

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Рекомендовано учреждением образования
«Республиканский институт профессионального образования»
в качестве пособия для слушателей курсов
повышения квалификации и переподготовки кадров*



BMZ



Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung



Минск
РИПО
2012

УДК 69.004.18
ББК 74.5
Р43

Авторы:

первый проректор УО РИПО, кандидат педагогических наук, доцент *Э. М. Калицкий*;
исполнительный директор Ассоциации «Возобновляемая энергетика» *В. П. Нистюк*;
начальник отдела по связям с зарубежными странами УО РИПО *О. В. Дехтяренко*;
методисты того же отдела *Е. С. Харченко, И. В. Павлючик*;
заведующий отделением повышения квалификации и переподготовки кадров
УО «Могилевский государственный машиностроительный профессионально-
технический колледж», кандидат технических наук *С. В. Похвалов*;
ученый секретарь УО РИПО, кандидат филологических наук *Е. Г. Воронцова*.

Рецензенты:

директор УО «Минский государственный профессионально-технический колледж
строительства и коммунального хозяйства», кандидат педагогических наук *А. В. Лукьянович*;
заведующий кафедрой «Строительные конструкции, здания и сооружения» Белорусско-
Российского университета, доктор технических наук, профессор *Ю. А. Полеицук*.

*Публикация данного издания осуществлена при содействии Представительства
зарегистрированного общества «Deutscher Volkshochschul-Verband e.V.» (Федератив-
ная Республика Германия) в Республике Беларусь.*

*Содержание публикации является предметом ответственности авторов и мо-
жет не отражать точку зрения Представительства зарегистрированного общества
«Deutscher Volkshochschul-Verband e.V.» (Федеративная Республика Германия) в Рес-
публике Беларусь.*

Р43 Ресурсосберегающие технологии в строительстве / Э. М. Калицкий [и др.].
Минск : РИПО, 2012. 148 с. : ил.
ISBN 978-985-503-260-2.

Пособие посвящено актуальной проблеме ресурсосбережения в строительстве. Рас-
смотрены такие ключевые его составляющие как создание ресурсосберегающих видов
строительных материалов, изделий и соответствующих технологий строительства, эконо-
мная эксплуатация зданий и сооружений.

Пособие рассчитано на широкий круг читателей, интересующихся проблемами эко-
логии, устойчивого развития и «зеленых» производств. Также оно адресовано препода-
вателям и учащимся строительных и энергетических специальностей учреждений про-
фессионально-технического и среднего специального образования.

**УДК 69.004.18
ББК 74.5**

ISBN 978-985-503-260-2

© Оформление. Республиканский институт
профессионального образования, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
1. Экологически безопасный строительный дизайн и проектирование	6
2. Энергоэффективные технологии в зданиях	9
3. Использование строительных материалов.....	17
4. Использование возобновляемых источников энергии в современных технологиях	23
5. Европейские и российские нормативные требования для продвижения энергоэффективности в строительстве	75
6. Примеры экологически безопасных строительных проектов за рубежом.....	99
7. Реализация энергосберегающих мероприятий в Республике Беларусь.....	115
Литература.....	139
Приложения	141

ПРЕДИСЛОВИЕ

Генеральная Ассамблея ООН провозгласила 2012 г. годом устойчивой энергетики.

Эта инициатива предусматривает решение к 2030 г. трех взаимосвязанных задач:

- обеспечение всеобщего доступа к современным энергетическим услугам;
- снижение интенсивности мирового энергопотребления на 40 %;
- увеличение доли возобновляемых источников энергии в мире до 30 %.

Одним из решающих факторов снижения интенсивности энергопотребления является энергосбережение в строительстве. Эта проблема всегда была и остается в центре внимания руководства страны, министерств и ведомств Республики Беларусь.

Пособие «Ресурсосберегающие технологии в строительстве» посвящено одной из важнейших проблем в жизни современного индустриального общества – эффективному использованию энергоресурсов.

Цель настоящего издания – обратить внимание читателей на основные тенденции и проблемы развития процессов энергосбережения и энергоэффективности в мире и Республике Беларусь.

Успех в их решении, на взгляд авторов, определяется не только научными достижениями и техническими решениями, но и организацией просветительской работы с целью обеспечения грамотности и культуры населения в вопросах энергии, энергосбережения и использования «зеленых» технологий.

Потребность в энергии как на производстве, так и в быту непрерывно растет. Каждая страна испытывает ее возрастающий дефицит и прилагает усилия по ее эффективному использованию и сбережению.

Основная задача для Республики Беларусь состоит в том, чтобы свести к минимуму зависимость экономического роста от увеличения объема использования невозобновляемых природных ресурсов. В этих целях прилагаются большие усилия перехода на экономику с низким содержанием углерода, увеличением источников возобновляемой энергии, модернизации транспортного сектора, по повышению энергоэффективности и др.

Пособие «Ресурсосберегающие технологии в строительстве» ориентировано на подготовку специалистов высокой квалификации, способных

обеспечить эффективное управление использованием запасов невозобновляемых и возобновляемых природных ресурсов. Пособие базируется на обобщении мирового и отечественного опыта в области ресурсосберегающих строительных технологий и знакомит с основными направлениями и тенденциями энергосберегающей политики за рубежом и в Республике Беларусь, в том числе мероприятиями в области повышения энергоэффективности городского хозяйства, новыми стандартами в строительстве, примерами экологически безопасных строительных проектов и проектов в области энергосбережения. В пособии также приведены примеры использования «правильных» строительных материалов, применения технологий с задействованием производства энергии из возобновляемых источников (солнечная тепловая, фотоэлектрическая, и т. д.), правовые и экономические аспекты энергосбережения, критерии оценки эффективности энергосберегающих мероприятий и др.

Особое внимание уделено преимуществам ресурсосберегающих технологий, включающим в себя экономию ресурсов и денежных средств. При этом энергоэффективное строительство рассматривается не только в аспекте экономии электро- и тепловой энергии, снижения эксплуатационных расходов, но и в отношении улучшения здоровья человека, его комфорта, благополучия и продуктивности.

В пособии много внимания уделяется удачным архитектурным и техническим решениям в строительстве таких промышленно развитых стран как Германия, Швеция, Финляндия. Приводятся положительные примеры внедрения энергосберегающих технологий в России и Беларуси. Особое место отводится рассмотрению политики и мероприятий по реализации энергосбережения в Республике Беларусь, достижениям отечественных ученых и инженеров.

Данное пособие построено на основе программы обучающего курса «Ресурсосберегающие технологии в строительстве» для подготовки, переподготовки и повышения квалификации по профессиям в сфере строительства в рамках образовательной инициативы «Развитие дополнительного профессионального образования в сфере строительства», реализуемой в 2012 г. при содействии Представительства зарегистрированного общества «Deutscher Volkshochschul-Verband e.V.» (Федеративная Республика Германия) в Республике Беларусь.

1. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ДИЗАЙН И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Питание, кров и одежда – вот три основных потребности каждого человека. Несмотря на технические достижения последних двух с половиной веков, ставшие следствием промышленной революции, нам все еще предстоит решить проблемы тех многих, кто не имеет возможности удовлетворить эти базовые потребности.

Городское население мира растет колоссальными темпами, причем преимущественно в менее развитых странах. Скорость, с которой люди в развивающихся странах переезжают в городские центры, в пять раз превышает скорость, с которой строится новое жилье. Таким образом, необходимость строительства жилья для тех, кто его не имеет, очень высока. Жилой фонд в Китае составляет 40 млрд м², и около 95 % зданий оцениваются как высокоэнергоемкие. Китай планирует построить еще 30 млрд м² к 2020 г. Значительная часть нового жилого фонда устареет в ближайшие 30–40 лет. При этом темпы обновления несоответствующих и устаревших зданий очень медленны.

Исходя из данных организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), на строительную отрасль приходится 10 % от общего использования земли, 30 % от общего использования сырья, от 25 до 40 % от общего потребления энергии, 20 % потребления воды, от 30 до 40 % образования отходов, а также от 30 до 40 % глобальных выбросов парниковых газов. Она потребляет примерно 10 % мирового ВВП¹ и создает рабочие места для более чем 111 млн человек во всем мире, причем 75 % рабочих мест приходится на развивающиеся страны, а 90 % занятости обеспечивают микрофирмы, имеющие менее 10 работников².

Экологическая безопасность – это комплексная концепция, затрагивающая не только окружающую среду, но и всю экосистему.

Экологически безопасный дизайн и проектирование основываются на понимании характера и поведения экосистем, содействуя сохранению и установлению взаимосвязи между природой и строительством. Концепция экологически безопасного дизайна предусматривает рациональное исполь-

¹ ВВП – валовой внутренний продукт.

² ЮНЕП, инициатива по экологически безопасному строительству и эксплуатации зданий, Информационный бюллетень 2006 г.

зование природных ресурсов в целях создания гармоничной окружающей среды, а также выбор оптимального места проживания жителей, при том что воздействие на окружающую среду будет сведено к минимуму. Эта концепция распространяется на весь процесс планирования, проектирования, строительства, эксплуатации и технического обслуживания здания.



Рис. 1. Концепция экологически безопасного архитектурного проектирования

Рисунок 1 иллюстрирует концепцию экологически безопасного архитектурного проектирования, которой можно дать следующее определение: «Методы строительства, направленные на достижение качества, включая экономические, социальные и экологические показатели». Таким образом, рациональное использование ресурсов и надлежащее управление жилищным фондом призвано способствовать экономии ресурсов, снижению потребления энергии и улучшению качества окружающей среды. Существует два способа внедрить концепцию экологически безопасного архитектурного проектирования:

- внедрение природных технологий (защита от солнца и ветра, использование дневного освещения, возобновляемых источников энергии, тепловая изоляция, повторное использование сырья, контроль за качеством воздуха);

- принятие стратегии на базе современных, экологически безопасных технологий (выбор участка, строительных материалов, систем отопления, охлаждения, кондиционирования, переработки отходов и т. д.).

Благодаря интеграции конструктивных особенностей, специфических для конкретных участков и местного климата, внедрению инновационных и экологически чистых технологий, применению прочных материалов с высоким содержанием перерабатываемых компонентов, экологически безопасное строительство способно сократить потребление энергетических и вод-

ных ресурсов более чем на 50 % по сравнению с обычными зданиями и, следовательно, значительно повысить ценность недвижимости. Хотя экологически безопасные здания позволяют сокращать расходы вследствие уменьшения потребности в освещении, вентиляции, отоплении и охлаждении, они, как правило, требуют несколько более значительных капитальных затрат из-за встроенных в эти здания дополнительных функций и систем, таких как, например, самостоятельная выработка энергии, сбор дождевой воды или переработка сточных вод. Тем не менее, дополнительный объем начальных инвестиций гарантирует многократное сбережение ресурсов на протяжении всего жизненного цикла здания. Среди других преимуществ можно назвать повышенный тепловой, визуальный и акустический комфорт, улучшение качества воздуха и, что немаловажно, сохранение здоровья людей. Рациональное озеленение и учет существующих биоклиматических особенностей способствуют улучшению городского микроклимата, в частности качества воздуха. С точки зрения охраны окружающей среды экологически безопасные здания имеют значительные потенциальные преимущества для их владельцев, жильцов и для общества в целом.

В настоящее время определены ключевые индикаторы экологически безопасного строительства:

- минимальное использование ископаемого топлива, замещение его энергией, заключенной в самих строительных материалах, на всех этапах строительства и эксплуатации здания;
- эффективное использование естественного освещения и естественной вентиляции при условии сохранения максимального комфорта;
- более полное использование пассивной солнечной энергии в системах отопления / охлаждения;
- выявление местных возобновляемых источников энергии, их использование посредством встроенных систем;
- использование постоянной температуры почвы с целью смягчить перепады температуры в летний и зимний периоды;
- применение переработанных и возобновляемых материалов;
- минимальное привлечение водных ресурсов, сбор дождевой воды, утилизация сточных вод путем их очистки, использование для различных целей, за исключением прямого потребления человеком;
- минимализация стока дождевой воды посредством ограничения площади жесткого покрытия окружающей территории;
- формирование окружающей среды, обладающей визуальной эстетической привлекательностью и экологическими преимуществами, такими как летнее затенение и испарительное охлаждение;
- исключение озоноразрушающих химических веществ в процессе изготовления и эксплуатации систем;
- проектирование в соответствии с самыми высокими стандартами технических знаний и эстетического опыта [10].

2. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗДАНИЯХ

Понимание того, что энергоэффективные здания не только помогают экономить электроэнергию и снижать эксплуатационные расходы, но и способствуют улучшению здоровья человека, его комфорту и благополучию, ведет к активному распространению целого ряда новых и усовершенствованных технологий и методов. Хотя сбережение энергии при ее эффективном использовании может достигать 40 % и в существующих зданиях, построенных из неэффективных материалов и имеющих неэффективные системы, новые здания предоставляют больше возможностей для реализации энергосберегающих технологий, начиная с этапа проектирования, заканчивая строительством и обслуживанием. Сократить потребление энергии до минимума можно за счет сочетания традиционных и новых или усовершенствованных материалов и архитектурных технологий. С привлечением природного дневного освещения и солнечной энергии можно избежать установки больших окон из энергетического стекла. Потребление энергии в существующих зданиях значительно уменьшится, если грамотно организовать изоляцию внешних стен и крыш.

Тренд нового тысячелетия – децентрализация в производстве энергии. Соответственно, каждое здание рассматривается как автономная электростанция, значение крупных электростанций уменьшается¹.

Общая стратегия разработки энергоэффективных зданий начинается с поиска путей и средств для снижения потребности в энергии, – оптимального использования природных энергетических потоков и, наконец, подачи необходимой энергии эффективным и хорошо контролируемым методом. Типичные элементы низкоэнергетического дизайна:

1. Управление прилегающей территорией с учетом климата. Окружающую территорию можно использовать для создания менее сурового микроклимата и тем самым уменьшить количество энергии, необходимой для комфортной обстановки в помещениях. Правильная ориентация по сторонам света помогает использовать пассивное отопление и охлаждение, что приводит к меньшим счетам за энергопотребление.

2. Форма здания. От площади поверхностей и объема зависят потери тепла через стены и вентиляцию. Форма здания определяет возможность

¹ Германия определенно в лидерах // DE Magazin Deutschland 1/2012, с. 45.

использования природного потенциала солнечного света и тепла, привлечения естественной вентиляции.

3. Структура здания. Прохождение тепла сквозь здание обусловлено характеристиками теплопередачи структурной изоляции, которая состоит из таких компонентов, как крыша, стены, окна, полы и внутренние стены зданий. Тепловые характеристики здания выше, если все элементы здания имеют одинаковый коэффициент теплопередачи, хотя на практике некоторые элементы изолированы лучше, чем другие. Использование материалов с низкой плотностью, а также теплоизоляции может снизить утечку тепла. Материалы, имеющие высокую плотность и соответствующую тепловую массу, в сочетании с контролем нагревания от солнечного света посредством затеняющих устройств помогают улучшить охлаждение или обогрев здания независимо от условий окружающей среды. Окна и остекление позволяют удерживать тепло зимой, в то же время пропуская зимнее солнце.

4. Проникновение воздуха. Оно должно быть сведено к минимуму, чтобы избежать попадания холодного воздуха в здание или теплого воздуха в окружающую среду. Установленные в здании механические вентиляционные системы должны работать эффективно и лишь по мере необходимости.

5. Природное дневное освещение и вентиляция. Отверстия в здании располагают в стратегических местах, чтобы увеличить площадь проникновения естественного дневного света. Таким образом можно ограничить получение чрезмерного тепла или его потерю в зависимости от местоположения здания и времени года. Естественная вентиляция обеспечивает приток свежего и прохладного воздуха летом, сокращая потери тепла в зимнее время.

6. Пассивное солнечное отопление и охлаждение. На этапе проектирования зданий предусматриваются системы климат-контроля, основанные на потреблении естественной солнечной энергии, что будет служить достойной альтернативой отоплению с использованием ископаемых видов топлива. Пассивными методами можно предотвратить накопление тепла зданием или, наоборот, его чрезмерную вентиляцию. Устройства затенения исключают попадание солнца летом, однако обеспечивают полное проникновение солнца в холодное время года. В климатических условиях, где отопление не требуется, затенение всего здания и окружающей территории ведет к повышению уровня комфорта и экономии энергии.

7. Искусственное освещение. Его необходимо вырабатывать при помощи энергосберегающих технологий и использовать только по необходимости. Правильно расположенные высококачественные мансардные окна помогают привлечь естественное освещение и повысить энергетическую эффективность.

