019.

5. Сидоренко, О.А. Принципы построения систем освещения объектов и прилегающих территорий. Энергосберегающие САУО / О.А. Сидоренко // Энергосбережение. Практикум. – 2016. – № 4. – С. 39–50.

6. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] // Специфические санитарно-эпидемиологические требования к содержанию и эксплуатации учреждений образования:

Рис. 8. Модель нашей искусственной нейронной сети



$$h = f(\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i)$$

где w_i – веса нейронов,
 x_i – входные значения,
 f – функция активации,
 h – выход нейрона

Рис. 9. Скриншот окна программы, которая реализует математическую модель световой характеристики помещения, светильников и датчиков, для исследования и демонстрации работы нейронной сети

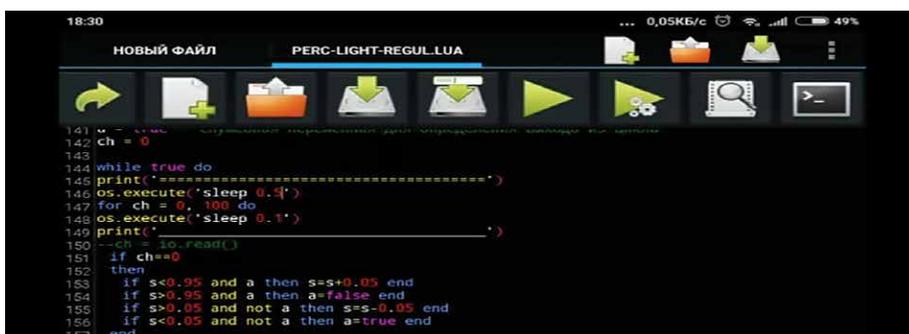
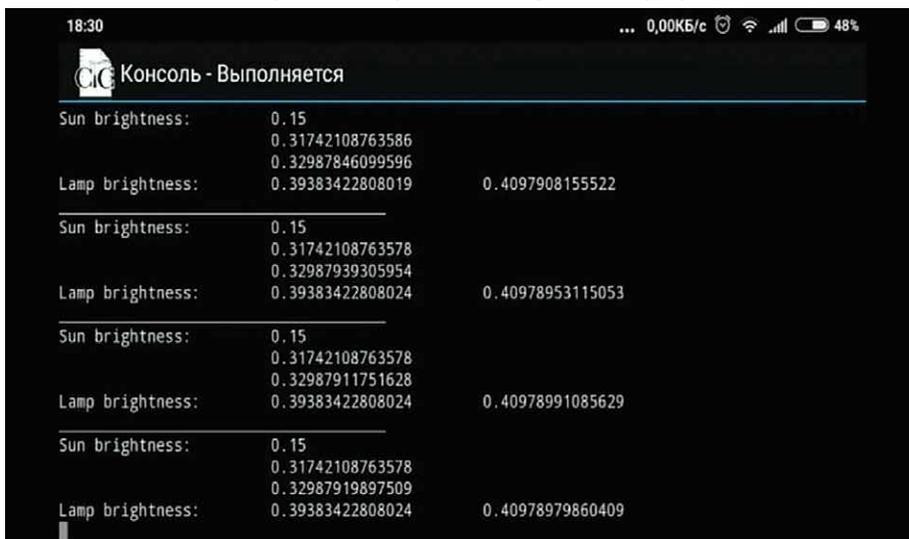


Рис. 10. Скриншот терминала с запущенной программой



постановление Совета Министров Республики Беларусь, 07 августа 2019 г., № 525 – Режим доступа: http://pravo.by/upload/docs/op/C21900525_1565730000.pdf. – Дата доступа: 20.09.2019.

7. Хочу все знать [Электронный ресурс] // Язык Lua – Режим доступа: https://geekbrains.ru/posts/about_lua. – Дата доступа: 21.09.2019.

Приложение 1

В процессе изучения принципов построения искусственных нейронных сетей методом проб и ошибок было выбрано оптимальное сочетание простоты, функциональности и удобства реализации. Под эти критерии подошла простая искусственная нейронная сеть прямого распространения.

Нами был создан экспериментальный вариант программы, который содержит три слоя по 3 нейрона в каждом слое (Рисунок 8).

Для обучения искусственной нейронной сети был применен алгоритм обратного распространения ошибки с контролируемой скоростью обучения. Для устойчивости процесса обучения было добавлено смещение.

Исследование работы искусственной нейронной сети

После создания первой работающей нейронной сети прямого распространения с обучением по методу обратного распространения ошибки перед нами возникла сложная задача. Она заключается в исследовании работы сети при различных наборах обучающих инструкций, определении числа итераций, необходимых для снижения ошибки к допустимому уровню.

Исследования проводились на планшетном ПК, имеющем невысокую производительность. Это позволило приблизить условия к тем, которые будут в конечном продукте, т.к. планировалось применение недорогих микроконтроллеров ATmega 328.

Результаты испытаний показали, что реализовать обучение нейронной сети на микроконтроллере нецелесообразно, т.к. обучение будет длиться дольше срока полезной эксплуатации.

Было принято решение разделить алгоритм на две части – обучающую и исполнительную программы (Рисунок 11). То есть обучение ней-



ронной сети производить в программе на персональном компьютере, а полученные веса записать в ROM микроконтроллера для использования в исполнительной программе. Таким образом, имея нужные значения весов, исполнительная программа на основе входных сигналов выдаст управляющий сигнал. ■

Мы писали:
Станюта, Д. Средняя школа №4 г. Дзержинска провела открытый урок в «Школе Активного Гражданина» // «Энергоэффективность». – 2020. – №2. – С. 11.

Энергосмесь

Приняты семь новых строительных норм

В Беларуси утверждены новые строительные нормы. Это предусмотрено постановлением Министерства архитектуры и строительства от 31 октября 2019 года №59, которое официально опубликовано на Национальном правовом интернет-портале.

Документом утверждены строительные нормы «Здания и сооружения. Отсеки пожарные», «Мосты и трубы», «Тепловые сети», «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», «Системы связи и диспетчеризации инженерного оборудования жилых и общественных зданий» и «Канализация. Наружные сети и сооружения». Эти нормы будут введены в действие через 60 календарных

дней после их официального опубликования.

Как отметили в пресс-службе Минстройархитектуры, в настоящее время в Беларуси ведется работа по реформированию законодательства в сфере архитектуры, градостроительства и строительства. Согласно указу от 5 июня 2019 года №217 в стране вводятся новые виды технических нормативных правовых актов: строительные нормы, которые включают требования в области безопасности зданий и сооружений, предназначенные для обязательного применения, и строительные правила, обеспечивающие способы достижения строительных норм.

«Строительные нормы и правила соответствуют европейским стандартам. Они позволят повысить качество проектной

документации и эффективность строительства, оптимально сочетать традиционные и прогрессивные конструкции, изделия, передовые технологии при обязательном соблюдении норм безопасности», – подчеркнули в пресс-службе.

Действующие сейчас технические нормативные правовые акты других госорганов в части, устанавливающей обязательные требования при проектировании и строительстве объектов, будут признаваться утратившими силу после введения в действие новых строительных норм и правил.

В Минстройархитектуры напомнили, что на официальном сайте министерства (www.mas.gov.by) создан новый раздел «Строительные нормы и правила». В нем можно ознакомиться со всеми действующими техни-



ческими нормативными правовыми актами в области строительства, а также с проектами документов по строительным нормам и правилам. Каждый желающий может оставить с помощью «Формы обратной связи» предложения по совершенствованию нормативов. Все они будут рассмотрены специалистами министерства. ■

БЕЛТА

МИР БЕЗ МУСОРА: ВОЗМОЖНА ЛИ ЦИКЛИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА

Невероятной кажется сама мысль о мире без мусора. Но идея циклической экономики, где ресурсы используются бережно, а сырье перерабатывается снова и снова, привлекает и представителей бизнеса и экологов. Возможно ли создать такую экономику? И есть ли у нас выбор?

В Амстердаме я встретился с человеком, который открыл мне глаза на обмен веществ человечества – мощные потоки сырья и готовой продукции, потребление которых приводит к впечатляющим достижениям и разрушительным последствиям.

Свежим осенним утром неподалеку от Остерпарка я сидел в кирпичном доме, возведенном сто лет назад, когда нидерландцы еще вывозили кофе, нефть и каучук из своей колонии Индонезии. В то время здесь располагался Институт исследований колоний. Сейчас здесь находится организация «Circle Economy», в которой трудится аналитик Марк де Вит.

Марк развернул передо мной схему – он называет ее «рентгеновским снимком мировой экономики». В отличие от природных экосистем, которые функционируют по принципу круговорота – из почвы растут растения, ими питаются животные, чьи экскременты затем удобряют почву, – промышленная экономика в значительной степени линейна. На схеме толстыми цветными потоками слева направо перетекали четыре вида сырья: минералы, руды, ископаемое топливо и биомасса; эти потоки, разделяясь и пересекаясь, становились го-

товыми продуктами, которые удовлетворяют человеческие потребности. Песок использовался для строительства бетонных зданий. Руда превратилась в корабли и автомобили. За год мы собрали 20,1 миллиарда тонн биомассы в виде урожая на полях. Ископаемое топливо двигало наши машины, согревало нас и превращалось в самые разные товары, в том числе в пластик. Всего в 2015 году в экономику влилось 92,8 миллиарда тонн сырьевых ресурсов.