8. Отопление и охлаждение с использованием ископаемых видов топлива. Чтобы свести к минимуму потребление ископаемых видов топлива, следует выбирать энергоэффективные системы и эксплуатировать их только в случае необходимости. По возможности вторичные энергоресурсы должны быть восстановлены, повторно использованы и переработаны.

9. Другое оборудование и услуги. Доля использования бытовой и офисной техники в зданиях постоянно растет. Желательно приобретать энергоэффективные приборы и пользоваться ими только при необходимости. Значительными потребителями энергии являются лифты / эскалаторы и водонасосные системы.

10. Получение энергии из возобновляемых источников. В зависимости от месторасположения здания можно эксплуатировать такие природные формы энергии, как энергия солнца, ветра, биомассы, биогаза, гидро- и геотермальных источников, снижая таким образом зависимость от ископаемого топлива.

11. Система контроля и управления. Энергозатраты здания имеют тенденцию с течением времени возрастать. С целью добиться надлежащей энергетической эффективности, обеспечить своевременное вмешательство, поддерживать желаемый уровень энергопотребления следует организовать управление энергопотреблением и его мониторинг.

Распространено мнение, что экологически безопасное здание, как правило, является намного более дорогостоящим, чем традиционное, и выглядит совершенно иначе, например, с крышей, перегруженной всевозможной техникой. Общее нежелание делать дополнительные инвестиции, чтобы обеспечить снижение энергозатрат, может стать серьезным препятствием на пути так называемого «зеленого» строительства. Крайне важно проектировать такие здания, которые будут действительно экологически чистыми и не потребуют дополнительного бюджета. Для этого необходимо использовать правильную методику строительства и ставить себя в меньшую зависимость от дорогостоящих строительных технологий. Отчетливое понимание того, как устроено и функционирует здание, поможет избежать технологической сложности и в дальнейшем не потребует «технических исправлений». Иными словами, сложность в том, как добиться большего с меньшими вложениями.

Поскольку общая цель состоит в том, чтобы снизить потребление энергии и затраты на эксплуатацию здания на протяжении его жизненного цикла, важно начать с разработки структуры здания и выбора строительных материалов, а затем искать подходящие устройства для получения энергии из возобновляемых источников. Срок службы здания, как правило, составляет, от 50 до 100 лет, в то время как большинство систем производства энергии из возобновляемых источников имеют более короткий срок – от 10 до 20 лет. Если здание плохо проработано с энергетической точки

зрения, общие капитальные затраты будут гораздо значительнее: преимущественно за счет капитальных вложений в крупные системы производства энергии из возобновляемых источников. Кроме того, конструкцию здания впоследствии будет экономически трудно улучшить.

В холодном климате герметичное и хорошо изолированное здание не нуждается в большом количестве энергии, поэтому средства, которые требуются на технику для энергоснабжения, могут быть использованы для покрытия дополнительных затрат на улучшение качества строительных материалов. Кроме того, применение гигроскопических материалов (гипс, необработанные лесоматериалы), которые легко впитывают и испаряют влагу, позволяет куда более эффективно решить проблему с влажностью в помещениях, чем механическая вентиляция. Хотя такая отделка стен может стоить больше, на самом деле средства будут сэкономлены, так как исключаются расходы на вентиляторы, воздуховоды, решетки и фильтры.

Основными источниками энергии в зданиях являются электричество, природный газ, нефть, а иногда и печное топливо – кокс и уголь. Энергию также получают из возобновляемых источников – солнца, ветра, воды, древесины. Эффективное использование энергии как из возобновляемых, так и из невозобновляемых источников – лучший способ снизить расходы на энергию и уменьшить воздействие на окружающую среду. Ниже описаны некоторые энергоэффективные технологии, используемые в зданиях.

Отопление зданий. Существуют два основных вида отопления: излучательное (путем прямого излучения) и конвективное (нагрев и циркуляция воздуха). Различные формы отопления будут предпочтительны в зависимости от типа зданий. В больших комнатах с высокими потолками, предпочтение отдается сочетанию излучательного и конвективного отопления, тогда как в небольших комнатах эффективным является конвективное нагревание воздуха. В больших комнатах на сквозняке или ванных комнатах, рациональнее излучательное отопление. Здание может иметь как центральную (непрямое отопление), так и воздушную (прямое отопление) систему отопления в отдельных помещениях. Возможно также, что энергоэффективным зданиям с центральным отоплением может потребоваться меньше энергии, чем зданиям с неэффективным воздушным отоплением.

Газовые обогреватели и эффективные тепловые насосы обратного цикла лучше, чем стандартные электрические нагреватели, поскольку они производят в три раза меньше парниковых газов, чем электрические. Маркировка энергоэффективности поможет выбрать оптимальные модели на рынке.

При выборе отопительных систем, работающих с использованием горения, необходимо руководствоваться эффективностью сгорания, эффективностью котла и эффективностью системы управления. Высокоэффективные котлы стоят дороже стандартных, но имеют и дополнительные

функции, с помощью которых можно снизить потери энергии: низкая теплоемкость и большой размер теплообменника для получения большего тепла из топливных газов, дополнительные слои изоляции, автоматическое открытие / закрытие дымовых заслонок. Эффективность можно повысить, выбрав конденсационные котлы, которые обеспечивают еще большую теплообменную область, а также позволяют использовать латентное тепло.

В случаях, когда в больших зданиях основным источником теплоснабжения являются природный газ и нефть, рекомендуется установить системы комбинированного производства тепловой и электрической энергии или тепловую электроцентраль (ТЭЦ). При установке ТЭЦ электроэнергия вырабатывается на месте с помощью поршневых двигателей и газовой турбины, а тепло от выхлопных газов может использоваться для отопления и горячего водоснабжения в здании. В целом эффективность таких систем достигает 80–90 %, несмотря на высокие первоначальные инвестиции.

Экологично заготовленная древесина будет служить прекрасным топливом, но ее применение в городских условиях ограничено из-за загрязнения воздуха, а также из-за дополнительных затрат энергии на транспортировку источников энергии в городские районы.

Охлаждение зданий. Здания могут охлаждаться с применением стратегии пассивного охлаждения (вентиляции и тепловой массы – воды или земли) или с помощью низкоэнергетических механических систем, таких как воздушные вентиляторы или испарительное охлаждение (в зависимости от уровня влажности прямое распыление воды или при помощи стояка водяного охлаждения), или посредством энергоэффективных систем кондиционирования воздуха. Механическое охлаждение может стать необходимостью в экстремальных климатических условиях и когда в здании велика выработка внутренней энергии. Его можно наладить с помощью эффективной механической испарительной системы кондиционирования воздуха, которой требуется электричество или охлажденная вода для охлаждения воздуха. Тепло, выводящееся из здания, может отдаваться в окружающий воздух или в землю, если ее температура заметно ниже, чем температура окружающего воздуха. Здания можно охлаждать с использованием паропоглощающей системы кондиционирования воздуха, которой требуется тепло в качестве источника энергии, будь то природный газ, или же выхлопные газы ТЭЦ, или энергия, получаемая от солнечных тепловых коллекторов.

Эффективность системы охлаждения различна в зависимости от охлаждающей нагрузки здания. Кроме того, система охлаждения должна подходить для того, чтобы удовлетворить пиковую потребность в охлаждении, и ее эффективность ухудшается по мере снижения нагрузки. Одним из путей преодоления этих проблем является использование систем хранения

льда, которые сохраняют излишний холод, производимый системой охлаждения в периоды меньшей потребности в охлаждении, с тем чтобы удовлетворить дефицит в периоды высокой потребности в охлаждении. Это также помогает сохранять охладительные системы, и они эффективно работают в полную силу в течение всего дня. Дополнительным преимуществом является сокращение счетов за электроэнергию в той местности, где практикуется тарификация электроэнергии в зависимости от времени суток.

Существуют различные методы для отвода тепла из пространства, помимо кондиционирования. Системы прямого расширения охлаждают воздух в помещениях путем его прямой циркуляции над катушкой охлаждения. В сплит-системах хладагент циркулирует в охлаждающих элементах внутри комнаты, которая подлежит охлаждению. Современные технологии позволяют использовать одну внешнюю систему охлаждения для охлаждения нескольких комнат одновременно с помощью нескольких сплит-систем с переменным потоком хладагента, что позволяет очень точно распределять нагрузку и значительно сократить потребление энергии. Благодаря технологическому прогрессу можно избежать необходимости контролировать влажность воздуха, выходящего из катушки охлаждения; для снижения относительной влажности охлаждаемого воздуха можно использовать тепловые трубки, которые одновременно помогут обеспечить свободное охлаждение воздуха, поступающего в катушки охлаждения, тем самым в определенной степени уменьшая нагрузку на них. Некоторые из этих систем предназначены для восстановления тепла во время конденсации сжатого хладагента и получения горячей воды для потребностей здания.

Отдельным зданиям может одновременно потребоваться отопление на северной стороне и охлаждение на южной стороне. В таких ситуациях наиболее эффективными являются системы, где задействуются водовоздушные тепловые насосы, для того чтобы либо извлекать тепло, либо передавать его посредством циркуляции воды внутри здания. Тепло, извлеченное из охлаждаемого пространства, будет рационально использоваться в помещениях, требующих обогрева, с наименьшим потреблением внешней энергии.

В воздушных системах непрямого действия, воздух охлаждается в блоке обработки воздуха и подается в помещения через трубопроводы. Совершенствование технологий в этой области позволяет включать систему переменного объема воздуха, посредством которой охлажденный воздух подается в помещение с постоянной температурой, однако его объем варьируется в зависимости от тепловой нагрузки на конкретное помещение. При низкой тепловой нагрузке энергия на работу вентилятора не расходуется. В этом случае влажность воздуха может контролироваться тепловой трубкой вместо того, чтобы использовать электрические обогреватели после катушки охлаждения блока обработки воздуха.

Система непрямого кондиционирования на водной основе, как правило, использует змеевик с вентиляторным обдувом внутри кондиционируемой комнаты. В определенных климатических условиях, где не существует риска образования конденсата, может использоваться излучательная система охлаждения, при которой температура поверхностей комнаты снижается посредством прохладной воды, а жильцы здания чувствуют себя комфортно главным образом за счет отвода теплового излучения. Например, охлажденный потолок или охлажденная балка поможет отвести излучаемое жильцами тепло, а горячий воздух остывает, вступив в контакт с охлажденным потолком / балкой, и спускается в комнату, обеспечивая прохладу. Такие системы повышают эффективность работы холодильных установок, так как охлажденной воде, циркулирующей в системе, не обязательно иметь низкую температуру. Некоторые системы охлаждения потолка / балок в сочетании с малоэнергоемкими вентиляционными системами перемещения воздуха также прекрасно подходят для повышения уровня комфорта жильцов.

Система освещения. На освещение приходится значительная часть энергозатрат здания. Правильное использование дневного освещения позволит сократить количество потребляемой энергии, добиться либо уменьшения интенсивности электрического освещения, либо его выключения, при этом сохранить комфорт жильцов. Чтобы добиться эффективного использования дневного освещения, во время проектирования здания необходимо принимать во внимание несколько аспектов:

- размещение окон и их форма, внутренняя отделка помещения, расположение разделительных стен должны содействовать оптимальному проникновению и распределению дневного света;
- необходимо избегать нежелательных бликов и накопления солнечного тепла;
- электрическое освещение должно сочетаться с имеющимся дневным освещением.

Существуют различные варианты оптимизации дневного освещения посредством окон. Это использование световых полок, жалюзи, призматического остекления или призматической пленки и т. д. Дневное освещение через крышу предполагает устройство световых колодцев и атриумов, световых труб.

Естественное освещение в силу его переменной природы не может полностью заместить собой искусственное освещение. Некоторые области здания, где нет доступа к дневному освещению, будут полностью зависеть от искусственного освещения.

Основными типами осветительных приборов длительное время являлись лампы накаливания (с вольфрамовой нитью и вольфрамовые галогенные), люминесцентные лампы и газоразрядные лампы. Лампы накаливания

имеют низкую эффективность – в диапазоне 15–20 лм/Вт. Эффективность люминесцентных ламп составляет от 55 до 100 лм/Вт, газоразрядных – от 100 до 130 лм/Вт. Поскольку лампы накаливания весьма неэффективны, во многих зданиях их заменяют компактными флуоресцентными лампами, снижая таким образом потребление энергии примерно на 75 %. В последние годы появились и некоторые новые технологии, уже коммерциализированные или находящиеся на стадии разработки, повышающие эффективность освещения. К ним относятся индукционные лампы, световые диоды и электролюминесцентные пластики. Индукционные лампы имеют высокую продолжительность работы, это делает их пригодными для мест, доступ к которым затруднен. Светодиоды приблизительно в 10 раз более эффективны, чем вольфрамовые лампы, ими заменяют традиционные лампы освещения там, где требуется освещение ограниченной области. Что касается электролюминесцентных пластмасс, то они еще не получили широкого распространения.

Одной из проблем так называемых энергосберегающих ламп является несовершенная технология их утилизации.

Выбор системы освещения зависит от типа освещения. Точечное освещение используется том случае, когда свет необходим в конкретной точке в конкретном месте. Одновременно следует использовать и рабочее освещение, чтобы обеспечить достаточную освещенность более широких рабочих областей.

Выбора эффективной системы освещения недостаточно, необходим также контроль освещения, чтобы свет включался только тогда, когда это необходимо и только в той мере, в какой это необходимо. Типичные методы контроля – зонирование освещения, выключение света по таймеру, размещение детекторов присутствия человека, зондирования наличия дневного света и т. д. Подобные системы, как правило, требуют сенсоров, дополнительной проводки, процессоров для осуществления действий на основе данных, получаемых от зондирующих сенсоров, механизма дистанционного управления для включения / отключения или изменения освещения с учетом производительности лампы.

Электроприборы. С течением времени домашние и офисные электроприборы получают все большее распространение, что соответствует современному стилю жизни. Следовательно, увеличивается доля потребляемой ими электроэнергии. Необходимо позаботиться о правильном выборе типа и размеров энергоемких электроприборов (холодильников, морозильников, стиральных, сушильных, посудомоечных машин и т. д.). Когда телевизоры, видео- / DVD-проигрыватели, компьютеры, мониторы, факсимильные машины, микроволновые печи, зарядные устройства и т. д. не используются, их лучше отключать от сети, чтобы сберечь энергию, которую они потребляют в режиме ожидания [11].

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Необходимо тщательно анализировать строительные материалы, представленные на рынке, и выбирать те из них, которые будут способствовать эффективному использованию энергии, большему комфорту и эффективности затрат. Кроме того, необходимо учитывать жизненный цикл материалов и их внутреннюю энергию, которая рассчитывается следующим образом: общая энергия, использованная для создания продукта, плюс все процессы, осуществленные в целях извлечения, производства, транспортировки и строительства. Так как внутренняя энергия материалов может составлять значительную долю общего объема энергии, потребляемой в течение всего срока службы здания, она имеет важное значение при выборе строительных систем, хорошо приспособленных к климату, содержащих большое количество вторичного сырья, предусматривающих рациональное применение новых материалов или невозобновляемых источников энергии. Строительные материалы можно разделить на пять групп:

- возобновляемые материалы (натуральное дерево, шерсть и т. д.);
- материалы, полученные методом минимальной обработки (земля, песок, гравий);
- добытые и обработанные материалы (известь, гипс, камень, сланец, кирпич);
- добытые и значительно переработанные материалы (сталь, цемент, стекло и пластик);
- вторичное сырье (повторно используемая древесина, кирпич, сталь, стекло, теплоизоляция).

Ниже перечислены принципы, которыми следует руководствоваться при выборе и использовании строительных материалов, чтобы добиться снижения общего потребления энергии в здании и негативного воздействия на окружающую среду:

- на этапе проектирования и строительства учитывать разрушение материалов в будущем, их пригодность к повторному использованию, модификации и переработке;
- более эффективно использовать существующие материалы;
- использовать материалы, полностью состоящие из переработанного сырья или имеющие высокое содержания переработанного сырья;
- выбирать материалы со сроком службы, аналогичным сроку службы здания;

- использовать материалы, которые способны нивелировать крайности климата, способствовать минимизации затрат энергии, идущей на отопление или охлаждение здания;
- учитывать, каким образом и где эти материалы производятся, как влияют на окружающую среду;
- использовать местные и легковесные материалы, что поможет сократить затраты энергии на транспортировку;
- использовать эффективную изоляцию здания и соединений в нем с целью сокращения или устранения необходимости в нагревании и охлаждении.