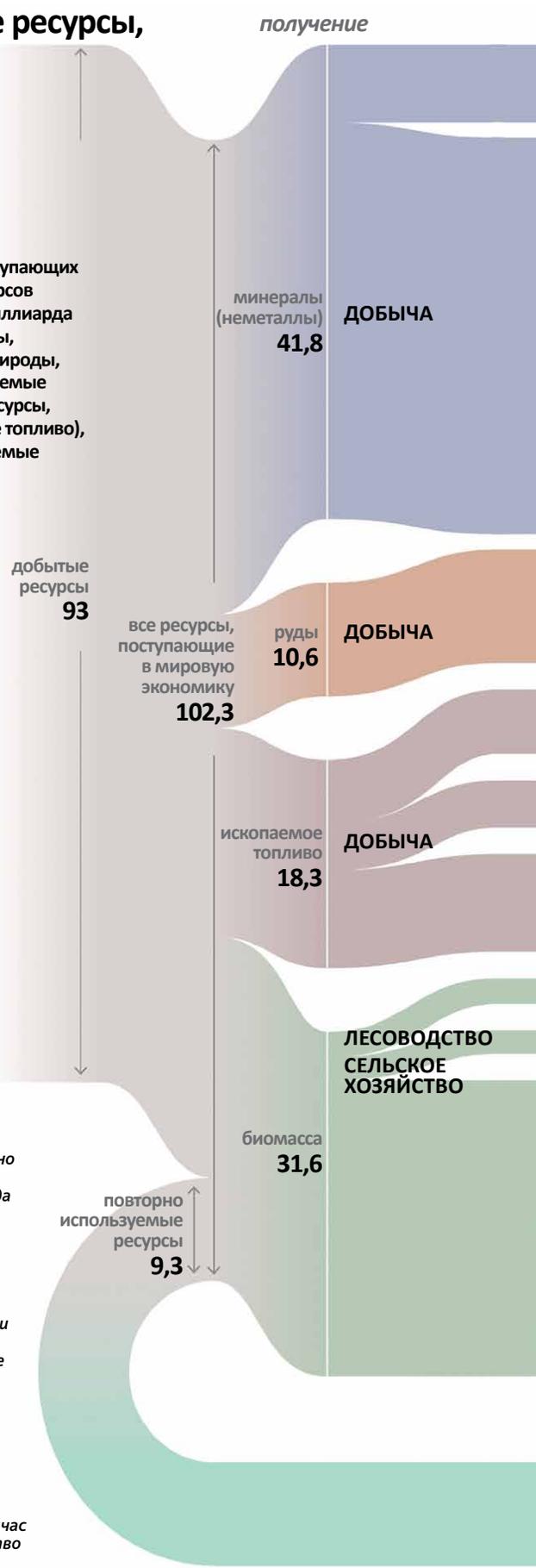
То, что происходит после удовлетворения наших потребностей, и представляет собой проблему. Де Вит указал на серую дымку справа на схеме. Эта серая дымка – отходы.

Он пояснил, что в 2015 году примерно две трети всего извлеченного сырья уткло у нас сквозь пальцы. Более 61 миллиарда тонн ресурсов, добытых с таким трудом, было потеряно. В реки и океаны унесло азотные и фосфорные удобрения, вымытые из почвы. Треть всех продовольственных продуктов сгнила, в то время как тропические леса Амазонии вырубались ради дальнейшего повышения объемов сельхозпроизводства. Подумайте о любой экологической проблеме – весьма вероятно, что она окажется как-то связана с отходами. ▶

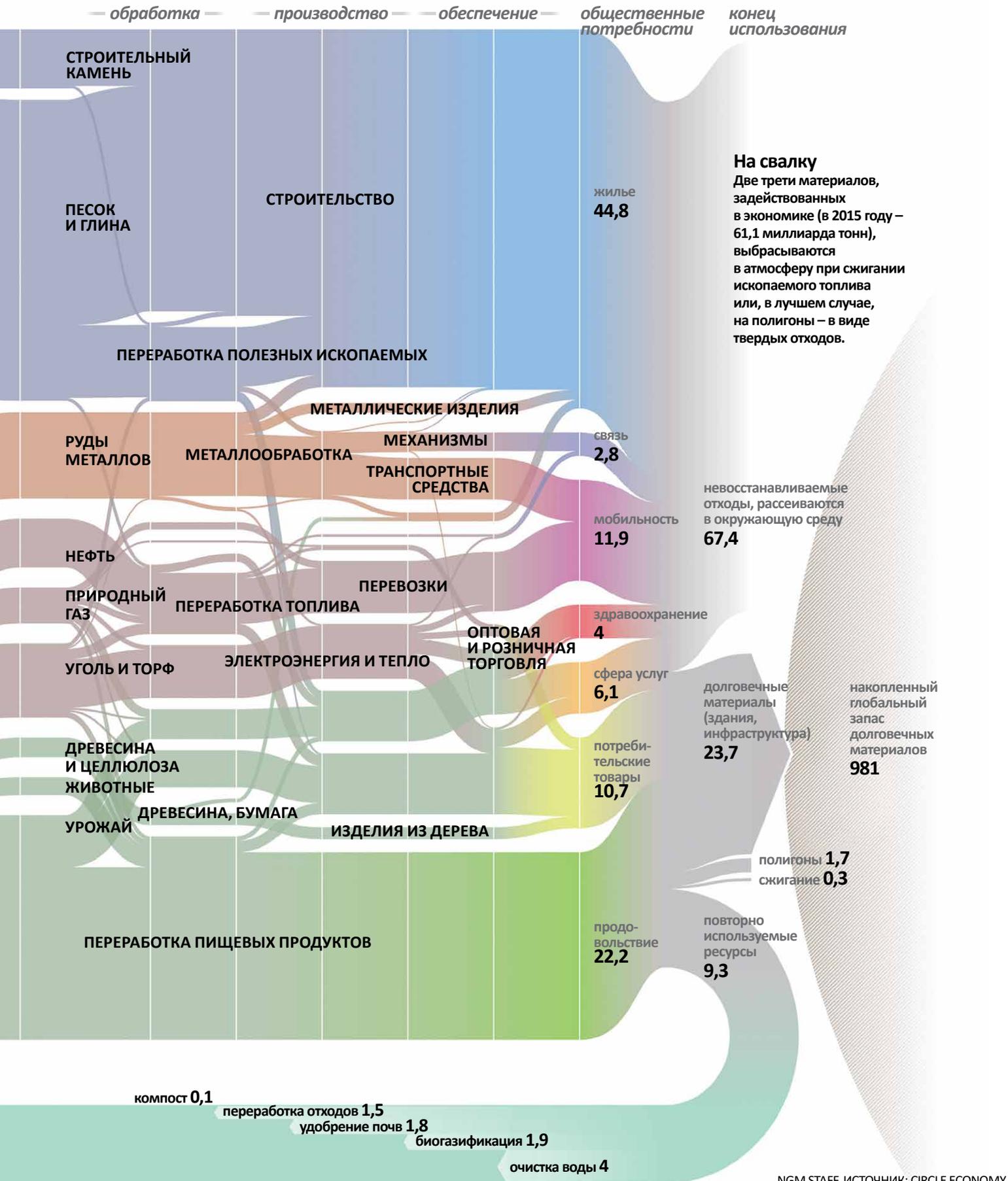
Глобальные ресурсы, млрд т данные 2015 г.

Из природы

Подавляющее большинство поступающих в экономику ресурсов (в 2015 г. – 84,4 миллиарда тонн) – это ресурсы, полученные из природы, как невозобновляемые (минеральные ресурсы, руды, ископаемое топливо), так и возобновляемые (биомасса).



Рентгеновский снимок мировой экономики. Ежегодно мы превращаем почти 93 миллиарда тонн сырьевых ресурсов в товары. Менее четверти из них становится автомобилями, зданиями и другими товарами длительного пользования. Менее 10% возвращается в хозяйство. Движение за циклическую экономику ставит целью увеличить этот показатель и сократить огромное количество отходов.



NGM STAFF. ИСТОЧНИК: CIRCLE ECONOMY

В том числе и проблема изменений климата: при сжигании ископаемого топлива в атмосферу выбрасываются отходы – углекислый газ.

В этой не самой стройной схеме тем не менее ясно читалось: чтобы и дальше жить припеваючи на Земле, мы должны сделать одно – покончить с расточительностью. Де Вит указал на тонкую стрелку, проходившую справа налево внизу: она представляла все то сырье, которое удалось сохранить благодаря вторичной переработке, компостированию и так далее. Всего 8,4 миллиарда тонн – 9% от входящего потока ресурсов.

Разрыв между объемом использованных и повторно используемых ресурсов, о котором де Вит и его коллеги рассказали на Всемирном экологическом форуме в Давосе в 2018 году, – явление относительно новое. Оно восходит к XVIII веку, когда началось промышленное использование ископаемого топлива. До того большая часть работ выполнялась при помощи чистой физической силы – людей или животных. Сельское хозяйство, производство товаров, их транспортировка были очень трудоемки, поэтому и ценились они высоко. Физическая энергия человека не беспредельна, и это обстоятельство ограничивало ту степень влияния, которое мы могли оказывать на планету. Сопутствующее ограничение: большинство людей вынуждены были жить в бедности.