Одним из самых важных факторов в снижении влияния внутренней энергии является разработка проекта таким образом, чтобы здание было прочным и адаптируемым. Во многих случаях более высокий уровень внутренней энергии может быть оправдан. Например, большое количество тепловой массы увеличивает внутреннюю энергию, однако может существенно снизить потребность в отоплении. Это особенно актуально для тех климатических условий, где здания больше нуждаются в отоплении и охлаждении. С другой стороны, в климате, где потребности в отоплении и охлаждении минимальны или где не применяются другие принципы пассивного проектирования, не рекомендуется строить здания с тепловой массой и другими элементами изоляции, которые обладают высокой внутренней энергией.

Ниже приводятся примеры некоторых типичных материалов и систем, используемых для возведения стен:

Стены в два кирпича. Обладая наибольшей внутренней энергией, стены в два кирпича являются хорошим источником тепловой массы. Они имеют высокую стоимость, но прочны и не требуют существенной отделки. У них очень низкий уровень возможной переработки и им может потребоваться изоляция.

Облицовка обратной кладкой. Глиняный кирпич обладает высоким уровнем внутренней энергии, бетонный блок – низким или средним. Стоимость облицовки зависит от типа массы. К экологически безопасным материалам для внешней облицовки относятся фиброцемент, фанера, экологично полученная древесина и т. д. Такая облицовка очень прочна, имеет высокую тепловую массу и, при добавлении изоляции, высокие тепловые показатели.

Автоклавированные газобетонные блоки. Обладают средним уровнем внутренней энергии, средней тепловой массой, средними изоляционными свойствами, средней прочностью и высокой устойчивостью к разрушению.

Бетонные блоки. Имеют низкую стоимость и низкий уровень внутренней энергии, хорошую тепловую массу, но плохие изоляционные свойства. Стены из бетонных блоков обладают меньшей внутренней энергией,

чем бетонные стены, поскольку они полые и содержат меньше бетона в расчете на единицу площади. Бетонные блоки не относятся к легко перерабатываемым материалам.

Изолированный бетон. Имеет высокую стоимость, высокую внутреннюю энергию, высокую термическую массу, высокие изоляционные свойства, весьма прочен и может быть повторно использован.

Легкая древесина. Обладает низкой или средней внутренней энергией, средними или высокими изоляционными свойствами. Она хорошо подходит для изготовления изделий как непосредственно на строительной площадке, так и за ее пределами и характеризуется относительно низкими транспортными издержками. Она требует тщательного ухода, за исключением случаев, когда защищена от погодных условий. Современные стены на древесной раме имеют зазоры между панелями, наполненные изоляционным материалом, а в качестве внешнего облицовочного материала обычно используется кирпич, причем от рамы его отделяют скобы, создавая дополнительную полость для предотвращения проникновения дождя.

Системы панелей. Сэндвич-панели имеют разные уровни внутренней энергии и разную стоимость в зависимости от отделочных материалов и теплоизоляции. Типичные панельные системы состоят из волокно-цементной наружной облицовки с пенополистироловыми стойками для изоляции и бетонного заполнения для наращивания тепловой массы.

Есть несколько видов альтернативных строительных материалов. Они совсем не требуют обработки или предполагают ее незначительное проведение.

Глиняный кирпич (кирпич-сырец). Имеет самый низкий уровень внутренней энергии, высокую термическую массу и плохие изоляционные свойства. При низком воздействии на участок строительства, нулевом воздействии производства на окружающую среду, данный продукт предполагает существенные трудовые затраты и хорошо подходит для удаленных районов.

Уплотненная земля (смесь глины и гравия). В зависимости от содержания цемента материал обладает низким или средним уровнем внутренней энергии, высокой термической массой и плохими изоляционными свойствами. Он прост в обработке и требует минимальных транспортных затрат при использовании на удаленных объектах. Несмотря на очень длительный срок службы, нуждается в определенном уходе, например, повторной гидроизоляции.

Обвалованная земля. Обладает высокой внутренней энергией, если в качестве структурной основы используются литой бетон или армированные блочные стены. Характеризуется самой высокой тепловой массой с дополнительными свойствами тепловой связки, оказывает существенное воздействие на окружающую среду в ходе строительства. В тех местах, где

позволяет температура земли, изоляция не требуется. При высокой стоимости материал имеет долгий срок службы, что позволяет значительно сократить энергозатраты.

Кипы соломы. Материал имеет низкую внутреннюю энергию. Расширенный фундамент и поперечины требуют дополнительных материалов с более высокой внутренней энергией. Содержит возобновляемые материалы, тепловые характеристики отличные (очень хорошая изоляция), однако тепловая масса низкая или средняя. Кипы необходимо тщательно спрессовать, чтобы свести к минимуму их усадку и подвижность.

В начале XXI в. известный белорусский общественный деятель в области экологии Е.И. Широков использовал для строительства собственного дома блоки, изготовленные из соломы с глиной. В Республике Беларусь эта технология широкого применения не нашла, но в ряде государств Восточной Европы развивается очень активно.

Ниже описаны типичные материалы, используемые для изготовления кровельных и напольных покрытий:

Плитка. У бетонной плитки внутренняя энергия низкая, у керамической плитки средняя или высокая. Она требует более значительной структурной поддержки, чем легкие материалы, и может оказывать негативное влияние на отопительный режим из-за внешней тепловой массы. Несмотря на среднюю стоимость, плитка является неприемлемым решением для удаленных районов, т. к. требует высоких транспортных издержек.

Листовой металл. при относительно низкой стоимости и высокой внутренней энергии это очень прочный материал. Основными преимуществами является вес, стоимость и скорость монтажа. Его легко транспортировать в отдаленные районы и можно окрашивать в светлые цвета, чтобы снизить накопление тепла летом. Листовой металл – наиболее предпочтительный материал для настила кровли.

«Зеленая» крыша. В «зеленых крышах» поверх стандартных структурных компонентов укладывается несколько слоев: гидроизоляционные мембраны, барьер для корней, дренажный слой, фильтр, материал для посадки растений и сама растительность. При этом достигаются многочисленные преимущества: продлевается срок службы, снижается потребность здания в отоплении и охлаждении, улучшается звукоизоляция, улавливаются загрязняющие газы и твердые частицы, увеличивается биоразнообразие.

Бетонные перекрытия между этажами. При средней стоимости обладают высокой внутренней энергией. Если бетонные перекрытия правильно сочетаются с изоляцией и грамотным дизайном, их высокая тепловая масса будет использоваться эффективно. Не требуют особого ухода.

Укрытая земля. Затраты и внутренняя энергия высоки, однако из-за соприкосновения с землей материал имеет высокую тепловую массу с отличной тепловой эффективностью. В зависимости от температуры почвы

на разных глубинах во многих регионах изоляция не нужна. Некоторые системы требуют нулевой энергии для отопления и охлаждения. Материал не нуждается в уходе и обладает весьма продолжительным сроком службы, если должным образом установить гидроизоляцию.

Существует несколько систем, которые синтезируют материалы с различным весом, массой и изоляционными свойствами. Три из них описываются ниже.

Легковесные стены с тяжелым полом. Хорошо изолированные легко-весные стены на открытых бетонных плитах являются эффективным и экономичным сочетанием. Они подходят для ровных строительных площадок в разных климатических условиях. Бетонные плиты обеспечивают тепловую массу, достаточную для выравнивания колебаний дневной температуры, и таким образом позволяют повысить комфортность. Одновременно уменьшается количество энергии, необходимой для отопления и охлаждения. Изолированные легко-весные стены снижают потери тепла. Для стен могут быть использованы различные виды облицовочного материала. Фиброцементные листы, фанера и другие листовые системы обладают низкой внутренней энергией и очень прочны, хотя за любыми окрашенными поверхностями понадобится уход.

Легкий пол с тяжелыми стенами. Легковесный пол может снизить воздействие на участок строительства, а также сократить затраты, если строительство ведется на наклонных площадках. Облицовка обратной кладкой кирпичными / бетонными блоками, изолированным тонким слоем фиброцемента или фанеры или внутренняя кладка стен обеспечивают тепловую массу, достаточную для эффективного проектирования. Полы могут быть либо на брусовой, либо на стальной раме. Напольное покрытие на бруске обладает низкой внутренней энергией, высокой термической массой, но требует дополнительной изоляции в большинстве климатических условий. Если полы как следует не изолировать, пол может стать источником проникновения воздуха. Полы на стальном каркасе обладают более высокой внутренней энергией, но и более длительным сроком службы, что особенно актуально для районов, где водятся термиты.

Легкие стены и полы с водной массой. В районах, где есть склоны, или в случаях, когда нельзя использовать кладку в качестве тепловой массы, эффективная масса может быть обеспечена контейнерами с водой, которые размещаются за затененными, выходящими на север, окнами. Вода обладает в два раза большей объемной теплоемкостью по сравнению с бетоном.

Окна обычно плохо помогают в сохранении тепла внутри здания, так как стекло является весьма проводимым материалом. Тепловые характеристики окон могут быть существенно повышены следующим образом:

- путем увеличения числа слоев остекления;
- расширения полости между слоями стекла;

- замены воздуха в полости газами – аргоном или криптоном;
- нанесения слоя с низкой теплоотдачей на одну или несколько поверхностей стекла.

Не менее важно выбирать для каркаса высококачественные материалы с пониженной теплопроводностью, чтобы избежать теплового моста в каркасе.

Можно изолировать здания до такой степени, что для поддержания комфортных условий не понадобится практически никакой системы отопления / кондиционирования. Небольшое количество энергии, необходимой для так называемых «автономных» зданий, может поступать из возобновляемых источников энергии, производимой на месте.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Ископаемые виды топлива, которые используются в зданиях, можно заменить возобновляемыми ресурсами – энергией солнца, ветра, тепла земли, естественного движения водных потоков и т. п. Хотя эффективность преобразования энергии из природных форм в электрическую энергию и тепло остается довольно низкой, перспективы использования возобновляемых источников энергии становятся все более привлекательными по мере ухудшения среды обитания человека. Возобновляемые источники энергии являются экологически чистыми, стабильными, не увеличивают выбросы парниковых газов и не изменяют энергетический баланс планеты. При этом возобновляемые источники энергии в большинстве стран все еще составляют лишь малую долю национального энергоснабжения. Как уже говорилось, один из главных барьеров на пути их внедрения – низкая экономическая эффективность по сравнению с энергетическими системами, работающими на ископаемом топливе, хотя операционные затраты на выработку возобновляемых источников энергии, в целом, довольно низки. Для увеличения доли использования возобновляемых источников энергии необходимы соответствующие государственные политические мероприятия и поддерживающие механизмы. Например, Европейский союз (ЕС) поставил своей целью к 2020 г. увеличить долю энергии, производимой на возобновляемых источниках энергии, до 20 % от общего объема производимой энергии. Лондонский муниципалитет требует, чтобы новые здания извлекали 10 % энергии для собственного потребления из возобновляемых источников энергии. Многие правительства во всем мире предоставляют субсидии или льготы для снижения капитальных затрат и увеличения экономической привлекательности проектов.

Все шире разворачивается инициатива, названная «Пакт мэров». Администрации больших и малых городов ставят перед собой задачу выйти к 2020 г. на формулу 20–20–20. Это означает, что к указанному времени планируется на 20 % уменьшить вредные выбросы, на 20 % – энергопотребление и 20 % энергии получить из чистых источников. Если на Украине около десяти городов уже участвует в этом проекте, создана и активно работает ассоциация энергосберегающих городов, то в Республике Беларусь к «Пакту мэров» пока подключился только один город – Полоцк.

Однако прежде чем говорить о технологиях как таковых, необходимо отметить, что энергоэффективность и энергосбережение начинается с архитектурного решения здания.

4.1. СОЛНЕЧНАЯ АРХИТЕКТУРА

Строительный сектор играет особую роль в солнечной стратегии, так как примерно треть конечной энергии, потребляемой в промышленно развитых странах, таких как Германия, идет на обогрев помещений, то есть квартиры, офисы, общественные здания и т. д. расходуют больше энергии, чем весь сектор транспорта.

Существует множество путей использования солнечной энергии в качестве низкопотенциального тепла. Рассмотрим некоторые из них.

Еще недавно среднестатистическое здание в Германии потребляло около $220 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, что эквивалентно 22 литрам печного топлива или 22 м^3 природного газа. Большая часть данной энергии не потребовалась бы, если бы здания имели надлежащую теплоизоляцию. В последние годы законодатели, к счастью, начали устанавливать требования к теплоизоляции.

Здания с низким энергопотреблением могут обойтись гораздо меньшим количеством тепла. В таком случае вентиляционные системы дополняют усовершенствованную теплоизоляцию, чтобы дома потребляли лишь $50\text{--}70 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год для обогрева – приблизительно 5–7 л нефти, или четверть от среднего энергопотребления зданий, построенных до 1995 г. Швеция в начале 90-х гг. XX в. ввела стандарт низкого энергопотребления как обязательный для всех новых зданий. Германия – только в 2002 г.

В последней редакции своей директивы «Энергоэффективность зданий» ЕС требует, чтобы все новые здания имели «практически нулевое потребление энергии» к 2020 г. Хотя это может показаться слишком масштабной задачей, дома с нулевым потреблением энергии были известны, по меньшей мере, с 90-х гг. XX в. Неэлектрифицированный «солнечный дом» был сдан в 1992 г. как пилотный проект, однако построенные за последние два десятилетия дома с нулевым потреблением энергии, многочисленные «пассивные дома» и дома с дополнительной выработкой энергии, то есть дома, которые генерируют энергии больше, чем потребляют, доказывают, что здания могут обходиться без традиционных систем отопления, при этом не теряя в комфортности даже в широтах, на которых расположена Германия. Подобные дома становятся все более привлекательными для покупателей и должны стать обычным явлением в период перехода к «веку Солнца».

Стандарты для новых зданий дадут нам возможность продвинуться далеко. Однако солнечная стратегия, которая сосредотачивается только на новых зданиях, не позволит достичь желаемой отметки. Огромный потенциал рационального использования энергии заключается в обновлении старых зданий. Прогрессивные стандарты строительства должны проецироваться на проекты по реконструкции зданий. Важную роль при этом будут играть солнечные тепловые системы и прозрачная изоляция.

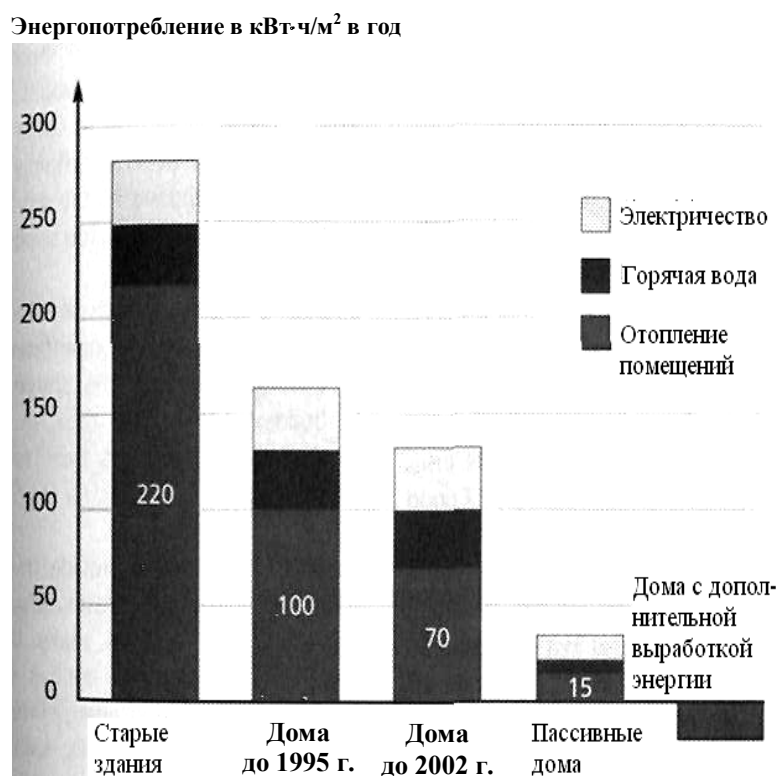


Рис. 2. Отопление помещений: сравнение основных показателей электроэнергии в различных строительных стандартах [9]

ПАССИВНАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

Определение «пассивная» означает, что солнечная энергия используется для вспомогательного обогрева здания зимой, при этом сложные технологии, такие как насосы, отопительные контуры и т. д. исключаются. Существует два способа пассивного использования солнечной энергии¹:

1. Специальные компоненты: окна, стеклянные фасады и прозрачная изоляция.

Тип и дизайн окон особенно важен, поскольку окна есть в каждом доме. За последние несколько десятилетий был достигнут значительный прогресс в данной области. В конце 70-х гг. XX в. двойные стеклопакеты считались хорошим решением. Добавление слоя, который отражает тепло, и заполнение пространства между оконными стеклами инертным газом позволило современным окнам сокращать потерю тепла приблизительно на 60 %, тройное остекление увеличивает показатель сокращения потери тепла до 75 %.