Все изменила возможность использовать дешевую ископаемую энергию – добывать сырье, доставлять его на фабрики и затем распространять готовые товары. Этот процесс продолжает набирать обороты. За последние полвека население планеты выросло в два с лишним раза, а объемы сырья в мировой экономике увеличились более чем втрое.

«Мы почти достигли пределов», – подчеркивает де Вит.

На протяжении всего этого полувека экологи говорят о пределах роста. Но в идее циклической экономики заложено иное. Она представляет собой набор стратегий: одни известны давно (например, принципы сокра-

щения потребления, повторного использования и переработки), другие – новые (как, скажем, идея брать вещи напрокат, вместо того чтобы приобретать их). Вместе эти стратегии должны изменить глобальную экономику и ликвидировать отходы как понятие. Цель циклической экономики – не остановить рост, а восстановить гармонию между природой и человеческой деятельностью и тем самым дать возможность для дальнейшего роста. Янез Поточник, комиссар ЕС по окружающей среде, называет это «процветанием в мире ограниченных ресурсов».

Идея такой экономики набирает популярность, особенно в Европе. Евросоюз вкладывает в стратегию миллиарды. Нидерланды пообещали сделать свою экономику циклической к 2050 году. В Амстердаме, Париже и недавно покинувшем ЕС Лондоне – везде уже есть планы по такому переходу. На мой вопрос, достижима ли циклическая экономика, Уэйн Хаббард, глава

Лондонского совета по отходам и вторичной переработке, ответил: «Она обязана быть достижимой».

Есть человек, который уверен, что циклическая экономика возможна – это американский архитектор Уильям Макдонах. В 2002 году совместно с немецким химиком Михаэлем Браунгартом он выпустил книгу «От колыбели до колыбели» («From Cradle to Cradle»). Авторы утверждают, что производство и экономические процессы могут быть продуманы таким образом, чтобы все отходы становились материалом для чего-то нового. Перед тем как отправиться в Европу, я навестил офис Макдонаха в Шарлотсвиле (штат Виргиния). И смог задать беспокоящий меня вопрос: а вдруг этот мир без отходов, о котором столько говорят, – всего лишь голубая мечта?

«Мечта, без сомнений, – ответил Макдонах. – Но она необходима, чтобы двигаться вперед. Вспомните слова Лейбница».

Я мало что помнил об этом философе.

«Лейбниц говорил: “Если это возможно, следовательно, это существует”. А я так скажу: “Если мы можем это осуществить, следовательно, это возможно”», – пояснил Уильям.

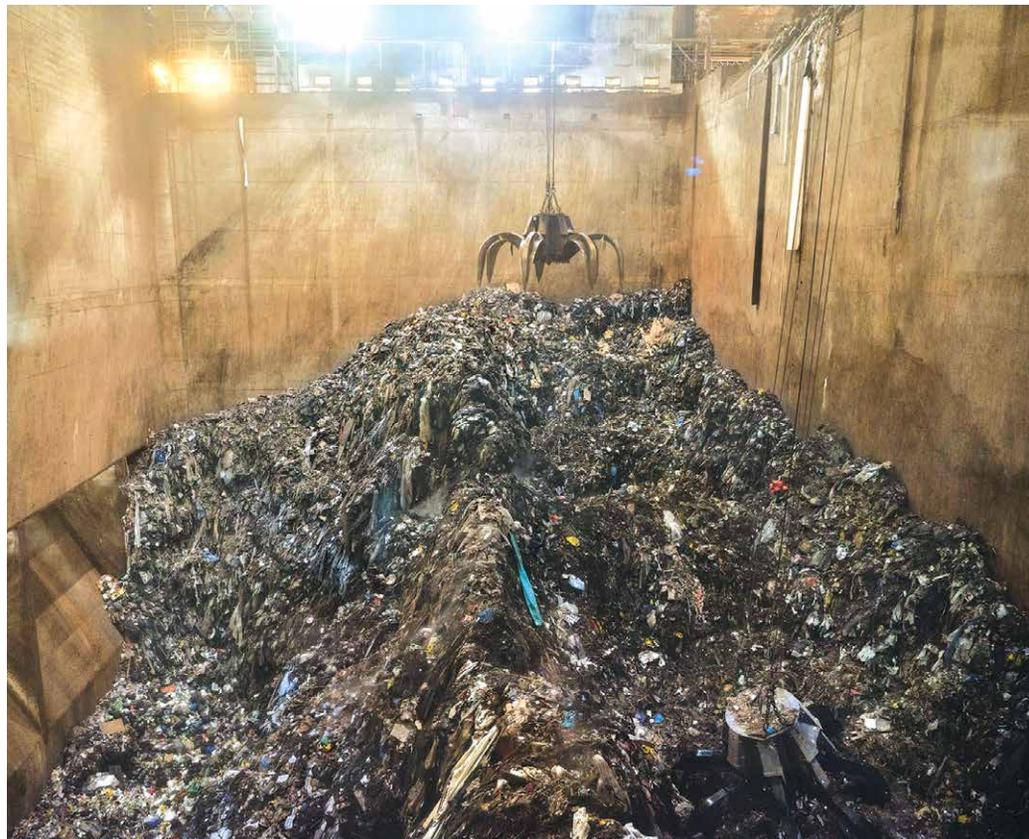
Тавтология? Мудрость? Лейбниц правда такое говорил? В любом случае, любопытно.

Вскоре после нашей встречи я забрал из ремонта свой старый чемодан на колесиках (очень в духе новых идей) и отправился на поиски доказательств возможности существования циклической экономики.

Начало

Чтобы выбраться из ловушки, в которую нас загнала линейная экономика, и снова вернуться к экономике, функционирующей по той же модели, что и природа, нам потребуется проявить «дивергентное мышление», как называют его психологи.

В Копенгагене я заехал посмотреть новый мусоросжига-



Контейнер для отходов на новом мусоросжигательном заводе в Копенгагене вмещает 22000 тонн. Манипуляторы кранов автоматически перемешивают мусор, чтобы он лучше сгорал. Большую часть пространства внутри завода занимает оборудование для очистки дыма. Мусоросжигательный завод, на котором отходы сгорают без остатка и при этом вырабатывается энергия, – гораздо лучше, чем свалка; но цель циклической экономики – положить конец мусору благодаря полному отсутствию отходов.



«Копенхилл», мусоросжигательный завод в датской столице, при помощи новейших технологий ежегодно превращает 485000 тонн отходов в электроэнергию для 30000 домов и тепло для 72000 домов. У завода есть и другая функция: это площадка для отдыха, где имеется круглогодичный лыжный спуск, обсаженные деревьями дорожки для хайкинга и бега, а также 85-метровый скалодром – самый высокий в мире.

тельный завод, где отходы превращают в энергию и который определенно не вписывается в привычные нормы: на крыше располагается круглогодичный лыжный склон. Но моим пунктом назначения был находившийся поблизости портовый город Калуннборг, своего рода символ циклической экономики.

Там я оказался в тесном конференц-зале, где собрались руководители 11 промышленных предприятий – независимых компаний, которых связывают необычные узы: они используют производственные отходы друг друга. Председатель группы Микаэль Халлгрэн управляет расположенным в Калуннборге заводом компании Novo Nordisk, которая производит половину всего инсулина в мире –

а также, совместно с сестринской Novozymes, занимается утилизацией 300 тысяч тонн пивной дробины. Эти отходы пивоваренного производства поступают на биоэлектростанцию, где микроорганизмы преобразуют ее в биогаз, достаточный для снабжения 6 тысяч домов, и в удобрение почти для 20 тысяч гектаров полей. И это лишь одна – появившаяся позднее всех – из 22 форм обмена отходами (водой, энергией, материалами), которые составляют Калуннборгский симбиоз.

По словам Лизбет Рандерс, главы департамента по развитию бизнеса муниципалитета Калуннборга, этот симбиоз развивался естественно, на протяжении 40 лет, по мере того как одно за другим заключались соглашения.

Одна компания по производству гипсокартона открыла производство в Калуннборге, чтобы использовать отходящие газы с нефтеперерабатывающего завода в качестве дешевого источника энергии; позднее она стала закупать гипс из расположенной неподалеку угольной электростанции, где его получали в результате улавливания диоксида серы из дымовых газов. Забота об окружающей среде не была главным мотивом, но сейчас, по словам Рандерс, «калуннборгский симбиоз» позволяет сокращать выбросы углекислого газа на 635 тысяч тонн в год, а компаниям-членам – экономить 27 миллионов долларов.

В Германии, в холмистых полях Вестфалии, я познакомился с женщиной, которая, не имея

технического образования, придумала решение для одной из главных проблем региона – избытка свиного навоза. Обычному фермеру из окрестностей города Фелен, вероятно, пришлось бы тратить 40 тысяч долларов в год, чтобы вывезти почти 2 тысячи кубометров жидкого навоза на поле, страдающее от нехватки удобрений, – везти пришлось бы на 150 с лишним километров. «Рано или поздно это становится невыгодно», – констатирует Дорис.

Предложенное ею решение – завод, где из навоза извлекаются основные питательные элементы: фосфор, азот и калий. Нинхус раньше работала в федерации сельскохозяйственного развития региона, и у нее есть опыт разведения свиней. Ей удалось ▶

убедить 90 фермеров вложить в проект 8,4 миллиона долларов. Навоз с их ферм перерабатывается микроорганизмами, образующийся биогаз служит горючим для генератора, который снабжает электроэнергией завод, а лишняя энергия продается электросетевой компании. При помощи быстрых центрифуг, особого запатентованного полимера и горячих печей жижа в автоклаве разделяется на коричневую жидкость, богатую азотом и калием, и на пепел, на 35% состоящий из фосфора. По словам Дорис Нинхаус, все это будет продаваться, и завод сможет организовать полностью без-

отходное производство. Когда я был в Фелене, там уже проводились тестовые работы. Нинхаус с гордостью показала мне первую партию фосфора на белом блюдец.