Но если мы собираемся использовать солнечную энергию, необходимо не только добиваться того, чтобы как можно меньше тепла уходило зимой через окна, но и того, чтобы через окна в дом поступало как можно больше солнечной энергии. Если теплоизоляция окон становится лучше, поступление солнечной энергии тоже сокращается. Южная ориентация

¹Goetzberger, A. and Wittwer, V. Sonnenenergie, Stuttgart. 1986. p. 1.32ff.

здания и окна с теплоизоляцией обеспечивают положительное возмещение энергетических затрат. Благодаря таким окнам в дом поступает больше тепла, чем покидает.

В гелиоархитектуре данный эффект используется для сокращения энергопотребления зданий с окнами, выходящими на юг (в северном полушарии). Окна, выходящие на север, не могут обеспечить теплопоступление в силу недостатка прямого солнечного света. Следовательно, если здание должно обогреваться, окна на северной стороне делаются как можно меньших размеров,

В южном полушарии окна на северной стороне делаются больших размеров, чтобы позволить большому количеству тепла покидать здание. Соответственно, чтобы здание оставалось прохладным, окна, расположенные на стороне с наибольшим количеством солнечного света, делаются меньших размеров.

2. Гелиоархитектура: выбор лучшего расположения здания, ориентация фасадов, адаптация конфигурации здания, использование крыши, посадка деревьев для создания тени.

Особый интерес представляет использование крыши для затенения окон с южной ориентацией (рис. 3). Во многих зданиях солнечный свет летом создает избыточное тепло, что требует энергозатратного кондиционирования воздуха. Потребление солнечной энергии может быть сокращено пассивно, то есть без применения многочисленной техники. Если скат крыши выходит за пределы фасада, крыша сама создает простой, но эффективный механизм затенения на тот случай, когда солнце находится высоко в небе. Однако скат крыши не должен быть настолько длинным, чтобы препятствовать попаданию солнечного света в здание зимой.

Данный пример демонстрирует, каким образом традиционные типы архитектуры используют солнце. В век дешевой нефти мы попросту упустили из виду многие подобные возможности. Для перехода к «веку Солнца» нам необходимо вернуться к старым знаниям и объединить их с новыми материалами и технологиями¹.

¹ См. например: www.solarbau.de, www.energie-proekte.de u www.baunetz.de/infoline/solar.

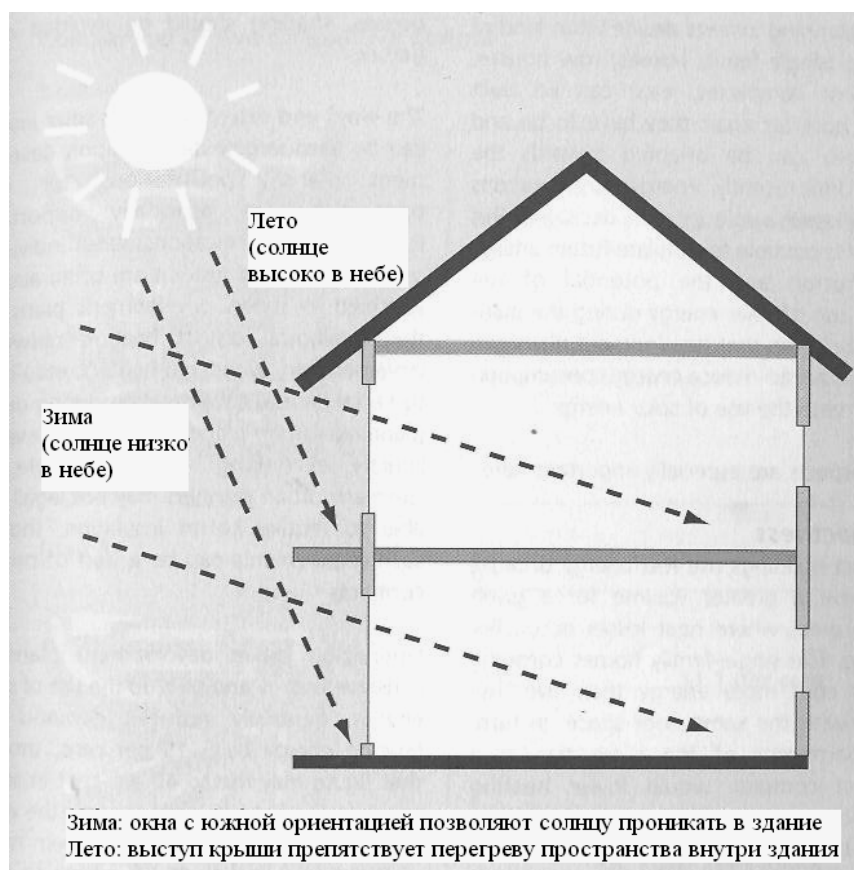


Рис. 3. Пассивная солнечная энергия: окна с южной ориентацией и выступы крыши вместо отопительных приборов и кондиционеров воздуха [9]

СОЛНЕЧНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Эксперты по градостроительству решают, где и какие здания (одноквартирные дома, дома периметральной застройки, многоквартирные комплексы и т. д.) могут быть построены и на каком отдалении друг от друга они должны находиться. До недавнего времени вопросы энергоэффективности едва ли играли роль в принятии таких решений. Но сегодня есть потенциал пассивного использования солнечной энергии в процессе градостроительного проектирования, поэтому планы застройки следует оптимизировать с позиций сокращения энергопотребления и увеличения солнечной энергии.

Здесь важно иметь в виду следующие аспекты:

1. **Компактность.** Компактные здания потребляют меньше энергии, так как имеют меньшую площадь теплопотерь. Так, например, пять отдельных одноквартирных домов потребляют на 20 % больше энергии, чем пять домов периметральной застройки с такой же общей площадью. В свою очередь, пять многоквартирных домов такого же размера в компактном комплексе снизят энергопотребление на обогрев почти на 20 %.

2. Ориентация

Потребление энергии на обогрев возрастает на 15 %, если энергосберегающий дом имеет неправильную пространственную ориентацию.

3. Затенение

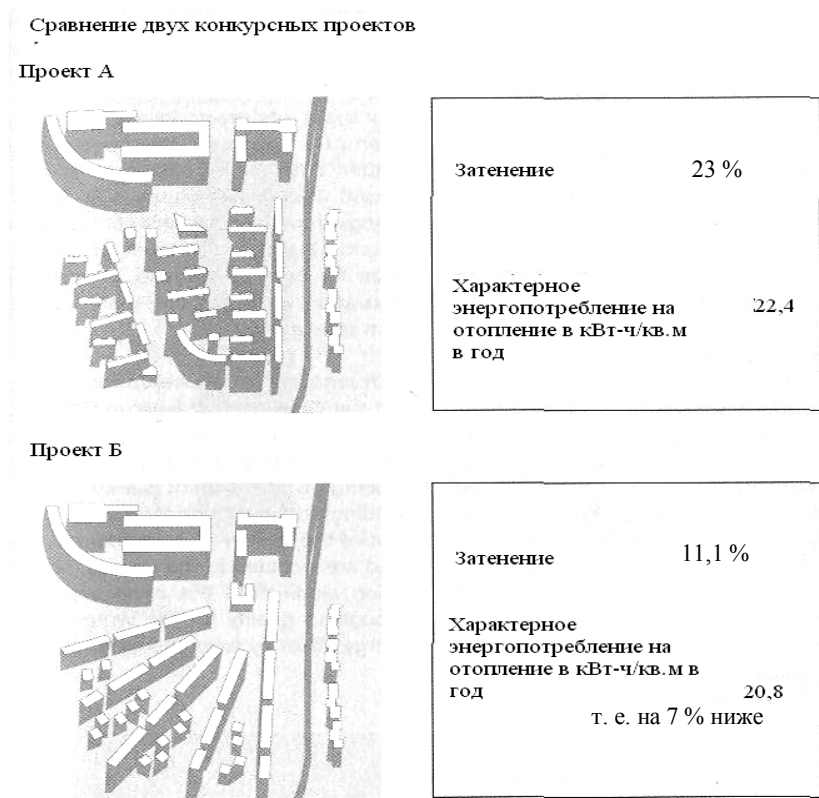
Большая часть тепловой энергии необходима в холодное время года, когда солнце находится в самой нижней точке неба, а здания максимально затеняют друг друга, тем самым препятствуя пассивному использованию солнечной энергии. В течение года в энергосберегающих домах затенение может повышать потребление тепловой энергии на 10 %. Для пассивных домов затенение также нежелательно.

То, насколько может быть использована солнечная энергия, зависит преимущественно от плана застройки. Особое значение имеет ориентация крыши. Спецификационные требования для индивидуального отопления или систем централизованного теплоснабжения зачастую уже определены в планах городской застройки, чтобы экологические сети централизованного теплоснабжения (комбинированное производство тепловой и электрической энергии, отопительные агрегаты, работающие на древесной щепе, и т. д.) принимались во внимание при градостроительном проектировании. В градостроительном проектировании не могут, однако, иметься спецификации для всего, например, в Германии градостроители не имеют права требовать улучшения теплоизоляции, однако подобные требования могут предусматриваться частными договорами¹.

Оптимизация планов городской застройки для сохранения энергии и наращивания масштабов использования солнечной энергии снижает энергопотребление на отопление на 5–15 %, хотя данный показатель может в некоторых случаях возрасть до 40 %. В свете такой экономии дополнительные расходы на более продуманное проектирование кажутся весьма незначительными. По подсчетам экспертов, достигается экономия в 0,1 евроцент за кВт·ч². Таким образом, профессиональное сообщество, которое в процессе градостроительного проектирования игнорирует проблемы энергосбережения и использования солнечной энергии, теряет деньги.

¹ Ebök (Tübingen) Energieeinsparung bei Neubausiedlungen durch privat- and öffentlich-rechtliche Verträge, Cologne. 1998.

² Ministerium für Arbeit, Soziales... NRW: Planen mit der Sonne, Arbeitshilfen für den Städtebau, Düsseldorf, Cologne. 1998, pp.12 and 48.



Относительная нехватка затенения в проекте Б сокращает энергопотребление.

Рис. 4. Солнечная оптимизация градостроительного проектирования [9]

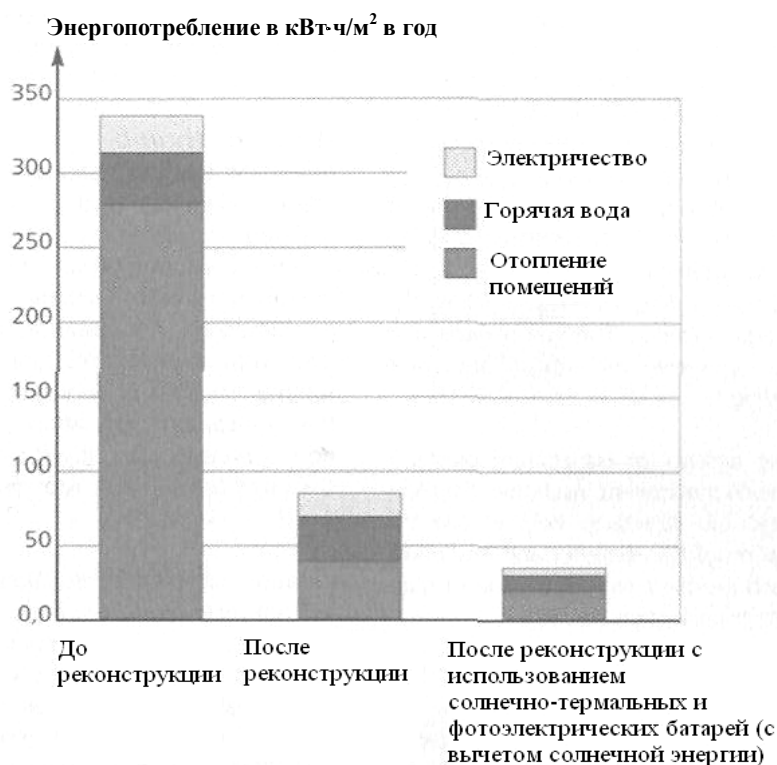
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ В РЕКОНСТРУКЦИИ

Здания, построенные в 60-е гг. XX в. и ранее, потребляют гораздо больше энергии на отопление, чем современные здания. Модернизация старых зданий для соответствия современным строительным стандартам очень важна с точки зрения солнечной стратегии. Так, сегодня в Германии около 20 % совокупного энергопотребления может быть компенсировано за счет реконструкции.

Конечно, каждое здание необходимо рассматривать отдельно, чтобы определить, какие шаги позволят сохранять энергию с наименьшими затратами. Но независимо от конкретных характеристик конкретного здания существует общее руководство по реализации подобных проектов. Например, наибольшая экономия в процессе реконструкции жилых зданий старше 1980 г. достигается за счет дополнительной теплоизоляции наружных стен, установки новых окон и дверей со специальным теплоизоляционным стеклом и улучшенной теплоизоляции крыши (при этом теплоизоляция нижнего перекрытия и потолка верхнего этажа малоэффективна). Новые обогреватели намного экономнее, чем старые. Все эти меры, предпринятые в комплексе, позволяют снизить энергопотребление на 50–70 % в обычном жилом здании.

Дополнительные меры по энергосбережению часто становятся весьма дорогостоящими, но в этом случае использование солнечной энергии может быть неплохим вариантом. Солнечная батарея способна еще больше сократить энергопотребление.

Пример¹. В процессе реконструкции и увеличения дома периметральной застройки, возведенного в 20-е гг. XX в., были предприняты меры по энергосбережению, в результате чего потребление энергии сократилось с 320 кВт·ч/м² в год до 80 кВт·ч/м², что составляет почти четверть первоначального значения, даже несмотря на значительное увеличение общей площади здания. Установка большой солнечной батареи (23 м²) сократила отопительную нагрузку еще наполовину – до 40 кВт·ч/м² (рис. 5). Хотя солнечная батарея дает только 12 % экономии от исходной величины отопительной нагрузки, грамотная реконструкция увеличила долю экономии от использования солнечной энергии.



Солнечная энергия может использоваться для достижения значительной экономии в потреблении электричества и тепла в проектах по реконструкции

Рис. 5. Солнечные батареи как компонент реконструкции [9]

СТЕНЫ КАК ИСТОЧНИК ТЕПЛА: ПРОЗРАЧНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Обычная теплоизоляция препятствует теплообмену между внешней и внутренней средой. Но когда солнце нагревает фасад, нагревается изолирующее покрытие здания (мембрана). Прозрачная изоляция не мешает

¹ Пример взят из Ranft, F. and Haas-Arndt, D. Energieeffiziente Altbauten. Cologne, 2004. p.122.

проникновению этого тепла в здание, а наоборот, проводит тепло в поглощающий слой на внутренней стороне стены. Затем тепло с некоторой задержкой (как правило, несколько часов) проникает внутрь здания, по сути превращая стену в большой радиатор. Теплые стены создают более приятную атмосферу внутри здания¹.

В прозрачной изоляции используется аэрогель или прозрачный пластик. Благодаря капиллярной или сотовой структуре возникает двойной эффект – прозрачности и изоляции. Большинству подобных изделий требуется оконное стекло для защиты от неблагоприятных погодных условий.

Квадратный метр прозрачной изоляции способен компенсировать потребление 5–40 л нефти в год. В энергоэффективных новых зданиях южный фасад с подобной прозрачной изоляцией может сократить энергопотребление для отопления приблизительно на 20 %. Реконструированные здания тоже выигрывают от дополнительной теплоизоляции. Проект школы им. Поля Робсона (Paul Robeson School) – тому подтверждение. Сборное бетонное здание в немецком городе Лейпциге после реконструкции показало интересные результаты. Здесь было установлено 300 м² прозрачной изоляции, и, несмотря на то что немецкое солнце зимой не очень активно, отопительный режим в холодные месяцы не изменился. Стенам с обычной изоляцией даже после реконструкции требовалось 43 кВт·ч тепловой энергии на 1 м² в год, а стены с прозрачной изоляцией не только полностью предотвратили энергопотери, но и создали небольшое тепlopоступление, составившее 2,3 кВт·ч/м² в год².

Автоматические системы затенения или архитектурные элементы затенения (балконы) необходимы для предотвращения перегрева летом. Так как в работе механических систем могут возникать сбои, рекомендуется использовать более простые системы. В частности, если наряду с прозрачной изоляцией вместо обычного оконного стекла использовать стекло, имеющее призматическую структуру и отражающее солнечный свет летом, можно добиться такого же затенения, какое обеспечивает крыша, выступающая на 1 м. Еще одной опцией является переключаемое остекление. Если между стеклами присутствует водород или кислород, тонкий слой оксида вольфрама становится либо темно синим, либо прозрачным³.