В стародавние времена каждый земледелец соблюдал принципы циклической экономики: держал столько скота, сколько могла прокормить его земля, и испражнений скот давал не больше, чем могла принять эта земля. С переходом к промышленному животноводству цикл нарушился. Я задумался про циклическую экономику несколько лет назад на откормочной площадке в Те-

хасе, где 110-вагонные составы, груженные выращенной в штате Айова кукурузой, с грохотом въезжали в город Херефорд, а на откормочной площадке между тем росли горы навоза, ожидавшие отправки на местные фермы. Я спросил: «Разве не должен этот навоз уехать назад в Айову, чтобы стать удобрением для кукурузы?» Мне ответили: «Слишком дорого». Но если бы в Херефорде было предприятие, подобное заводу Нинхаус, везти в Айову можно было бы только питательные вещества. Как знать, может, тот нарушенный цикл удалось бы восстановить.

По ту сторону добра и зла

«Весь тот мусор, который мы производим, – не признак того, что мы злые. Это признак того, что нам недостает ума». В Гамбурге я встретился с Михаэлем Браунгартом. Он начинал активистом «Гринпис», организовывал протесты против компаний химической промышленности и с тех пор успел выступить в роли консультанта для множества корпораций. По его словам, природоохранное движение унаследовало старую идею о том, что природа – это добро, а люди со своим воздействием, – преимущественно зло. «Стало быть, лучшее, что мы можем сделать, – ограничить наносимый вред», – рассуждает Браунгарт. Но он убежден: такое представление ущербно. Браунгарт, как и химики с инженерами, верит, что мы можем совершенствовать природу.

Циклическая экономика вдохновляет на достижения. Но вот ведь в чем дело: результатов нет. Если взглянуть на скучные цифры – те, что показывал мне де Вит, станет ясно: разрыв между объемом использованных и повторно используемых ресурсов увеличивается, а не сокращается. К 2050 году потребление природных ресурсов может удвоиться. Выбросы углерода по-прежнему растут.

«Достаточно ли быстро мы действуем? – размышляет де Вит. – Увы, все показатели в красной зоне».

Впрочем, как и другие оптимисты, де Вит возлагает надежды на время. Для создания циклической экономики потребуются огромный культурный сдвиг, по масштабам сравнимый с промышленной революцией. «Мне кажется, нам не удастся это сделать при том поколении, которое сейчас у власти, – размышляет де Вит. – Нужно будет дождаться, пока наберет силу новое».

(Печатается в сокращении)

Текст: Роберт Канзиг, фото: Лука Локателли, National Geographic Россия

Потреблять меньше

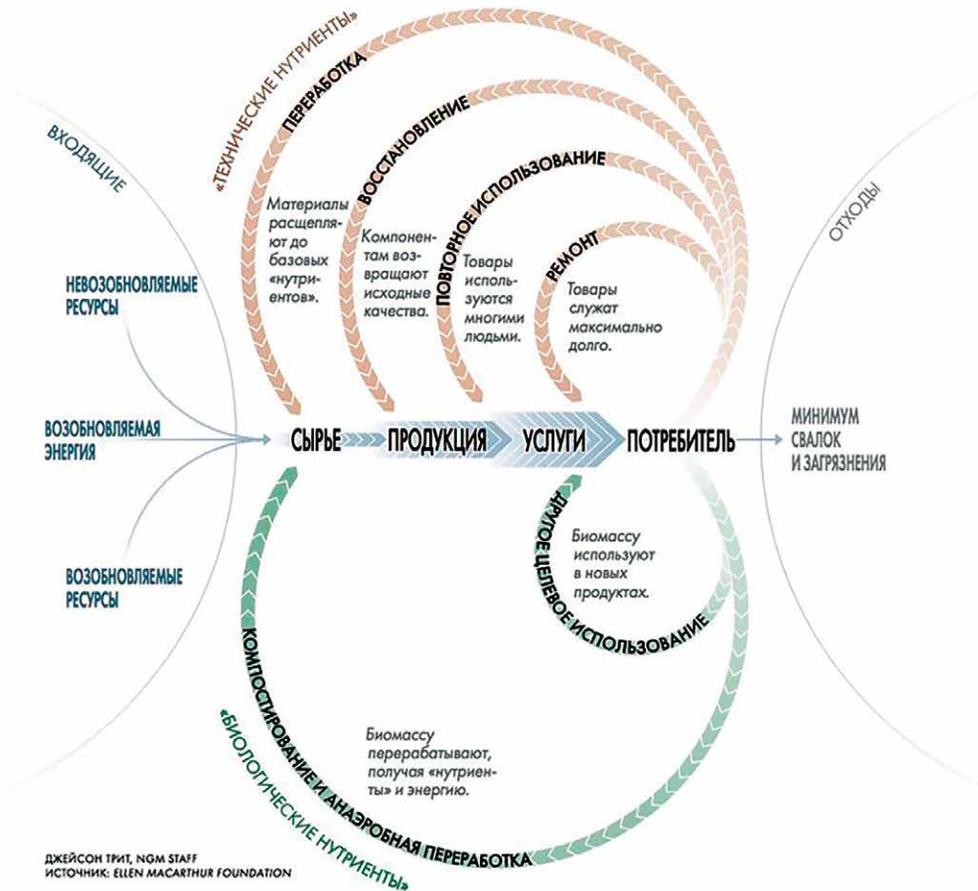
Возобновляемые источники энергии замещают ископаемое топливо; компании, предлагающие товар напрокат или использующие принцип совместного пользования, удовлетворяют потребности большего количества людей посредством меньшего количества товаров.

Конструировать с умом

Техника и другие товары продумываются так, чтобы долго служили и легко ремонтировались, или же создаются как недолговечные товары, которые легко разобрать на базовые составные элементы.

Никаких отходов

Все нутриенты обращаются в экономике по циклам. Практически отсутствуют выбросы, и почти ничего не отправляется на свалку.



Меньше потреблять, дольше использовать, бесконечно перерабатывать – циклическая экономика включает в себя самые разнообразные стратегии. В концепции «от колыбели до колыбели» все товары в конечном итоге распадаются или на технические нутриенты, которые используются в производстве новых товаров, или на биологические нутриенты, которые возвращаются в почву. Отходы – это следствие изъятия в разработке. Их не должно быть.

А.Б. Крутилин,
ведущий инженер РУП
«Институт БелНИИС»



ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ НАРУЖНЫХ СТЕН С ВЕНТИЛИРУЕМЫМИ ФАСАДНЫМИ СИСТЕМАМИ УТЕПЛЕНИЯ

Аннотация

Выполнены исследования тепловлажностного состояния наружных стен с вентилируемыми фасадными системами (ВФС) утепления. Рассмотрено стационарное тепловлажностное состояние наиболее распространенных конструкций наружных стен с ВФС утепления для климатических условий Республики Беларусь. Установлено, что в местах расположения кронштейнов с дюбелями и металлическими сердечниками зоны конденсации водяного пара не наблюдается. Массовые влажности отдельных «тонких» слоев кладочных материалов незначительно превышают влажности данных материалов вдали от крепежных элементов. Разница в потоке водяного пара в воздушную вентилируемую прослойку с учетом влияния элементов крепления и без них получена менее 3%. Это позволяет перейти от объемной постановки задачи тепловлажностного переноса к одномерной, для нестационарных условий.

Разработана модель переноса теплоты и водяного пара через наружные стены с вентилируемыми воздушными прослойками (ВВП). Для исследований влияния ВВП модель переноса дополнена уравнениями баланса переноса теплоты и водяного пара в прослойках. Решение уравнений позволяет определить скорость движения воздуха, а также температуру, парциальное давление и относительную влажность воздуха на выходе из ВВП вентилируемой фасадной системы. Совместное решение уравнений также позволяет определить распределение влажности по сечению наружной стены с ВФС утепления и возможность образования конденсата на внутренней поверхности защитного экрана.

Численные исследования тепловлажностного состояния наружных стен с ВФС утепления показали, что влажностный режим данных конструкций следует считать удовлетворительным. Устройство ВФС утепления на существующих зданиях значительно снижает влажность материалов, расположенных от внутренней поверхности до слоя теплоизоляции. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными, полученными при натурных исследованиях ВФС зданий.

Исследования показали, что распределение влажности по сечениям наружных стен с ВФС утепления необходимо рассчитывать с учетом ветрового воздействия на здание. Устройство ВФС утепления положительно влияет на влажностный режим наружных стен в целом.

Ключевые слова: наружная стена, вентилируемая фасадная система утепления, нестационарный тепловлажностный режим, влажность по массе, сушка стен, численное моделирование.

Abstract

TEMPERATURE AND MOISTURE CONTENT OF OUTER WALLS WITH VENTILATED FRONT WARMING SYSTEMS

Krutilin Anton, Senior Engineer, Republican Unitary Research Enterprise for Construction «Institute BelNIIS», Minsk

Studies of the heat-humidity state of the external walls with ventilated facade systems (VFS) insulation have been carried out. The stationary heat-moisture state of the most common exterior wall structures with VFS insulation for the climatic conditions of the Republic of Belarus is considered. It is established that in the locations of the brackets with dowels and metal cores, there is no condensation zone of water vapor. Mass moisture content of individual «thin» layers of masonry materials slightly exceeds the moisture content of these materials far from fasteners. The difference in the flow of water vapor in the air ventilated layer, taking into account the effect of fasteners, without them, received less than 3%. This allows to move from the volume formulation of the problem of heat and moisture transfer to a one-dimensional, for non-stationary conditions.

A model for the transfer of heat and water vapor through external walls with ventilated air layers (VAL) is developed. To study the effect of VAL, the transfer model is supplemented by the equations of balance of heat and water vapor transfer in the interlayers. Solving the equations makes it possible to determine the air velocity, as well as the temperature, partial pressure, and relative air humidity at the outlet of the VAL of the ventilated facade system. The joint solution of the equations also makes it possible to determine the distribution of humidity over the cross section of the outer wall with VFS insulation and the possibility of condensation on the inner surface of the protective screen.

Numerical studies of the heat-humidity state of exterior walls with VFS insulation showed that the humidity regime of these structures should be considered satisfactory. The VFS insulation device on existing buildings significantly reduces the moisture content of materials located from the inner surface to the insulation layer. The results obtained are in satisfactory agreement with the experimental data obtained during field studies of VFS buildings.

Studies have shown that the distribution of humidity over the cross sections of external walls with VFS insulation should be calculated taking into account the wind impact on the building. The device VFS insulation positively affects the moisture regime of the outer walls as a whole.

Keywords: outer wall, ventilated facade insulation system, non-stationary heat and moisture transfer regime, moisture content by weight, drying of walls, numerical modeling.

Введение

Основной задачей современной строительной отрасли в Республике Беларусь является уменьшение потребления энергии на эксплуатацию зданий и сооружений. Одним из направлений решения указанной задачи служит снижение расхода теплоты на поддержание микроклимата в помещениях, в том числе и за счет уменьшения потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции.

Развитие строительства высотных зданий, ужесточение требований к архитектурному облику городов и особенно зданий общественного назначения – все это обуславливает использование вентилируемых фасадных систем (ВФС) утепления в конструкциях наружных стен. В настоящее время в Беларуси конструкции и материалы, применяемые для наружных стен зданий с ВФС утепления, разнообразны. В то же время принципиальные конструктивные решения ВФС утепления наружных стен зданий схожие. В настоящей работе проведены исследования ВФС с защитными экранами из сплошных металлических профилированных листов, так как они представляют интерес в качестве системы утепления вследствие меньшей материалоемкости в сравнении с системами с защитными экранами из штучных материалов и остеклением.

Влажностный режим наружных стен зданий существенно зависит от региона их строительства. Возведение наружных стен с ВФС и современными строительными материалами в климатических условиях Беларуси обуславливает необходимость изучения их влажностного режима. Для этого необходимы как натурные исследования на эксплуатируемых объектах [1], так и теоретическое обоснование полученных результатов с использованием методов математического моделирования тепловлажностного состояния для различных типов наружных стен.

Результаты исследований тепловлажностного состояния наружных стен с ВФС утепления для стационарных условий

Устройство воздушной вентилируемой прослойки (ВВП) в конструкциях наружных ограждений предусматривается как средство улучшения влажностного режима для снижения влажностей материалов. Считается, что при устройстве вентилируемых прослоек у наружных слоев стен конденсация водяного пара возможна только на внутренней поверхности защитных экранов. Наличие зоны конденсации водяного пара в слоях стен до ВВП, как правило, не наблюдается. В то же время конструктивные особенности ВФС утепления предполагают неоднородность конструкции вследствие наличия кронштейнов и др. элементов каркаса, на который монтируются защитные экраны. Тепловлажностное состояние наружных стен с ВФС утепления может быть рассчитано в объемной постановке методами математического моделирования теплопроводности и паропроницаемости для стационарных условий. Для нестационарных условий целесообразным является переход от объемной модели к одномерной с целью значительного уменьшения времени проведения исследований.

Выполнены расчеты тепловлажностного режима ряда современных конструкций наружных стен с ВФС утепления и теплоизоляционным материалом (минераловатными плитами) по основанию из:

- кладки из керамических поризованных блоков;
- кладки из щелевых керамзитобетонных блоков;
- кладки из ячеистобетонных блоков;
- железобетона и керамзитобетона.

Данные конструкции наружных стен широко используются на территории Беларуси.

Температуру наружного воздуха с некоторым запасом по отношению к требованиям [2] принимали как среднюю за январь по г. Минску. Температуру внутреннего воздуха принимали равной $t_{в} = +18^{\circ}\text{C}$.

Рис. 1. Распределение температуры ($^{\circ}\text{C}$) по поверхностям фрагмента наружной стены с ВФС утепления

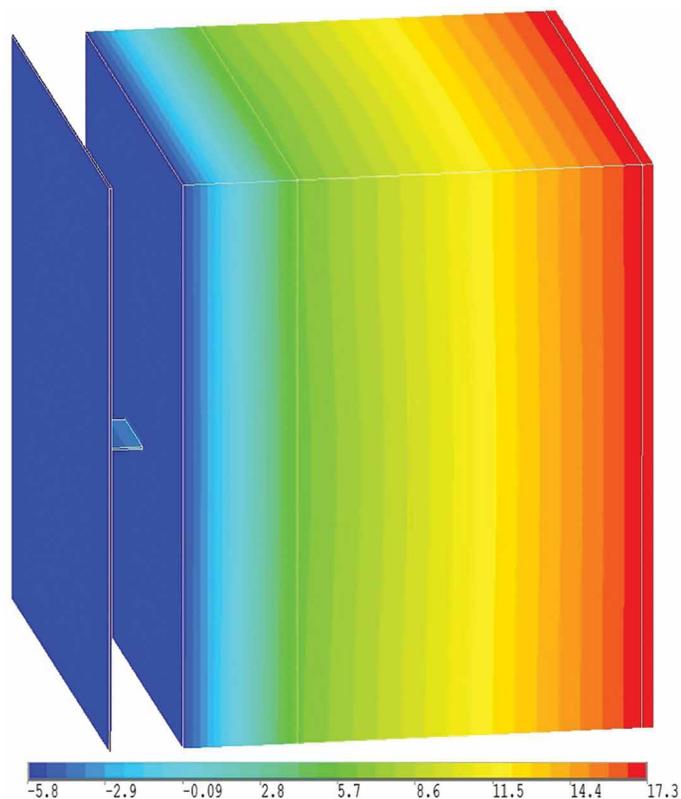
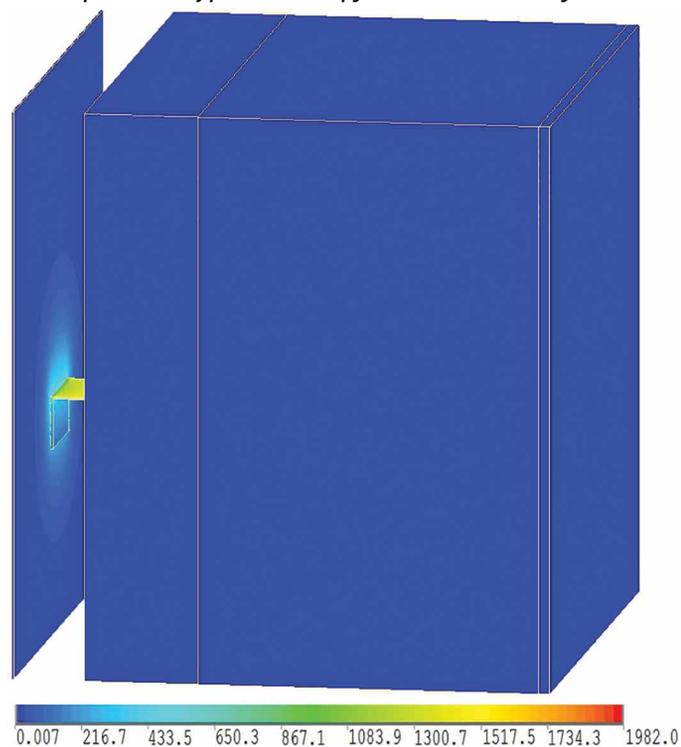


Рис. 2. Распределение плотности теплового потока ($\text{Вт}/\text{м}^2$) по поверхностям фрагмента наружной стены с ВФС утепления



Для примера показаны результаты расчетов для стены из ячеистобетонных блоков ($\delta = 300 \text{ мм}$) и ВФС утепления. Толщина слоя утеплителя из минераловатных плит принята равной 100 мм. На рисунке 1 показано объемное распределение температуры, на рисунке 2 –

Рис. 3. Распределение парциальных давлений (Па) по поверхностям фрагмента наружной стены с ВФС утепления