Прозрачные системы изоляции по-прежнему не производятся серийно, поэтому их стоимость гораздо выше стоимости обычной изоляции. Многослойные теплоизоляционные системы, которые сочетают теплоизоляционную плиту прозрачной изоляции со светопроницаемой штукатуркой, также

¹ Одним из факторов, определяющим комфорт внутри помещения, является температура поверхности стен. В зданиях с плохой теплоизоляцией люди могут чувствовать холод, несмотря на то, что комнатная температура достаточно высока, лишь из-за того, что стены холодные.

² Russ, C. et al Energetische Sanierung einer Typenschule in Plattenbauweise unter Verwendung Transparenter Wärmedämmung (TWD), Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, annual report, 1996 p.18.

³ Solarthemen. 15 February 2001. p. 7.

являются относительно дорогостоящими. Кроме них, можно использовать оптимизированные многослойные поликарбонатные плиты¹.

Новые технологии теплоизоляции получили распространение с начала 80-х гг. XX в., преимущественно в Германии, где количество домов с прозрачной изоляцией исчисляется сотнями, а общая площадь их фасадов составляет около 50 000 м². За прозрачной изоляцией остается решающая роль в реконструкции зданий в будущем [12]. Это технология может найти себе место и в новой для нее сфере – для лимитирования света в элементах дневного освещения, которые используются в производственных помещениях, гимназиях, музеях и т. д.

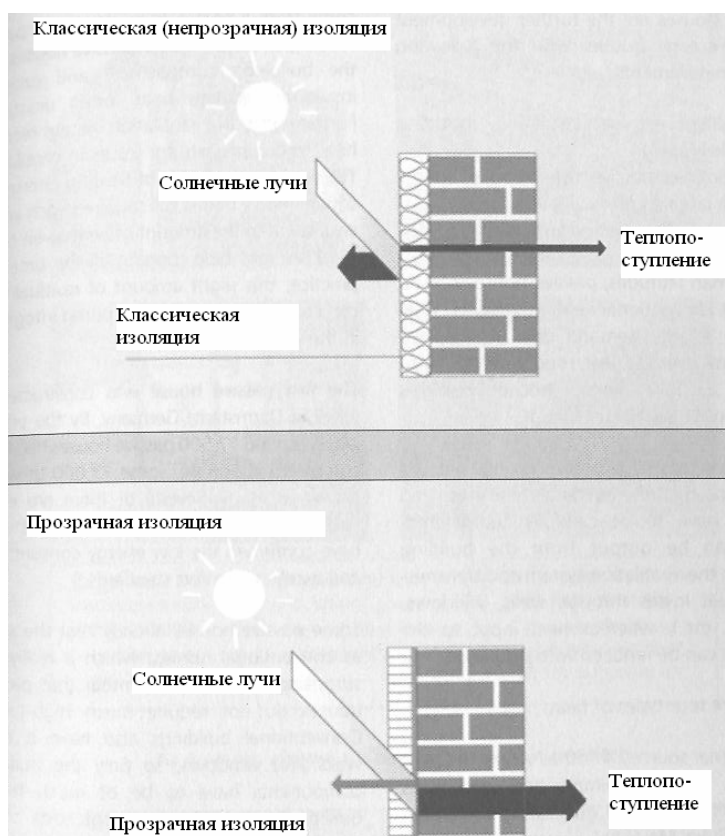


Рис. 6. Стены как источники тепла [9]

ДОМА БЕЗ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ: ПАССИВНЫЕ ДОМА

Пассивные дома являются новым поколением энергосберегающих домов. Они имеют следующие дополнительные элементы:

- превосходную наружную изоляцию, включая тройное остекление;
- большие окна с южной ориентацией, оптимизирующие пассивное использование солнечной энергии;
- регулируемую вентиляцию с функцией регенерации тепла;

¹ BINE Transparente Wärmedämmung zur Gebäudeheizung, profi info 1/96, Bonn. 1996.

В географических широтах Германии пассивные дома могут обходиться без традиционных систем отопления. В таких домах потребление энергии на отопление не превышает $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, что составляет почти четверть от всей энергии, необходимой энергосберегающему дому ($50\text{--}70 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$).

Для предотвращения перегрева или охлаждения пассивных домов необходимо тщательным образом координировать теплопоступление и теплоотдачу здания. Тепло может покидать здание посредством вентиляционной системы и трансмиссии (потери тепла через стены, окна, потолки, и т. д.).

Существует четыре типа тепла:

1. От внутренних источников, иными словами, тепло, производимое людьми, животными и приборами внутри здания.
2. Солнечная энергия, например, солнечное тепло, поступающее через окна.
3. Тепло, регенерируемое теплообменным устройством в вентиляционной системе.
4. Вспомогательный отопительный прибор, если других источников тепла недостаточно.

В старых зданиях, особенно тех, которые были построены в 60-е гг. XX в., потери тепла через мембрану здания настолько велики, что тепло от внутренних источников и пассивное поступление солнечного тепла имеют второстепенное значение. Практически все тепло должно исходить от обогревателя. Пассивное поступление солнечного тепла оптимизировано в пассивных домах, а компактность и превосходная изоляция существенно сокращают потери тепла. Более того, вентиляционная система регенерирует тепло для компенсации потерь, происходящих в процессе вентилирования. Оставшиеся $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ тепловой энергии, которые все же необходимы каждый год, эквивалентны теплу, производимому лампочкой (100 Вт), работающей постоянно.

Первый пассивный дом был построен в 1999 г. в г. Дармштадте (Германия). Уже к концу 2009 г. в Европе были построены около 17,5 тыс. пассивных домов, из которых 13 тыс. – в Германии. Некоторые из них образуют целые кварталы. Последующие научные исследования подтвердили низкое энергопотребление и превосходные стандарты комфорта¹.

Некоторые пассивные дома уже стоят столько же, сколько и обычные дома, и это неудивительно, если вспомнить, что пассивные дома не нуждаются в высоких технологиях². Обычные дома тоже имеют крышу, стены и

¹ Проект «Эффективные по себестоимости пассивные дома как европейский стандарт» (CEPHEUS) под номером BU/0127/97 финансировался в рамках Пятой рамочной программы ЕС и совместно реализовывался Германией, Францией, Австрией, Швецией и Швейцарией.

² Köpke, R. 'The next generation: Passiv-Solar-Häuser setzen neue Maßstäbe beim Energiesparen', Neue Energie, vol 4, 1999. pp. 34–35.

окна, вот только составные части здания должны быть более высокого качества. Первичные расходы компенсируют значительные расходы на отопление, т. к. здание может не только обходиться без большого отопительного прибора, но также без каминов.

Доля энергоэффективных домов будет быстро расти, поскольку они обладают неоспоримыми преимуществами¹. Различные типы пассивных домов строятся по всей Европе, это одиночно стоящие односемейные дома, дома периметральной застройки или многоквартирные комплексы. Несомненно, детские сады, школы, гимназии и офисные здания также можно строить как пассивные дома [13].



Рис. 7. Дома без отопительных приборов: пассивные дома [9]

АВТОНОМНЫЙ СОЛНЕЧНЫЙ ДОМ

В 1992 г. Институт солнечных энергосистем им. Фраунгофера создал свой энергоавтономный солнечный дом в г. Фрайбурге (Германия) в качестве научно-исследовательского и демонстрационного проекта². Это был двухэтажный дом общей площадью 145 м² с пятью комнатами, кухней и подсобными помещениями. Он доказал, что односемейный дом может круглый год обходиться солнечной энергией даже в климате Германии.

¹ Witt, J. and Leuchtner, J. Passivhäuser: Nischenprodukt oder Zukunftsmarkt? Eine Marktpotentialstudie, presentation at the 3rd Passive House Conference 19–20 February 1999, Bregenz.

² BINE, Energieautarkes Solarhaus, project number 18, Bonn 1994; FhG ISE (1992) Das energieautarke Solarhaus, Freiburg, 1994.

«Автономность» в данном случае касается не только отопления помещений, но и горячего водоснабжения, газа для приготовления пищи, и электричества. Несколько лет функционирования убедили, что данная автономность возможна без ущерба для комфорта проживающих в нем людей¹. Как и пассивный дом, данный дом имеет:

- очень хорошую изоляцию;
- большие южные окна для пассивного использования солнечной энергии;

- регулируемую вентиляцию с регенерацией тепла.

Также были использованы следующие технологии:

- высокоэффективные солнечные тепловые коллекторы (14 м² с 1 000-литровым баком-аккумулятором), которые обеспечивают достаточное количество горячей воды практически круглый год;

- большие площади прозрачной изоляции (около 70 м²), снижающие отопительную нагрузку до 0,5 кВт·ч/м² в год – в общей сложности около 1 % энергии, необходимой в энергосберегающем доме, и около 4 % от энергии, необходимой пассивному дому;

- фотоэлектрическая батарея (пиковая мощность – 4,2 кВт). Она генерирует около 3 200 кВт·ч электроэнергии в год, больше, чем экономичные электроприборы, используемые в быту (энергопотребление на 60 % меньше, чем при использовании обычных приборов).

Избыточная энергия идет на превращении воды в кислород и водород, при этом последний хранится в баках. Водород используется для приготовления пищи и дополнительного обогрева несколько дней в году. Когда фотоэлектрические панели не получают достаточного количества солнечного света, водород может использоваться для питания топливной батареи, которая производит электричество. Отработанное в данном процессе тепло используется для нагрева воды для технических целей.

Автономный солнечный дом часто называют моделью «века Солнца». Энергоавтономный солнечный дом не имеет соединения ни с электросетью, ни с сетью централизованного теплоснабжения. В силу этого не предусматривается такая ключевая опция, как, например, центральное отопление на основе солнечной энергии или биомассы, а также использование других возобновляемых источников энергии. В результате в рамках данного проекта потребовалось сезонное аккумулирование большого количества энергии. Этого бы не произошло, если бы дом был подключен к коммунальным источникам тепла и электроснабжения. Таким образом, солнечный дом не столько продемонстрировал, как будут выглядеть дома «века Солнца», сколько показал, что дом может обходиться без ископаемого топлива.

¹ Сегодня это здание используется Институтом солнечных энергосистем им. Фраунгофера как научно-исследовательское и институтское здание.

Наконец, энергоавтономный солнечный дом доказал, что гелиоархитектура не единая технология, но, скорее, целый диапазон технологий, которые должны тесно взаимодействовать для достижения оптимальных результатов.



Рис. 8. Энергоавтономный солнечный дом, г. Фрайбург, Германия [9]

ДОМ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКОЙ ЭНЕРГИИ

В целом, дома являются потребителями энергии, а не ее производителями. Им нужно тепло и электричество, которые они получают извне. Но показательный проект во г. Фрайбурге изменил ситуацию. Такие дома не только покрывают свою собственную потребность в энергии, но и экспортируют неиспользованное электричество в электросеть [14].

Таким образом можно сделать следующее обобщение:

1. Как и в пассивных домах, превосходная наружная изоляция стен, окон и крыш сочетается с вентиляционной системой, регенерирующей тепло, а также с большими окнами южной ориентации, которые пассивно используют солнечную энергию, чтобы покрыть потребность в остаточном тепле, которая для данного проекта составляет $6\text{--}12 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, что значительно ниже стандарта для пассивного дома ($15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$).

2. Солнечные тепловые коллекторы обеспечивают 60 % необходимой тепловой энергии для нагрева воды; для содержания крыш чистыми на балконных перилах установлены трубчатые коллекторы ¹.

¹ Это оригинальная концепция, но солнечная батарея была оставлена по причине стоимости.

3. Небольшое количество энергии, все еще необходимой для отопления и горячей воды, может быть получено несколькими способами. Так, например, солнечный поселок во Фрайбурге соединен с сетью централизованного теплоснабжения, которая получает тепло от теплоэлектростанции. Аналогичный проект в г. Ульм в южной Германии состоял в использовании печи, работающей на древесных топливных гранулах, с системой автоматической подачи, хотя данный проект так и не был осуществлен.

4. Большие крыши южной ориентации имеют фотоэлектрические батареи с пиковой мощностью в пределах 4–7 кВт (в зависимости от размера крыши). В течение года они производят в общей сложности гораздо больше электричества, чем потребляют жители дома, делая возможным подачу большого количества избыточной солнечной энергии в электросети.

Подобные дома экспортируют больше энергии (солнечного электричества), чем импортируют (для отопления). Поэтому их называют домами с дополнительной выработкой энергии.

Рисунок 9 дает обзор различных компонентов, используемых в домах с дополнительной выработкой энергии. Он также проясняет еще один очень важный аспект: асимметричный поперечный профиль здания не случаен, а является весьма эффективным способом оптимизации использования солнечной энергии. Вершина крыши находится не посередине, а направлена к северной стороне здания, тем самым увеличивая южную сторону крыши так, чтобы фотоэлектрическая батарея тоже могла быть больше. Если бы крыша была полностью отнесена к северу, пространство, которое можно использовать для солнечных панелей, возросло бы, но в этом случае возникло бы два недостатка: при сохранении идеального для солнечных панелей угла высота крыши была бы намного больше, что противоречило бы строительным нормам, кроме того, дом создавал бы тень для соседнего северного дома, сокращая потенциал пассивного использования солнечной энергии позади здания. Таким образом, поперечный профиль, выбранный в данных домах, является прекрасным компромиссом между большим пространством для фотоэлектрической батареи и малым затенением пространства вблизи дома.



Рис. 9. Дома с дополнительной выработкой энергии [9]

4.2. СОЛНЕЧНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ

Когда солнечный свет попадает на темный предмет, данный предмет нагревается. Этот хорошо известный эффект лежит в основе солнечных тепловых систем. Солнечные коллекторы преобразуют солнечный свет в пригодное для использования тепло. Абсорбер – черная панель из меди, алюминия или даже пластика в простых системах – подвергается воздействию солнца, которое нагревает панель. Затем тепло передается от нагретой панели в жидкость (теплоноситель), которая поступает через трубки, встроенные в панель, к бытовому прибору (чтобы обеспечить нагревание воды для технических нужд). Для снижения теплопотери применяются разнообразные технологии¹:

¹ Для получения более подробной информации см. Schüle, R., Ufheil, M. and Neumann, Thermische Solaranlagen: Marktübersicht, Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 1997, p. 41ff.; см. также Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie, Nutzerinformation Solarthermie, Munich, 2006.

1. Плоские коллекторы (наиболее распространенный тип) имеют абсорбер внутри корпуса. Покрытие, обращенное к солнцу, является прозрачным и имеет хорошую изоляцию по бокам и на обратной стороне. Коэффициент полезного действия (КПД) таких солнечных коллекторов – 50–60 % при температуре 50 °С. При прямом солнечном свете они могут добиваться температуры 80 °С.

2. Вакуумные трубчатые коллекторы имеют внутри абсорберов своего рода изотермический резервуар – прозрачный со стороны, обращенной к солнцу. Вакуум значительно сокращает теплопотери. Следовательно, вакуумные коллекторы имеют больший коэффициент полезного действия, особенно если разница температур между абсорбером и окружающим воздухом велика. Если разница составляет 70° по шкале Кельвина, КПД вакуумных трубчатых коллекторов приблизительно на 15 % выше, чем у плоских коллекторов. Но данный показатель падает до 5 %, если разница составляет 40° по Кельвину. Поэтому преимущества вакуумных трубчатых коллекторов особенно ощутимы в холодное время года. Имеет смысл использовать их для поддержки систем отопления.

3. Когда обогреваются бассейны для плавания под открытым небом, потеря тепла не является столь важным вопросом, поэтому изоляция не используется. Вода подается насосом через гибкие трубы абсорбера для поглощения солнечного тепла. Подобные системы, однако, полезны только в устройствах, где достаточно всего лишь нескольких градусов тепла, например, в бассейнах под открытым небом.

Солнечные коллекторы должны быть правильно расположены для достижения большей эффективности. В Германии оптимальные углы крыш составляют 45° и обращены прямо на юг. К счастью, КПД снижается незначительно при отклонении от идеальных величин; коллекторы продолжают производить около 90 % своей номинальной мощности при угле от 0 до 50° и направлении от юго-востока до юго-запада. Таким образом, возможно использование немного большей площади коллектора, чтобы компенсировать субоптимальную ориентацию. В некоторых вакуумных трубчатых коллекторах такая компенсация достигается при повороте абсорбера внутри трубы.