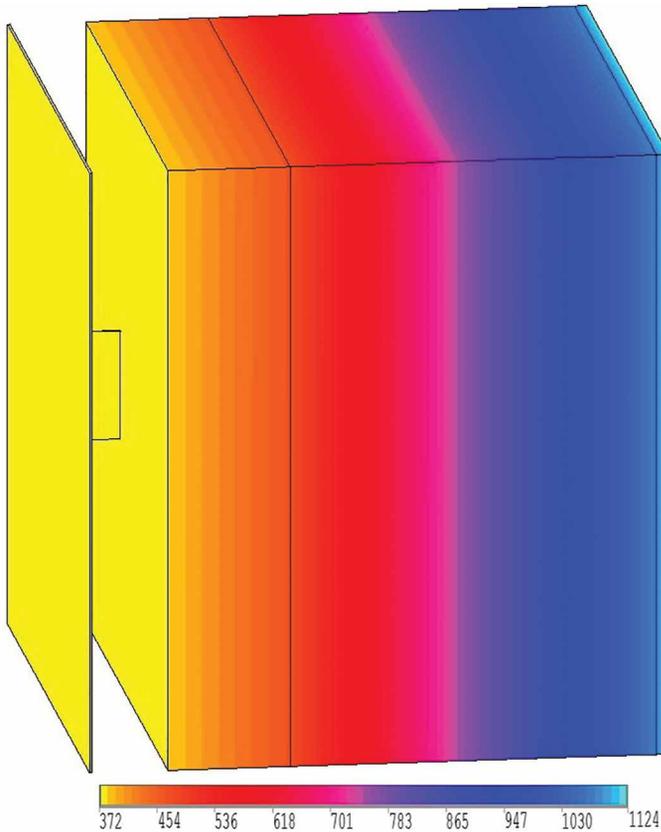
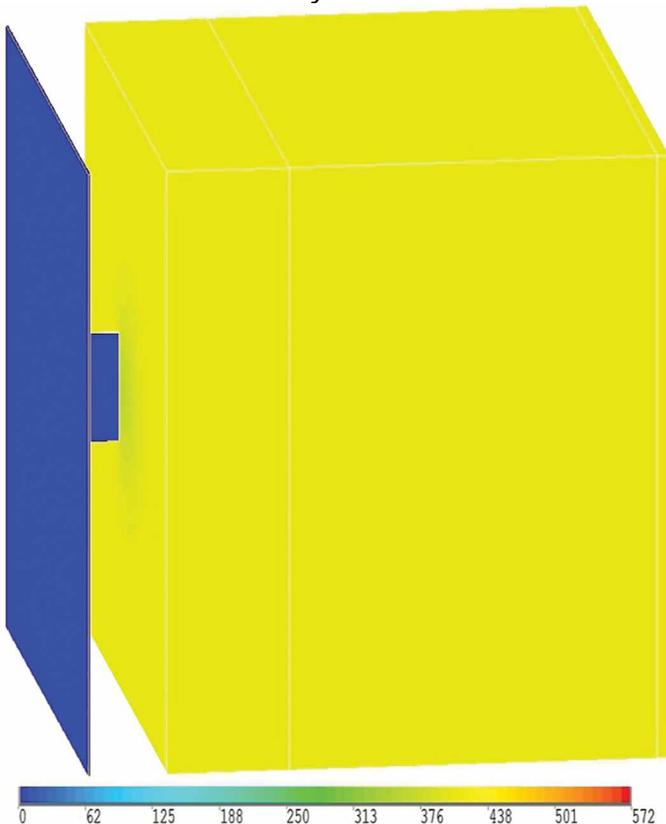


Рис. 4. Распределение плотности потока водяного пара (мг/(м²·ч)) по поверхностям фрагмента наружной стены с ВФС утепления



распределение плотности теплового потока, на рисунке 3 – распределение парциальных давлений, на рисунке 4 – плотности потока водяного пара.

Установлено, что в толще конструкции наружной стены из ячеистобетонных блоков с ВФС утепления нет конденсации водяного пара, а распределение влажности достаточно однородное. В месте расположения кронштейна в «тонких» слоях ячеистого бетона наблюдается увеличение массовой влажности. Так массовая влажность ячеистого бетона у минераловатного утеплителя вдали от кронштейна составляет $W = 1,2\%$, в месте примыкания к кронштейну $W = 1,6\%$, что значительно меньше нормируемых показателей в [2].

Объем ячеистого бетона с повышенной влажностью получен менее 2% от общего объема кладки при установке двух кронштейнов на 1 м² поверхности стены. При расположении различных прокладок из полимерных материалов процент объема с повышенной влажностью снижается.

Разница в потоках водяного пара в воздушную прослойку с учетом и без учета влияния кронштейнов получена менее 3%, что вполне может пойти в запас конструкции при переходе от объемной постановки моделирования тепловлагопереноса в конструкции к линейной (одномерной).

Рассмотренная конструкция наружной стены из ячеистобетонных блоков с ВФС утепления приведена не случайно, она была худшей по результатам исследований. Установлено, что чем выше сопротивление паропрооницанию части наружной стены до слоя утеплителя, тем меньшее влияние на влажностное состояние стены в целом оказывают кронштейны крепления защитного экрана. Также влияние оказывает вид изотермы сорбции материала. Дюбеля с металлическими сердечниками сколь-либо значимого влияния на увеличение влажности материалов и поток водяного пара в прослойку не оказывают.

Полученные результаты подтверждают мнения исследователей о том, что систематическая конденсация водяного пара возможна только на внутренней поверхности защитных экранов наружных стен с ВФС утепления при неправильном подборе геометрических размеров воздушных вентилируемых прослоек. Незначительное увеличение влажности, а также плотности потока водяного пара в воздушную вентилируемую прослойку позволяет перейти от объемной постановки задачи к одномерной, нестационарной, при моделировании процессов тепловлагопереноса в наружных стенах с ВФС утепления.

Установившееся течение воздуха в ВВП будет характеризоваться наличием средних скоростей движения воздуха через входные и выходные отверстия. При этом для проектирования ВФС утепления основополагающим является расход воздуха через ВВП, а не направление и величина скорости в ее различных точках. Установившееся течение воздуха в ВВП наступает значительно быстрее стационарного влажностного состояния наружных стен. При этом возможно упрощение математической модели в виде определения скорости движения воздуха в ВВП решением уравнения теплового баланса.

Модель тепловлагопереноса в наружных стенах с вентилируемыми фасадными системами утепления

Рассматриваемая задача переноса теплоты и водяного пара через наружные стены в пределах от их внутренней поверхности до поверхности, обращенной в ВВП, описывается известной [5] системой уравнений:

$$c_T \cdot \rho \frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(x, \tau) \frac{\partial t}{\partial x} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\zeta \cdot \rho}{E} \cdot \frac{\partial e}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu(x, \tau) \frac{\partial e}{\partial x} \right),$$

с граничными условиями III-рода:

$$\alpha_B(t_B(\tau) - t_1(\tau)) = \lambda \frac{\partial t}{\partial x_{x=0}}, \quad (2)$$

$$\overline{\alpha_{Т.П.}}(t_n(\tau) - t_{В.П.}^{CP}(\tau)) = \lambda \frac{\partial t}{\partial x_{x=n}},$$

$$\beta_B(e_B(\tau) - e_1(\tau)) = \mu \frac{\partial t}{\partial x_{x=0}},$$

$$\overline{\beta_{В.П.}}(e_n(\tau) - e_{В.П.}^{CP}(\tau)) = \mu \frac{\partial t}{\partial x_{x=n}},$$

где c_T – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·°C);

ρ – плотность материала, кг/м³;

t – температура материала, °C;

τ – время, с;

x – координата, по направлению потока водяного пара, от внутренней поверхности к поверхности ограждающей конструкции, обращенной в ВВП, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°C);

ζ – относительная пароемкость материала, мг/кг;

E – максимальное парциальное давление водяного пара в порах материала при данной температуре воздуха, Па;

e – парциальное давление водяного пара в порах материала, Па

μ – коэффициент паропроницаемости материала, мг/(м·ч·Па);

n – положение координаты x в направлении потока водяного пара, совпадающей с поверхностью наружной стены, обращенной в ВВП;

α_B – коэффициент теплообмена внутренней поверхности наружной стены, Вт/(м²·°C);

$\overline{\alpha_{Т.П.}}$ – средний коэффициент теплообмена поверхности стены, обращенной к воздуху ВВП, Вт/(м²·°C);

t_B – температура внутреннего воздуха, °C;

$t_{В.П.}^{CP}$ – средняя, по высоте ВВП, температура воздуха в прослойке, °C;

t_1 – температура на внутренней поверхности стены, °C;

t_n – температура на поверхности стены, обращенной к воздуху ВВП, °C;

β_B – коэффициент массообмена внутренней поверхности стены с внутренним воздухом в помещении, мг/(м²·ч·Па).