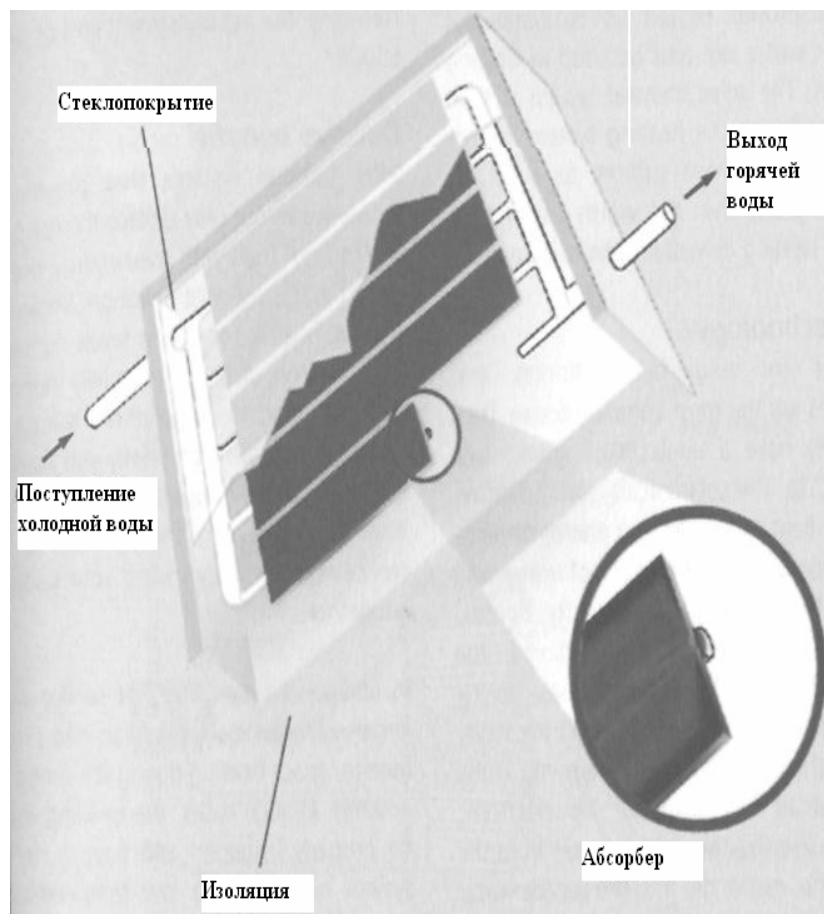


Рис. 10. Конструкция плоских коллекторов [9]

ГОРЯЧАЯ ВОДА ОТ СОЛНЦА

Тепло от солнечных коллекторов в основном идет на нагревание воды для технических нужд, но горячая вода может найти применение в отопительных системах. Тогда солнечная тепловая система соединяется с системой отопления; в общем, солнечного тепла достаточно для покрытия всей отопительной нагрузки в теплое время года и части отопительной нагрузки в холодное время года.

Наиболее распространенными являются солнечные тепловые станции для домов на одну-две семьи. Они в большинстве своем имеют двухконтурную структуру (см. рисунок 11). Солнечный контур (солнечный коллектор, грунтовый теплообменник и насос) содержит незамерзающую жидкость (смесь воды и гликоля), которая проводит тепло в теплообменный контур. Как только начинает светить солнце, температура в коллекторе возрастает на несколько градусов по сравнению с температурой в нижней части бака, запуская насос солнечного контура посредством электронного регулятора. Затем солнечное тепло передается от нижнего теплообменника в бак для технической воды, который должен иметь достаточные размеры, чтобы обеспечивать здание горячей водой в течение двух дней.

Поскольку горячая вода легче холодной, вода, нагреваемая солнечной энергией, поднимается в баке. Таким образом, наблюдается расслоение воды: горячая вода сверху, а более холодная внизу. Горячая вода забирается из верхней части бака. Если солнце когда-либо не обеспечивает необходимое количество тепла, вспомогательный нагреватель может произвести дополнительный нагрев.

Солнечная тепловая система с плоскими коллекторами площадью 6 м² и с 300-литровым баком-аккумулятором для хранения может покрыть большую часть потребности в горячей воде в теплое время года для семьи из четырех человек. Солнечное тепло даже в холодное время года компенсирует потребление около 300 литров топлива коммунально-бытового назначения за год. Затраты на чистые инвестиции составляют около 5 000 евро. Данная калькуляция основана на стоимости топлива коммунально-бытового назначения, составляющей 6 евроцентов за кВт·ч (приблизительно 60 евроцентов за литр); кроме того, предполагается, что стоимость топлива коммунально-бытового назначения будет повышаться на 3 % в год. Руководствуясь этими предположениями, экономия затрат на топливо коммунально-бытового назначения достигает 4 800 евро за 20 лет. Если станция заменит электрический водонагреватель, экономия составит 10 200 евро за 20 лет.

Использование солнечных тепловых станций имеет очевидную выгоду. Нагревая воду для технических нужд, они не только замещают ископаемое топливо солнечной энергией, но и снижают уровень загрязнения окружающей среды. Масляные и газовые нагреватели неэффективны в теплое время года, поэтому, если летом вы используете солнечное тепло для нагрева воды, то можете вообще выключить свой бойлер.

Солнечные батареи больших размеров могут также производить тепло для отопления помещений весной и осенью. В таких случаях здание должно иметь хорошую изоляцию и основную систему отопления, работающую в режиме низкой температуры. Солнечная батарея может сократить потребление топлива на 20 %. Такое комбинированное использование становится все более распространенным на рынке. Так, доля солнечных батарей, используемых для отопления помещений, выросла до 45 % в 2006 г.¹

¹ Bundesverband Solarwirtschaft (2006) Zeitung für Solarwärme

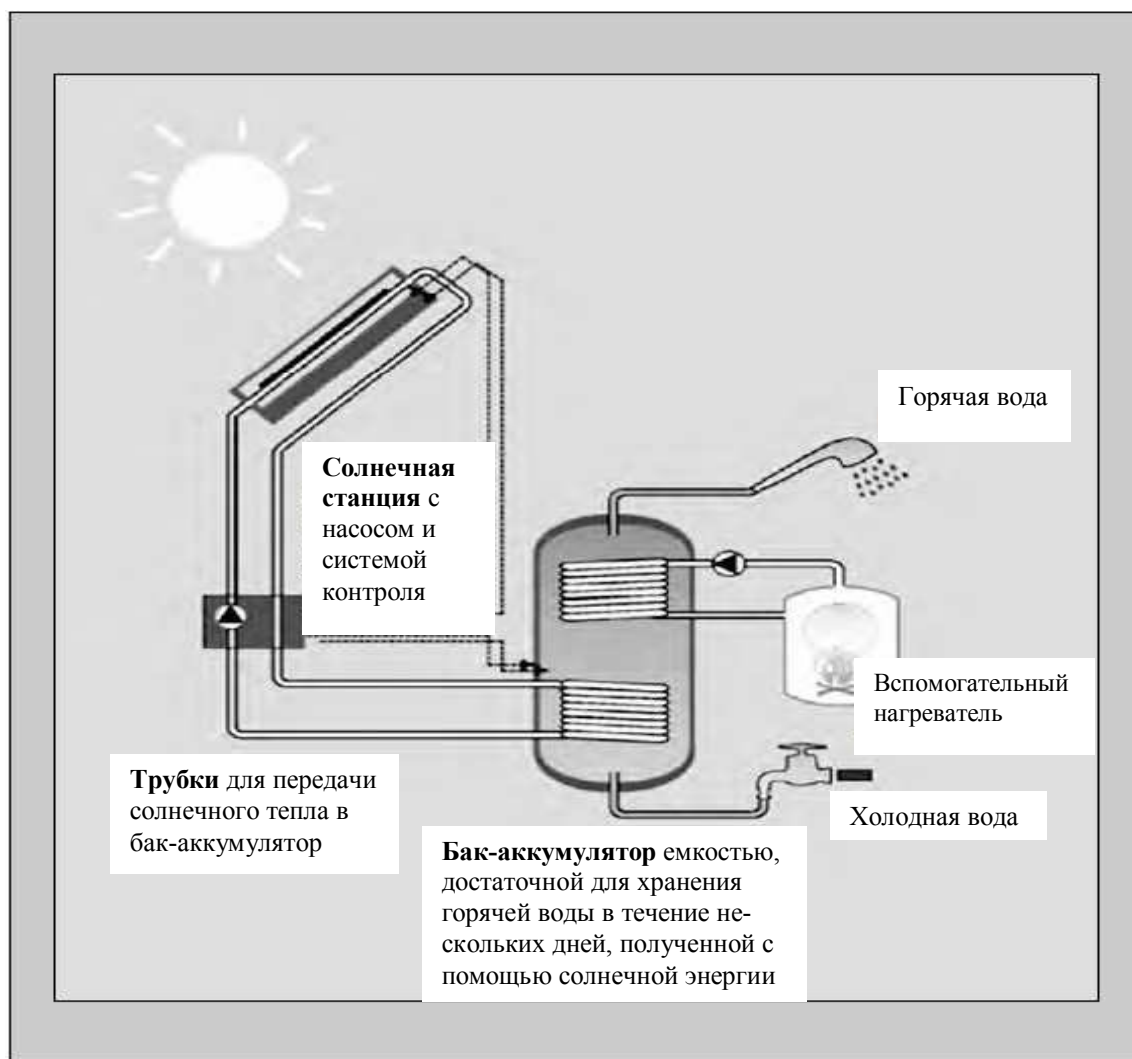


Рис. 11. Горячая вода, полученная с помощью солнечной энергии [9]

СОЛНЕЧНОЕ ОТОПЛЕНИЕ В СЕТЯХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Если вы хотите получить максимум тепловой энергии из солнечного тепла, нужно принять во внимание два фактора:

1. Для отопления помещений необходимо намного больше тепла, чем для подогрева «технической» воды. В старых зданиях для отопления помещений может понадобиться в 5–10 раз больше энергии, чем для обеспечения горячей водой, в домах с хорошей изоляцией – в два-три раза больше. Следовательно, что касается солнечного тепла, первостепенной задачей является снижение количества необходимой зданию тепловой энергии. Кроме того, площадь коллектора должна быть гораздо большей, если, помимо подогрева воды для технических нужд, вы предполагаете отапливать помещения.

2. Зимой, когда существует острая необходимость в отоплении, солнечной энергии меньше всего. В январе на широтах Северной Европы солнце продуцирует только шестую часть от той энергии, которую дает в июле.

Основная проблема солнечного отопления заключается в том, как сохранить до зимы избыточное летнее тепло. Решающую роль играют сезонные тепловые баки-аккумуляторы. Чем больше их размер, тем меньше теплопотери. Лучшим выбором являются подземные баки-аккумуляторы: они позволяют накапливать в пять раз больше тепла по сравнению с традиционным баком для горячей воды той же емкости. Принцип действия таких установок – термохимическое аккумулирование тепла. Здесь происходят двусторонние химические реакции, например, твердое тело впитывает жидкость. Кроме большой энергетической плотности, основным преимуществом является отсутствие теплопотерь. Сети централизованного теплоснабжения поставляют тепло из подземных баков в прилегающие здания.

Итак, поступление большого количества солнечного тепла и его эффективное использование можно гарантировать, если здание имеет хорошую изоляцию, площадь поверхности коллектора достаточно велика, имеется бак-аккумулятор, рассчитанный на долговременное хранение тепла, и к нему подсоединена сеть централизованного теплоснабжения.

В 80-х гг. XX в. в Швеции впервые были построены централизованные сети для передачи солнечного тепла. Германия последовала ее примеру в 1996 г., впервые внедрив две солнечные пилотные установки, рассчитанные на долгосрочное аккумулирование тепла.

В рамках пилотного проекта в г. Гамбурге-Брамфельде всего было установлено 3 000 м² коллекторов на крышах 124 новых домов периметральной застройки. Собранное солнечное тепло централизованно аккумулировалось и распределялось между потребителями через сеть централизованного теплоснабжения. Любое неиспользованное тепло поступало в бетонный бак-аккумулятор долговременного хранения емкостью 4 500 м³ с отделкой из нержавеющей стали. Бак имел наружную изоляцию для сокращения теплопотери. Он заполнялся теплом летом, достигая наивысшей температуры около 80 °С в августе. Затем он подавал тепло для отопления помещений до декабря. Для обеспечения теплом оставшейся части зимы использовался конденсационный котел. Поставленная цель – на 50 % обеспечить потребность в энергии для отопления и подогрева воды – была достигнута.

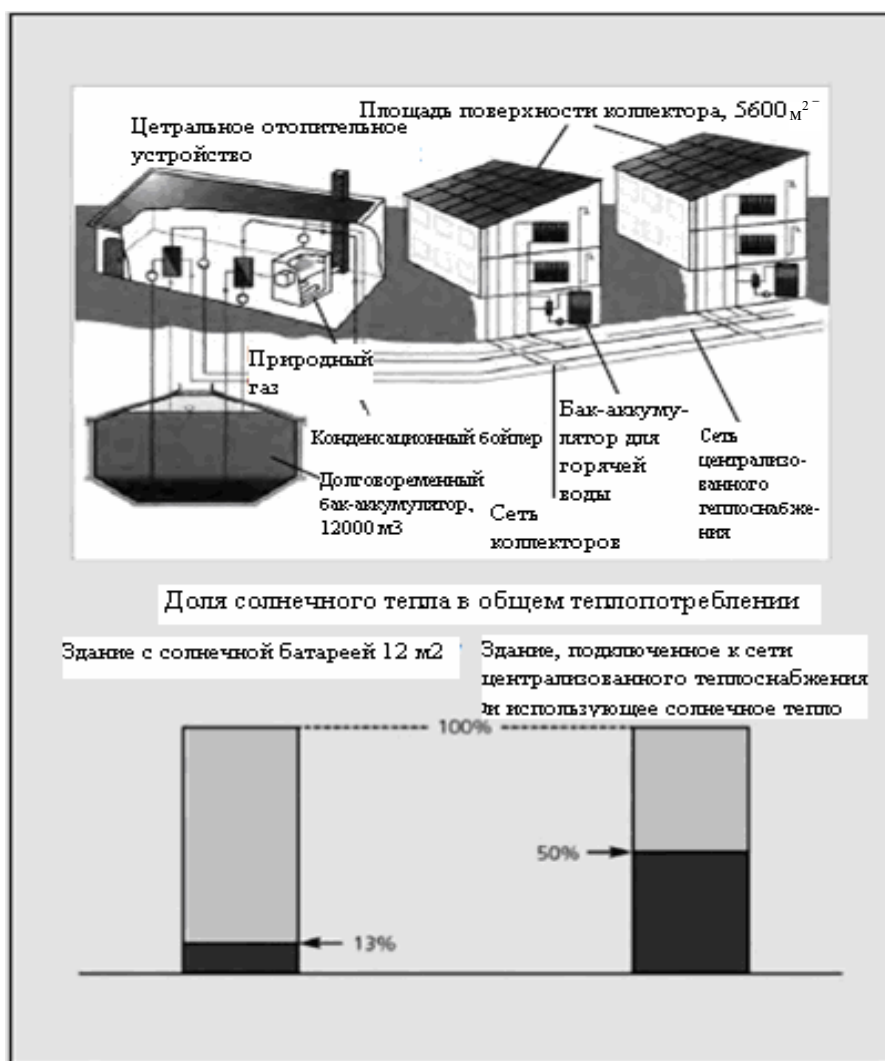


Рис. 12 Солнечное тепловое излучение при сезонном аккумулировании тепла [9].

В Республике Беларусь наиболее эффективно использование солнечных тепловых коллекторов в Гомельской области (рис. 13).

Чуть более низкая активность солнца отмечается в части районов Брестской и Витебской областей. С учетом этих особенностей и происходит размещение солнечных установок. Для получения горячей воды Гомельское отделение Белорусской железной дороги разместило в своих подразделениях около десятка солнечных тепловых коллекторов. Подобные коллекторы активно внедряются для получения горячей воды в частном секторе всех областей страны. Успешно эксплуатируется такой коллектор на производственном объединении «Милавица» в г. Минске.

В Национальной программе развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011–2015 годы предусмотрено внедрение 125 гелиоводонагревателей и 47 электрических гелиоустановок.



Рис. 13. Использование солнечных тепловых коллекторов в Республике Беларусь

ОХЛАЖДЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ СОЛНЦА

В настоящее время большинство кондиционеров и охлаждающих устройств являются компрессионными холодильными машинами. Используемые охлаждающие вещества, даже если они не содержат хлорофтороуглероды, совсем не являются экологически безвредными. И, конечно же, эти устройства потребляют большое количество энергии. В данном случае солнечная энергия также может способствовать снижению потребления ископаемого топлива, загрязнения и максимального потребления энергии. Оказывается, солнечная энергия в наибольшем объеме имеется в наличии именно тогда, когда больше всего требуется кондиционирование воздуха. Кондиционирование зданий осуществляется, главным образом, не только летом, но и в течение дня, что позволяет считать дорогостоящее аккумулирование солнечного тепла в течение длительного времени нецелесообразным.

Существуют различные виды солнечного охлаждения, основанного на солнечном тепле¹. Те, которые основаны на низкопотенциальном тепле,

¹ Rentzing, S. 'Coole Sonne', Neue Energie, vol. 4, 2006. pp. 38–43.

представляют особую ценность для солнечных установок. Ниже мы рассмотрим осушающее испарительное охлаждение.

Система осушающего испарительного охлаждения основана на том принципе, что испаряющаяся вода охлаждает окружающую среду¹. Увлажнитель охлаждает воздух за счет извлечения тепла при испарении воды из высушенного ранее воздуха. Температура конденсации – это температура, при которой часть паровоздушной смеси (в данном случае воздух с водяным паром) полностью насыщается. Водяной пар конденсируется при снижении температуры. Осушитель содержит силикатный гель, который устраняет влагу поступающего воздуха за счет поглощения влаги собственной молекулярной структурой. Следовательно, силикатный гель необходимо «восстанавливать» (высушивать) для повторного использования, поэтому, когда выходит отработанный воздух, он вбирает в себя некоторую влагу. Тепло, требуемое в данном процессе, выходит из солнечных коллекторов, но оно также могло бы выйти из бака-аккумулятора кратковременного хранения тепла со вспомогательным нагревателем.

Уже имеется множество успешных демонстрационных проектов по солнечному кондиционированию воздуха. Начинает развиваться серийное производство, но солнечное охлаждение все еще не может составлять конкуренцию при нынешних ценах на энергоносители. Ожидается снижение стоимости², и менее дорогостоящие воздушные коллекторы, в свою очередь, будут содействовать ее дальнейшему снижению. Подобные воздушные коллекторы особенно ценны в районе экватора. В зданиях с надлежащей планировкой в центральной Европе обычно не требуется кондиционирование воздуха, хотя помещения специального назначения, такие как те, которые предназначены для аппаратуры или монтажа, являются исключением. В данном случае имело бы смысл наличие коллекторов, используемых круглый год. Летом они могут обеспечивать кондиционирование воздуха, зимой – отопление помещений. В странах с тропическим климатом солнечное охлаждение может обеспечивать сохранение пищи. Очевидно, что у солнечного кондиционирования воздуха и систем охлаждения имеется значительный потенциал.

¹ Более подробно о процессе см. Hindenburg, C., et al 'Kühlen mit Luft', Sonnenenergie, vol. 1, 1999. pp. 39–41.

² Rentzing, S. 'Coole Sonne', Neue Energie, vol. 4, 2006. pp. 38–43.



Рис. 14. Охлаждение с помощью солнца [9]

4.3. ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ОСНОВНОЙ КОМПОНЕНТ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БАТАРЕИ – ФОТОЭЛЕМЕНТ

Исходя из описанного выше, солнечная тепловая энергия преобразует солнечные лучи в тепло. **Фотоэлектричество** является еще одним способом использования солнечной энергии. Данная технология основана на общеизвестном эффекте физики: некоторые полупроводники преобразуют свет непосредственно в электрический ток. В данной главе большое внимание уделено основным областям применения и развитию фотоэлектричества в будущем с позиций сегодняшнего дня.

Подобно тому, как поглотитель – элемент, который преобразует солнечный свет в тепло – является основным компонентом солнечной тепловой батареи, фотоэлемент является основным компонентом фотоэлектрической батареи. Располагаясь на максимально возможной площади, этот полупроводник преобразует падающий свет непосредственно в электрический ток.

Первый солнечный элемент был создан с использованием кремния в 1954 г., а 90 % всех солнечных элементов, производимых сегодня в мире, по-прежнему изготавливаются с использованием данного основного полупроводникового материала.

В ходе процесса, называемого «легирование», в пластину, как правило, тоньше 0,2 мм, состоящую из химически чистого кремния, добавляются примеси (обычно бор и фосфор) для создания двух слоев с различными электрическими свойствами. Когда свет попадает на фотоэлемент, носители заряда (электроны) из одного слоя перетекают на другой слой, создавая электрическое напряжение 0,5 В на контактах. Данное напряжение внутри фотоэлемента остается относительно постоянным, но ток, который выходит из элемента, варьируется в зависимости от размера элемента и интенсивности падающего света.

Чтобы достигнуть обычно используемых уровней напряжения (как, например, 12 В постоянного тока), несколько фотоэлементов «подключаются параллельно». Если элементы ламинируются в «сэндвич» между оконным стеклом сверху и полимерной пленкой с тыльной стороны, получается законченная солнечная панель.

КПД кристаллических фотоэлементов, широко распространенных на рынке, составляет около 15 % при стандартных условиях испытания. При росте температур выход тока снижается; хорошей идеей в данном случае является обеспечение наличия внизу панелей воздуха, необходимого для их охлаждения (естественная вентиляция).

В дополнение к кремневым пластинам, описываемым здесь, доля тонкой пленки возросла и составляет около 10 % рынка. Тонкопленочные элементы обычно состоят либо из аморфного кремния, либо из соединения меди, индия, галлия и селена. Тонкопленочные элементы гораздо тоньше традиционных кристаллических кремниевых фотоэлементов, и методы производства также сильно отличаются.

Также разрабатывается или находится в опытном производстве ряд других типов элементов. Цель данного исследования и разработки – сделать фотоэлектричество, которое в настоящий момент является довольно дорогостоящим, более дешевым посредством использования меньшего количества материала или менее дорогостоящего материала¹.

¹ Leuchtner, J. and Preiser, K. Photovoltaik-Anlagen, Marktübersicht 1994/1995, Institute of Applied Ecology, Freiburg 1994, p. 13 ff., and current reports in Photon (www.photon.de).

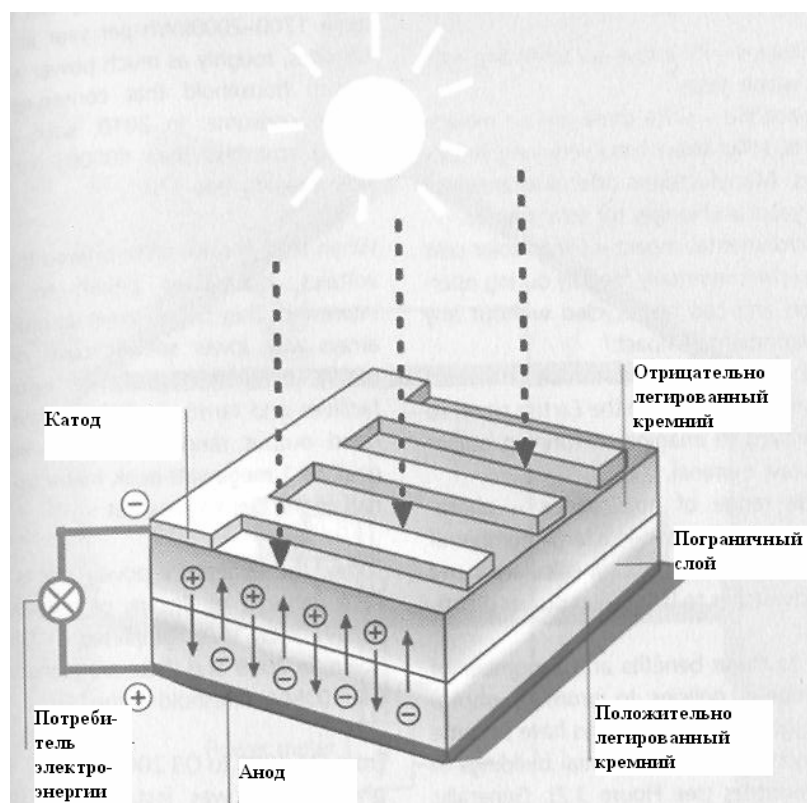


Рис. 15. Основной компонент фотоэлектрической батареи: кремниевый фотоэлемент [9]

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ БАТАРЕИ, СОЕДИНЕННЫЕ С ЭЛЕКТРОСЕТЬЮ

Энергия, генерируемая фотоэлектричеством, предлагает ряд преимуществ:

- выбросы – фотоэлектрические батареи работают тихо и не выделяют отработанных газов;
- срок службы – батареи имеют очень большой срок службы; производители предлагают гарантию на 20 и более лет для солнечных панелей;
- воздействие на окружающую среду – кремниевые фотоэлементы являются нейтральными по отношению к окружающей среде во время функционирования и могут быть утилизированы без какого-либо отрицательного на него воздействия¹;
- ресурсы – кремний является вторым наиболее распространенным элементом земной коры, поэтому трудно представить, что мы когда-нибудь исчерпаем запасы данного сырья;

¹ Leuchtner, J. and Preiser, K. Photovoltaik-Anlagen, Marktübersicht 94/95, Institute of Applied Ecology, Freiburg, 1994, p. 56 f; Weithöner, H. 'Aus alten Zellen neue machen: Deutsche Solar steigt in Freiberg in das PVRecycling ein', Sonnenenergie, March 2003, pp. 41–43.

- большая область применения – фотоэлектричество может применяться в широком спектре устройств, начиная с карманных калькуляторов и наручных часов, и заканчивая крупными гелиоустановками.

Благодаря данным преимуществам и ряду государственных программ для содействия развитию фотоэлектричества, батареи с подключением к электросети получили широкое применение в жилых зданиях во многих странах (см. рисунок 16). В целом, они имеют пиковую мощность в пределах 1–10 кВт. Солнечные панели производят постоянный ток, который инвертер преобразует в переменный ток, так, чтобы энергия могла экспортироваться к электросети. Когда солнечная энергия измеряется отдельно от потребления (двойное измерение), компенсация за счет солнечной энергии может быть подсчитана отдельно от розничного тарифа; данный подход также позволяет измерять выработку солнечной энергии для продажи квот на выбросы вредных газов и для целей возобновляемых источников энергии, что не позволяет сделать измерение с помощью одного измерительного прибора.

Установка фотоэлектрической батареи с максимальной мощностью около 2 кВт потребует 20 м² пространства крыши. В зависимости от местных условий и пространственной ориентации батареи, она будет производить около 1 700–2 000 кВт в год в средних широтах, примерно столько энергии, сколько потребляет дом на 4 человека, который сохраняет энергию.

Когда для фотоэлектричества были предложены льготные тарифы, субъекты бизнеса начали проявлять свой интерес. Они стали устанавливать гораздо большие по размеру батареи на многоквартирные жилые дома, крыши торговых предприятий и ферм при меньших прямых издержках. В 2006 г. батареи с пиковой мощностью в пределах от 10 кВт до 1 МВт составляли около половины немецкого рынка¹.

Сегодня самые крупные солнечные электростанции имеют максимальную мощность в десятки МВт. В 2009 г. было завершено строительство электростанции на 60 МВт в г. Олмедилла (Испания), а в США планируется преодолеть рубеж в 100 МВт.

Начиная с четвертого квартала 2008 г. по третий квартал 2009 г., в Германии было установлено оборудование, которого достаточно для выработки около 2,4 ГВт электроэнергии, что эквивалентно количеству энергии, потребляемому 720 тыс. немецких домов.

В Республике Беларусь использование солнечных электростанций пока не находит широкого применения. Вместе с тем, например, компания «Беларуснефть» уже начала использовать солнечные батареи на своих автозаправочных станциях. А на Гомельском областном экономическом форуме ирландский инвестор представил проект и подписал инвестиционный

¹ Stryi-Hipp, G. (Bundesverband Solarwirtschaft e.V.) 'EEG-Novelle und regeneratives Wärmegesetz – Chancen und Herausforderungen für die Deutsche Solarindustrie', presentation, July 2006.

договор с председателем облисполкома на строительство в области двух солнечных электростанций общей электрической мощностью 24 МВт.

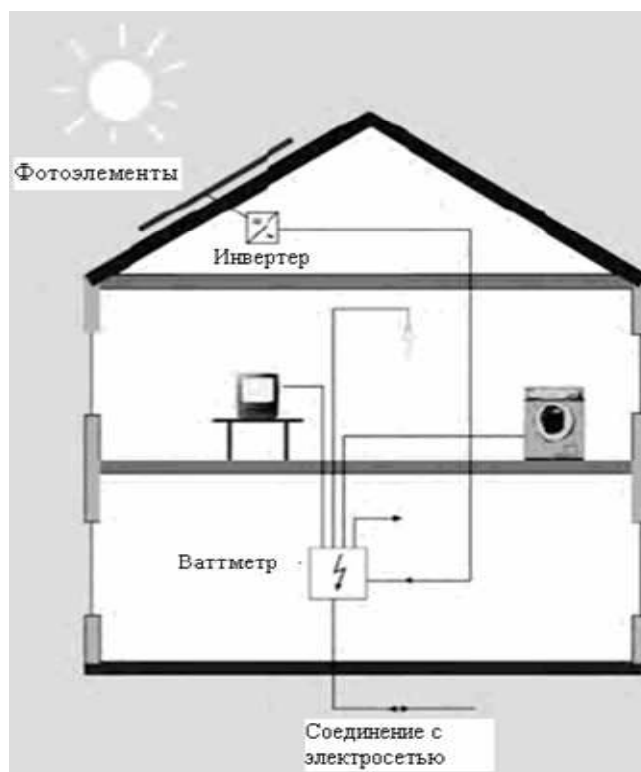


Рис. 16. Фотоэлектрические батареи, соединенные с электросетью [9]

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ БАТАРЕИ, НЕ СОЕДИНЕННЫЕ С ЭЛЕКТРОСЕТЬЮ

Около 2 млрд человек по всему миру – более трети населения планеты – вынуждены обходиться без электрической сети. Рассредоточенное электроснабжение на базовые нужды существенно улучшит качество жизни данных людей. Искусственное освещение ночью позволяет людям на фермах и в магазинах работать дольше; школы и общественные центры могут также предложить более широкие услуги. Радио, телефон и телевизор предоставляют информацию и средства связи для отдаленных регионов. Электричество, необходимое для данных приборов, может быть предоставлено по более низким ценам и с помощью батарей, не соединенных с сетью, зачастую быстрее, чем посредством электросети. В малонаселенных сельскохозяйственных районах соединение с электросетью может стоить тысячи долларов США¹. В самом деле, устройства для преобразо-

¹ Gabler, H. and Preiser, K. 'Photovoltaik – ein Baustein zur nachhaltigen Entwicklung netzferner Regionen', Forschungsverbund Sonnenenergie (c/o DLR), Nachhaltigkeit and Energie, Themen 1998/1999, Cologne, 1999. pp. 28–31.

вания солнечной энергии в электроэнергию часто являются даже менее дорогостоящими, чем небольшие дизельные генераторы.

Оборудование, используемое для данных целей, известно как система солнечного дома (рис. 17), которая состоит из солнечной панели размером около $0,5 \text{ м}^2$ (пиковая мощность – около 50 кВт), батареи, контроллера заряда и трех компактных флуоресцентных электрических лампочек (12/24 В). При пяти часах полного солнечного освещения в день, подобные системы могут обеспечивать электроэнергией радио, три лампочки, черно-белый телевизор и другие небольшие приборы на протяжении нескольких часов. Несмотря на то, что это, возможно, звучит не совсем в соответствии с европейскими стандартами, но означает рост уровня жизни для многих людей в развивающихся странах. Системы солнечного дома для основного электроснабжения доступны, начиная с 500 долларов США – это большие деньги для некоторых групп населения. Таким образом, поставщикам необходимо предложить подходящие модели кредитования.

Преимущества данных фотоэлектрических систем настолько очевидны, что данный рынок стремительно растет без всяких субсидий. В 2005 г. более 2 млн домов в развивающихся странах по всему миру получили новые системы солнечного дома. Только в Китае в 2005 г. было установлено около 10 000 новых систем¹.