$\overline{\beta_{В.П.}}$ – коэффициент массообмена поверхности стены, обращенной к воздуху ВВП, с воздухом в ВВП, мг/(м²·ч·Па);

e_1 – парциальное давление водяного пара на внутренней поверхности стены, Па;

e_n – парциальное давление водяного пара на поверхности стены, обращенной к воздуху ВВП, Па;

e_B – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па;

$e_{В.П.}^{CP}$ – среднее, по высоте ВВП, парциальное давление воздуха, Па. Система уравнений «1–2» дополнена уравнениями баланса переноса теплоты и водяного пара в ВВП:

$$0,28 \cdot c_B \cdot \rho_{В.П.}^{CP} \cdot L dt = b \cdot \overline{\alpha_{Т.П.}^K} (t_n - t_{В.П.}) dh - b \cdot \overline{\alpha_{Х.П.}^K} (t_{В.П.} - t_{ЭК}) dh, \quad (3)$$

$$\rho_{В.П.}^{CP} \cdot L dD = \overline{\beta_{В.П.}} (e_n - e_{В.П.}) dh, \quad (4)$$

где b – ширина ВВП, м;

h – высота ВВП, м;

c_B – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°C);

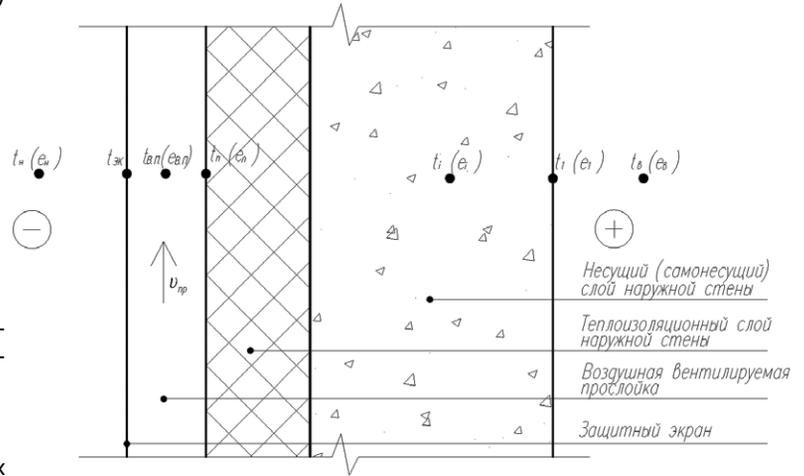
$\rho_{В.П.}^{CP}$ – средняя на участке dh прослойки плотность воздуха в ВВП, кг/м³;

L – расход воздуха, проходящего через ВВП, м³/ч;

$\overline{\alpha_{Т.П.}^K}, \overline{\alpha_{Х.П.}^K}$ – средние на участке dh прослойки коэффициенты тепловосприятости и теплоотдачи поверхностей за счет конвекции, Вт/(м²·°C);

$t_{ЭК}$ – температура на внутренней поверхности защитного экрана, °C;

Рис. 5. Обозначение температур и парциальных давлений по сечению наружной стены с ВФС утепления



$t_{В.П.}$ – температура воздуха в ВВП на высоте h от входного отверстия, °C;

$e_{В.П.}$ – парциальное давление водяного пара в воздухе ВВП на высоте h от входного отверстия, Па;

D – влагосодержание воздуха, гр/кг с.в.

Начальное распределение температуры и парциального давления принимаем в виде известных функций расчетами по стационарным зависимостям, приведенным в [2]. Обозначение температур и парциальных давлений по сечению наружной стены с ВФС показано на рисунке 5.

Дифференциальное уравнение теплопроводности и паропроницаемости аппроксимируем конечно-разностным дискретным аналогом по неявной схеме на равномерной сетке.

Интегрирование уравнения (3) позволяет получить зависимость (5) для температуры воздуха на выходе из ВВП:

$$t_{В.П.}^h = t_h - (t_h - t_H) \cdot \exp\left(-\frac{h \cdot b \cdot (\overline{\alpha_{Т.П.}^K} + \overline{\alpha_{Х.П.}^K})}{0,28 \cdot c_B \cdot \rho_{В.П.}^{CP} \cdot L}\right), \quad (5)$$

$$\text{где } t_h = \frac{t_B \cdot R_{НАР} + t_H \cdot R_{ВН}}{R_{НАР} + R_{ВН}}, \text{ } ^\circ\text{C};$$

$t_{В.П.}^h, t_H, t_B$ – температуры, соответственно, воздуха на выходе из ВВП, наружного и внутреннего воздуха, °C;

$R_{НАР}, R_{ВН}$ – условные сопротивления теплопередаче наружной и внутренней частей наружной стены с ВФС, м²·°C/Вт.

Из уравнения (5) получаем зависимость для определения средней температуры воздуха по высоте ВВП:

$$t_{В.П.}^{CP} = t_h - \frac{(t_h - t_H) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{h \cdot b \cdot (\overline{\alpha_{Т.П.}^K} + \overline{\alpha_{Х.П.}^K})}{0,28 \cdot c_B \cdot \rho_{В.П.}^{CP} \cdot L}\right)\right]}{h \cdot \frac{b \cdot (\overline{\alpha_{Т.П.}^K} + \overline{\alpha_{Х.П.}^K})}{0,28 \cdot c_B \cdot \rho_{В.П.}^{CP} \cdot L}}. \quad (6)$$

Решением уравнения (4) определяем парциальное давление водяного пара на выходе из ВВП:

$$e_{В.П.}^h = e_n - (e_n - e_H) \cdot \exp\left(-\frac{h \cdot \overline{\beta_{В.П.}}}{\rho_{В.П.}^{CP} \cdot L \cdot 1,5526}\right) \quad (7)$$

и величину среднего парциального давления по высоте прослойки:

$$e_{в.п.}^{CP} = e_n - \frac{(e_n - e_H) \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{h \cdot \beta_{в.п.}}{\rho_{в.п.}^{CP} \cdot L \cdot 1,5526} \right) \right)}{\frac{h \cdot \beta_{в.п.}}{\rho_{в.п.}^{CP} \cdot L \cdot 1,5526}} \quad (8)$$

Нахождение скорости движения воздуха в ВВП выполняется для условий его движения за счет гравитационного давления методом последовательного приближения [3]. Критерием сходимости принята температура защитного экрана, т.к. на ее величину влияют все пересчитываемые в циклах итерации параметры.

На основании предложенной математической модели составлена программа на ЭВМ. Для каждого временного шага в поле результатов сохраняются распределения температур, парциальных давлений и массовых влажностей по сечению наружной стены, а также основные физические величины, связанные с ВВП. При этом фиксируется либо наличие конденсации водяного пара на внутренней поверхности защитного экрана, либо ее отсутствие.

Некоторые результаты моделирования тепловлажностного состояния наружных стен с ВФС утепления

Выполним по предложенной методике расчет нестационарно-теповлажностного состояния наружной кирпичной стены с ВФС утепления существующего здания по ул. Казинца, 15 в г. Минск. Следует отметить, что распределение массовой влажности по сечению кирпичных стен с ВФС утепления и утеплителем из минераловатных плит на основании экспериментальных исследований тепловлажностного состояния наружных стен данного здания, а также ряда других со схожими конструктивными решениями наружных стен приведено в работе [1].

Наружная стена выполнена кладкой из полнотелого глиняного кирпича толщиной 510 мм с наружным и внутренним штукатурными слоями и утеплением (в процессе тепловой модернизации) ВФС со сплошным экраном металлическим сайдингом. В качестве теплоизоляционного слоя использованы плиты минераловатные ($\rho = 175 \text{ кг/м}^3$) толщиной слоя 80 мм. Между сайдингом и плитами утеплителя выполнена воздушная вентилируемая прослойка толщиной 40 мм.

Температура внутреннего воздуха принята постоянной ($t_{в} = +18^\circ\text{C}$), относительная влажность – $\phi_{в} = 55\%$. Параметры наружного воздуха приняты в соответствии с [4], ежемесячно, для многолетнего цикла эксплуатации. Движение воздуха в ВВП принято для ус-

ловий естественной конвекции; скорость движения воздуха, средние температура и относительная влажность воздуха в прослойке пересчитываются на каждом шаге по времени. Шаг по времени принят равным 3 часа, шаг разбиения конструкции на «элементарные» слои – 10 мм. Показатели сорбционной влажности штукатурных слоев и кирпичной кладки приняты в соответствии с [5], минераловатных плит – по результатам испытаний.

Расчетами установлено, что наружная стена после выполнения ВФС утепления выходит на квазистационарный тепловлажностный режим на второй год эксплуатации. Наибольшие влажности материалов наблюдаются на конец января (см. рисунок 6). Конденсации водяного пара в толще стены не наблюдается.

Сравнение распределений массовой влажности до выполнения ВФС утепления [1] и после указывает на значительное снижение влажности кирпичной кладки (более чем в 2 раза). Сравнение экспериментальных данных по распределению массовых влажностей кирпичных стен с ВФС утепления [1] и результатами расчета показало следующее.

Распределение влажности по сечению кирпичной кладки по результатам расчетов и на основании экспериментальных данных [1] схожее; отличие в величинах массовых влажностей вызвано, главным образом, отличием фактических сорбционных влажностей кирпича на исследованном объекте от справочных данных и неопределенностью измерения массовых влажностей.

Распределение массовой влажности по сечению минераловатных плит по результатам расчетов несколько отличается от экспериментальных данных. В условиях натурального эксперимента влажности «тонких» слоев минеральной ваты, соприкасающихся с воздухом в ВВП, получены выше [1], в сравнении с результатами расчетов. Анализ условий проведения эксперимента и параметров наружного воздуха, принятых в расчетах, показал, что постановка задачи в виде «движение воздуха в ВВП принято для условий естественной конвекции» не является худшим режимом для определения влажности по сечению стены в ВФС утепления вследствие следующих причин. Условия естественной конвекции в ВВП возможны при отсутствии ветрового воздействия на здание, что в холодный период года наблюдается достаточно редко. Так, для условий естественной конвекции средняя температура в ВВП по отношению к температуре наружного воздуха возрастает (при наружной температуре воздуха $t_{н} = -5,9^\circ\text{C}$ средняя температура воздуха в ВВП составляет $t_{в.п.}^{CP} = -3,7^\circ\text{C}$), а средняя относительная влажность воздуха в ВВП – уменьшается. При этом «тонкие» слои минеральной ваты, омываемые воздухом в ВВП, также ▶

Рис. 6. Распределение массовой влажности по сечению наружной кирпичной стены с ВФС утепления (без ветрового воздействия на здание)

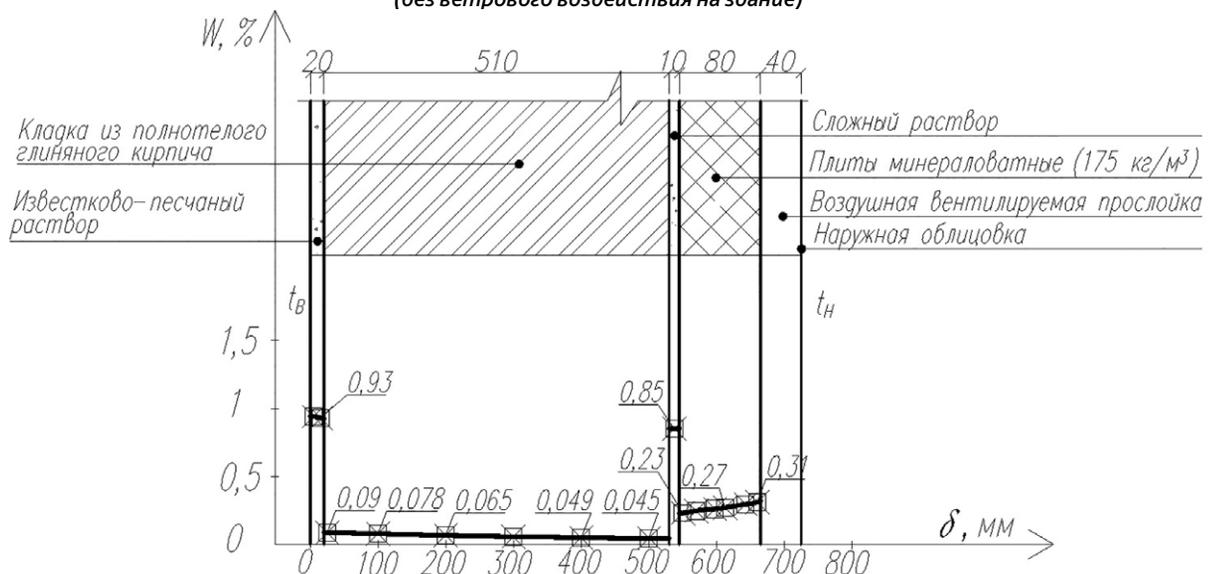
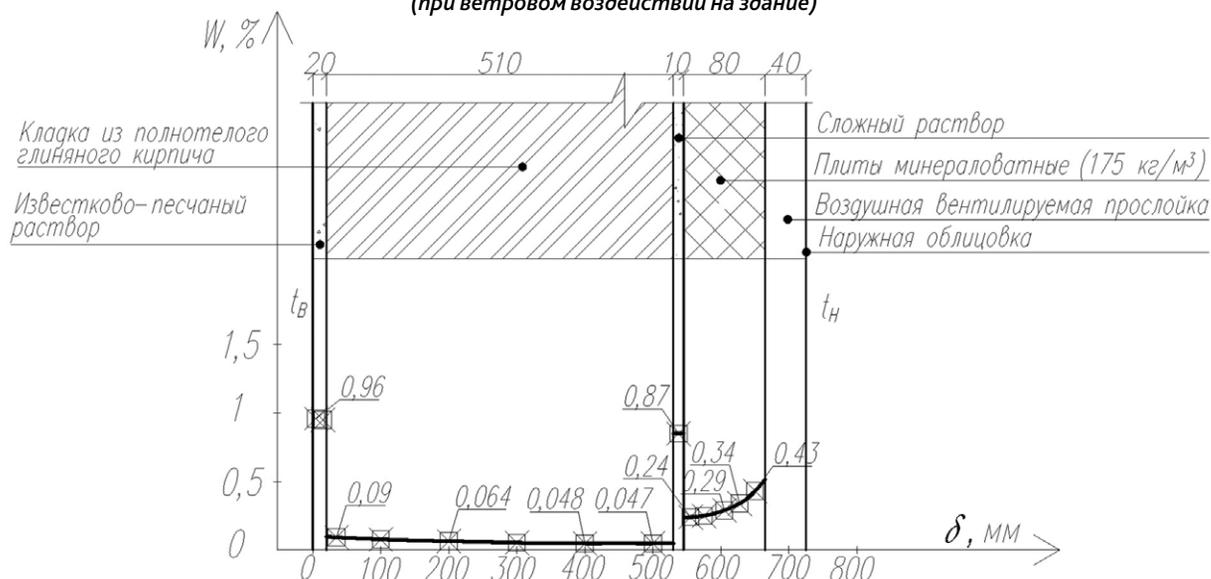


Рис. 7. Распределение массовой влажности по сечению наружной кирпичной стены с ВФС утепления (при ветровом воздействии на здание)



снижают свою массовую влажность за счет десорбции, что и получено при моделировании процессов тепло- и влагопереноса.

Несмотря на то, что худшим режимом для определения возможности конденсации водяного пара на внутренней поверхности защитного экрана является безветрие и движение воздуха в ВВП для условий естественной конвекции, прогнозирование тепловлажностного состояния по сечениям наружных стен с ВФС утепления необходимо выполнять с учетом ветрового воздействия.

На рисунке 7 показано распределение массовых влажностей по сечению наружной стены по ул. Казинца, 15 в г. Минске на январь второго года эксплуатации при условии ветрового воздействия на здание (вынужденное движение воздуха в ВВП).

Результаты расчетов показали, что при воздействии ветра на здание влажности минераловатного утеплителя получены выше в сравнении с условиями безветрия. Влажности кирпичной кладки отличаются незначительно и получены значительно меньше расчетных величин, приведенных в [2].

Выводы

1. Анализ стационарного тепловлажностного состояния наиболее распространенных конструкций наружных стен с ВФС утепления показал, что в местах расположения кронштейнов возможно незначительное увеличение массовых влажностей материалов, к ним примыкающих. Чем выше сопротивление паропроницанию части наружной стены до слоя утеплителя, тем меньшее влияние оказывают кронштейны крепления защитного экрана.

Незначительное увеличение влажностей материалов у кронштейнов, а также плотности потока водяного пара в воздушную вентилируемую прослойку позволяет перейти от объемной постановки задачи к одномерной нестационарной при моделировании процессов тепло- и влагопереноса в наружных стенах с ВФС утепления.

2. Разработана модель переноса теплоты и водяного пара в наружных стенах с вентилируемыми фасадными системами утепления и сплошными экранами. Перенос теплоты и водяного пара в пределах от внутренней поверхности наружной стены до поверхности слоя, обращенного в воздушную вентилируемую прослойку, принят как для нестационарных условий и реализован на основании метода конечных разностей по неявной схеме.

Для исследований влияния воздушных вентилируемых прослоек модель переноса дополнена уравнениями баланса переноса теплоты и водяного пара. Решение уравнений позволяет определить скорость движения воздуха, а также температуру, парциальное да-

вление и относительную влажность воздуха на выходе из ВВП вентилируемой фасадной системы. Совместное решение уравнений позволяет определить распределение влажности по сечению наружной стены с ВФС утепления.

3. Экспериментальными и теоретическими исследованиями установлено, что для проверки отсутствия образования конденсата на внутренней поверхности защитного экрана худшими условиями будут режимы движения воздуха за счет естественной конвекции при отсутствии ветрового воздействия на здания.

Для оценки тепловлажностного состояния наружных стен с ВФС утепления с определением массовых влажностей по сечениям стен худшими условиями следует считать условия при ветровом воздействии на здания.

4. Численные исследования тепловлажностного состояния наружных стен с ВФС утепления показали, что влажностный режим данных конструкций следует считать удовлетворительным. Устройство ВФС утепления на существующих зданиях значительно снижает влажность материалов, расположенных от внутренней поверхности до слоя теплоизоляции.

Полученные результаты подтверждают вывод о том, что систематическая конденсация водяного пара возможна на внутренней поверхности защитных экранов наружных стен с ВФС утепления при неправильном подборе геометрических размеров воздушных вентилируемых прослоек.

Литература

1. Протасевич А.М. Влажностный режим наружных стен зданий в условиях Республики Беларусь / А.М. Протасевич, В.В. Лешкевич, А.Б. Крутилин // Жилищное строительство. – 2013. – №9. – С. 37–40.
2. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. ТКП 45-2.04-43-2006*. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2015. – 47 с.
3. Протасевич, А.М. Аэродинамический расчет вентилируемых фасадных систем зданий со сплошными экранами / А.М. Протасевич, А.Б. Крутилин // Жилищное строительство. – 2011. – №7. – С. 37–40.
4. Строительная климатология. СНБ 2.04.02-2000. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2001. – 37 с.
5. Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий / НИИСФ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1984. – 168 с. ■

Статья поступила в редакцию 30.03.2020

**XXV БЕЛОРУССКИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ**

ENERGY EXPO

energyexpo.by

Тематические
специализированные
выставки



13-16 октября
Минск
Беларусь **2020**

пр. Победителей 20/2 (Футбольный манеж)

ДОМ
греет улицу

ДОМ
греет вас



ТЕПЛО ВНУТРИ, А НЕ СНАРУЖИ

Утепляем!
Экономим! Греемся!

узнайте как на energoeffekt.gov.by