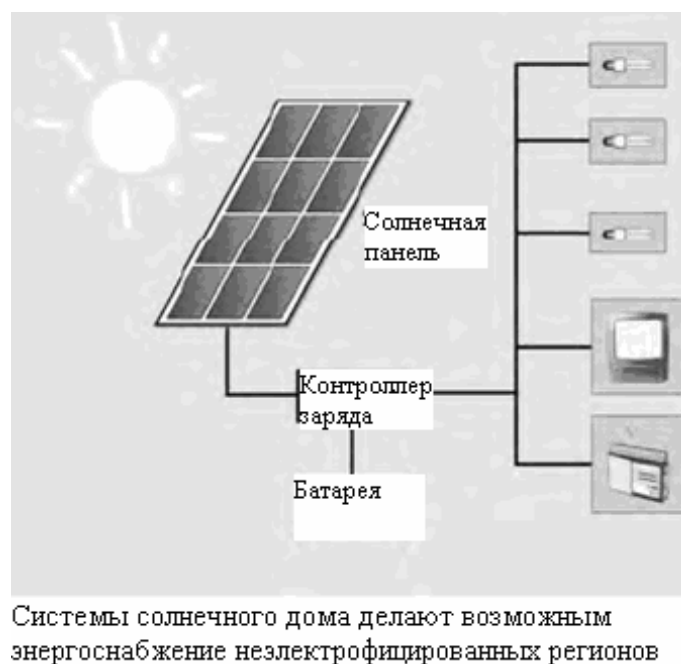


Рис. 17. Фотоэлектрические батареи, не соединенные с электросетью [9]

¹ Schmela, M. 'Kleinvieh macht auch Mist: Wo sich in unseren Breiten Solarstrom-Anlagen rechnen', PHOTON, vol. 2, 1999. pp. 44–51.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ – СОСТАВЛЯЮЩАЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Использование солнечной энергии является далеко не единственным требованием в отношении устойчивого развития, но если необходимо улучшить уровень жизни в сельскохозяйственных районах, то энергоснабжение должно быть расширено. Куба представляет интересный пример того, как солнечная энергия способна повысить уровень жизни целых деревень.

Глобальная электрификация сельскохозяйственных районов началась сразу же после кубинской революции в 1959 г. С 1960 по 1992 гг. доля сельских домов с электричеством выросла с 4 до 79 %. Было бы слишком дорого расширить энергосеть, чтобы охватить оставшееся население – около 500 тыс. отдаленных домов по-прежнему не имели электричества вплоть до 90-х гг. XX в. В 1987 г. кубинское правительство начало реализацию амбициозной программы по снабжению электричеством даже самых отдаленных деревень.

В ходе первой фазы все поликлиники, расположенные в данных регионах, получили солнечные энергосистемы. У каждой деревни есть поликлиника, в которой один доктор и одна медсестра. Данный сервис – одна из причин, благодаря которой кубинская система здравоохранения является моделью для Латинской Америки. Солнечная батарея с мощностью 400 Вт обеспечивает электроэнергией холодильник для хранения лекарств и маленький телевизор. Это также обеспечивает клинике, которая часто является основным местом для собраний в деревне, достаточное освещение. К лету 2002 г. 320 таких поликлиник получили подобные солнечные энергосистемы.

В ходе второй фазы школы в отдаленных деревнях получили солнечные энергосистемы. Кубинское правительство установило панель мощностью 165 Вт на 1 900 школ – достаточно мощности для освещения учебных классов и снабжения электроэнергией цветного телевизора и видеомэгнитофона. Средняя цена для школы составляла 1 480 долларов США. Местные жители прошли обучение для обслуживания солнечной панели, батареи и оборудования. Данная программа по солнечной электрификации школ была завершена в 2002 г. [15].

В ходе третьей фазы, которая началась в 2003 г., все дома должны были получить электроснабжение в течение пяти лет. Большинство из них обеспечены системами солнечного дома с использованием панелей, произведенных на Кубе.



Рис. 18. Кубинская деревенская школа, использующая солнечную энергию [9]

Распространение идей устойчивого развития стимулирует все новые изобретения в области использования солнечной энергии. Заслуживает упоминания одно из них – солнечная электростанция на бумаге. Это изобретение просто революционно и позволяет говорить о смене парадигм в солнечных технологиях. Исследователи Технического университета г. Хемниц (Германия) разработали солнечный элемент, который наносится на бумагу. Технология отталкивается от традиционных типографских технологий, применяемых при печати журналов, плакатов и упаковок. Специальные краски с электрическими свойствами обеспечивают выработку тока при солнечном свете. По сравнению с традиционными солнечными элементами, «солнечная технология на бумаге» обладает преимуществами высокой эффективности и низкой стоимости. Это может в конечном счете значительно удешевить стоимость электричества для потребителей. Вполне вероятно, что в будущем солнечные модули будут печататься в обычных типографиях по всему миру и составят конкуренцию обычным солнечным элементам. В качестве альтернативного источника повседневного электроснабжения солнечные элементы на бумаге могут оказаться особенно востребованными в солнечных, но удаленных районах¹.

Нелишним будет упомянуть, что в экономически развитых странах вузы предлагают программы, ориентированные на продвижение устойчи-

¹ Германия определенно в лидерах // DE Magazin Deutschland 1/2012, с. 9.

вого развития, решение насущных проблем окружающей среды. В частности, студенты могут изучать устойчивое энергосбережение, регенеративные энергосистемы и т. д.¹

ПЕРСПЕКТИВЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Фотоэлектричество на основе кремния является хорошо развитой технологией, которая надежно вырабатывает безопасную для окружающей среды солнечную энергию. На сегодняшний день, однако, солнечная энергия от батарей, соединенных с электросетью по-прежнему стоит в Германии около 30–40 евроцентов за кВт·ч (в зависимости от размера системы), что примерно в 6–8 раз дороже, чем энергия от угольных установок. Исследования и разработки в области фотоэлектричества в основном фокусируются на снижении стоимости. При этом делаются ставки на новые технологии и массовое производство.

Новые технологии позволят добиться большего КПД и обходиться меньшим количеством материала или менее дорогим материалом. Чаще всего используются следующие подходы:²

Более тонкие элементы. За последние десять лет фотоэлементы стали более тонкими – от 300 до 180 микрон, они изготавливаются из дорогостоящего высокочистого кремния. Но тонкопленочные элементы – в основном соединения селена с медью и индием (CIS) и соединения кадмия и теллурия (CdTe) – имеют гораздо меньше слоев. CIS-слои толщиной всего лишь пять микрон значительно сокращают потребление материала. Так как эти слои наносятся на поверхность путем парофазного осаждения субстрата, стоимость производства снижается. Тем не менее, эксперты полагают, что кремневые элементы останутся основными «рабочими лошадками» фотоэлектричества.

Новый дизайн. Структура поверхности может быть оптимизирована, чтобы поглощать больше и отражать меньше света. Результатом станет больший КПД.

Солнечно-энергетические установки. Если три типа полупроводников, каждый из которых поглощает различную часть оптической области спектра, разместить один над другим, КПД существенно возрастет. Однако такие элементы гораздо дороже по стоимости. Но если простые оптические зеркала и линзы используются для концентрации света в таких небольших фотоэлементах, количество вырабатываемой энергии возрастает, в то время как материальные затраты снижаются.

¹ Германия определенно в лидерах // DE Magazin Deutschland 1/2012, с. 44.

² Профессор Й. Лютер, директор института солнечных энергосистем им. Фраунгофера до 2006 г., в интервью «Bild der Wissenschaft», vol 9, 2006, pp. 96–99; BINE 'Photovoltaik – Innovationen bei Solarzellen and Modulen', Themen-Info, vol 3, Bonn, 2005.

Расширение рынка также является существенным фактором снижения стоимости. Промышленность только в том случае сможет наращивать производственные мощности, если рынок будет способен поглотить выпускаемую продукцию. Последнее десятилетие ясно доказывает, что масштабное производство солнечных панелей приводит к снижению их стоимости (рис. 19). Немецкая программа «100 000 крыш», которая реализовывалась в период с 1999 по 2003 гг., и недавно принятый акт «О возобновляемых источниках энергии» положили начало развитию данного направления в Германии, подготовив почву для надежного инвестирования. Правда, быстрый рост спроса на солнечные батареи привел к затруднению в поставке кремния в 2005 г., в связи с чем цены на элементы какое-то время оставались высокими. Но дефицит кремния был преодолен, и цены на кремневые солнечные батареи упали примерно на 25 % в 2009 г. Эксперты полагают, что сетевой паритет, когда солнечная энергия будет стоить столько же, сколько электрическая, уже достигается в некоторых регионах южной Европы и на юго-западе США. Ожидается, что Германия достигнет сетевого паритета к 2013 г., поскольку цены на электроэнергию достаточно высоки [16]. Немецкий успех фотоэлектричества является прямым результатом введения льготных тарифов для солнечной энергии.

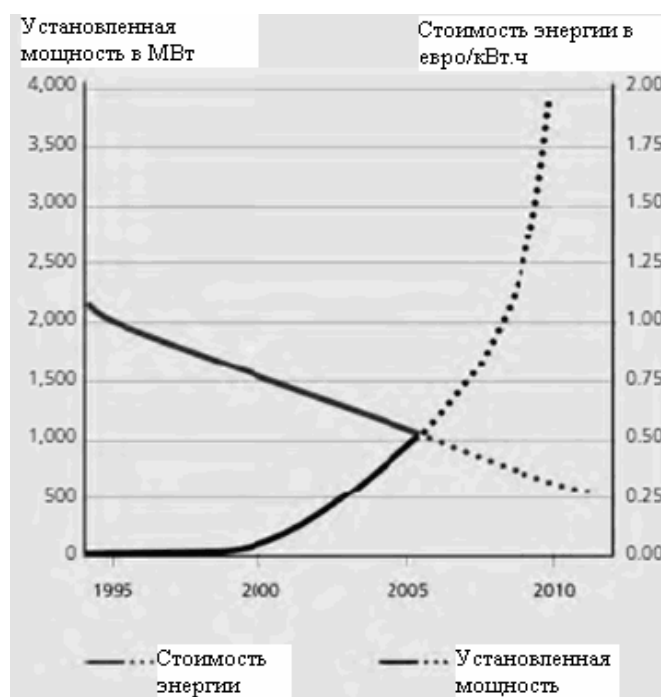


Рис. 19. Перспективы фотоэлектричества: меньшая стоимость за счет новых технологий и массового производства [9]

4.4. ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ

ПОЛЯ И ЛЕСА В КАЧЕСТВЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Солнечная энергия всегда достаточно масштабно использовалась в области сельского и лесного хозяйства. Растения поглощают энергию

солнца и частично аккумулируют ее химическим способом в виде биомассы. Когда животные съедают эти растения, образуется другой вид биомассы – компост. В целом, с точки зрения использования энергии, биомассу можно подразделить на три категории:

1. Влажная биомасса (в особенности компост, а также свежесрезанные растения) может использоваться для создания биогаза путем ферментации в бескислородной окружающей среде. Биогаз, в свою очередь, может использоваться для получения электричества и тепла. То же касается газа, который получается из переработанного мусора или в результате очистки воды. Органические отходы также можно подвергать ферментации.

2. Сухая биомасса (солома, опилки, щепа и др.) может сжигаться для получения электричества и тепла.

3. Специализированные сельскохозяйственные культуры (рапс, кукуруза, мискант (китайский тростник) и т. д.) могут выращиваться для получения дополнительной биомассы.

Влажная и сухая биомасса, как правило, является субпродуктом или отходом имеющихся производственных процессов, следовательно, ее необходимо утилизировать. Использование такой биомассы в качестве источника энергии способствует утилизации отходов и одновременно удовлетворяет около 5 % спроса на первичную энергию. Биомасса может использоваться различными путями: для получения электричества, тепла и топлива. Но так как ее потенциал высок, должны соблюдаться принципы экологического сельского хозяйства.

Кроме того, необходимо соблюдать ряд основных ограничений. Само по себе традиционное сельское хозяйство должно быть более экологичным. Среди причин изменений в сельском хозяйстве выделяют нитраты в грунтовой воде, гормоны в мясе, исчезновение ряда биологических видов и загрязнение почвы. Экстенсивное сельское хозяйство, которому необходима гораздо большая площадь для тех же продуктов, является важным шагом в правильном направлении, но эта необходимость ограничивает количество имеющейся земли под сельскохозяйственные культуры, используемые в качестве источника энергии.

Помимо этого, требуется энергия для возделывания земли сельскохозяйственной техникой и для орошения. Необходимо учитывать эту потребляемую энергию при расчете возмещения энергетических затрат на выращивание сельскохозяйственных культур, используемых в качестве источника энергии.

Множество способов использования в качестве источника энергии сельскохозяйственных культур окупается лишь потому, что они получают высокое субсидирование. Если бы аграрная политика была реструктурирована с особым вниманием к экологии, число культур используемых в качестве источника энергии, было бы снижено.



Рис. 20. Леса и поля в качестве солнечных коллекторов: множество способов использования биомассы [9]

БИОГАЗ

Биогаз состоит приблизительно из 65 % метана (CH_4) и 30 % двуокиси углерода (CO_2). Содержание энергии в нем составляет примерно 6–6,5 кВт·ч/м³ по сравнению с 9,8 кВт·ч/м³ у природного газа. Содержание энергии в биогазе в значительной степени зависит от состава субстрата и времени его ферментации. Например, из тонны навоза крупного рогатого скота получается около 45 м³ биогаза, в то время как из тонны кукурузы – около 180 м³. В настоящее время большая часть такого биогаза используется для получения электричества в Германии. Рентабельность биогазовых установок зависит от ряда факторов, хотя она возрастает при увеличении размера установки.

В конце 2008 г. в Германии имелось около 4 000 биогазовых установок¹, а в Европе – приблизительно в два раза больше. Биогазовые установки могут использоваться в городах. Например, в новой жилой зоне на севере Германии, в г. Любек, широко распространен тип вакуумных туалетов, часто встречающийся в высокоскоростных поездах и самолетах. Данный подход не только позволяет экономить воду, но и позволяет использовать

¹ Пресс-релиз «Fachverband Biogas» от 01.02.2007.

отходы непосредственно для питания биогазовой установки без их первоначального прохождения через систему канализации [17].

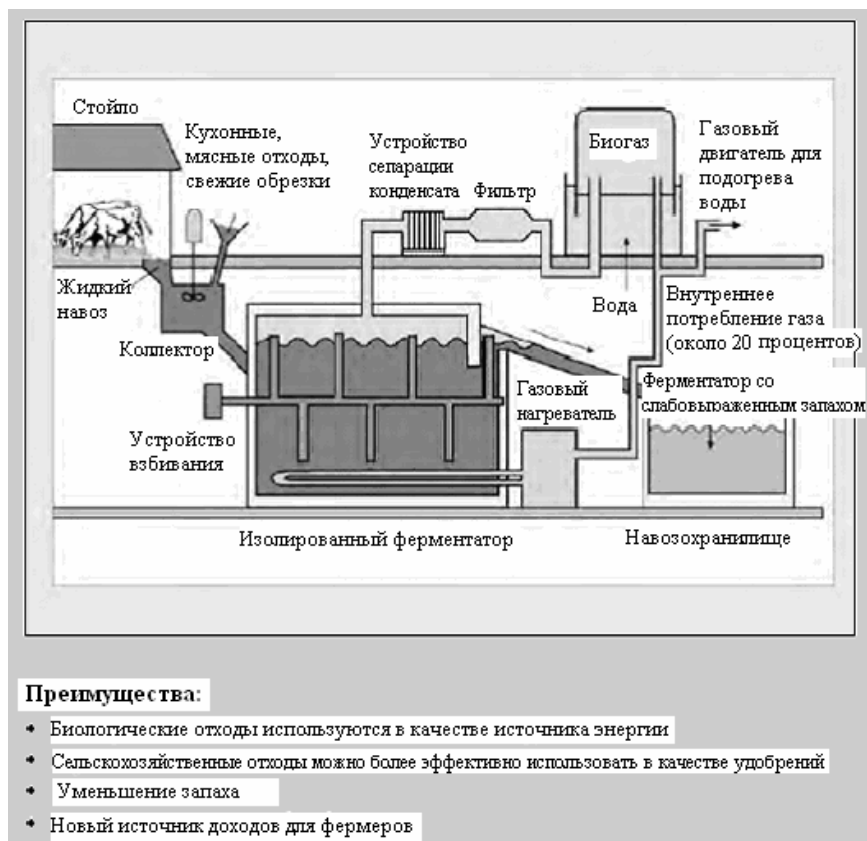


Рис. 21. Схема биогазовой установки [9]

БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

В соответствии с законодательством Германии, электричество, полученное из биогазовых установок, получает особую компенсацию (льготный тариф). Если биогазовая установка эксплуатируется как тепловая, отработанное тепло генератора не может использоваться не только для нагревания ферментера, но и для отопления помещений. Полученная энергия может использоваться во внутреннем пространстве или экспортироваться в электросеть.

Закон «О возобновляемых источниках энергии», который вступил в силу в Германии с 2000 г., дал сильный толчок биогазовым установкам. С 2000 по 2009 гг. число биогазовых установок выросло в пять раз и достигло около 4 800, а средняя мощность новых систем возросла с 75 кВт до 350 кВт с 2000–2003 гг.¹. Доплата за биомассу дала еще больший толчок². Основной сельскохозяйственной культурой, используемой в качестве ис-

¹ FNR, Basisdaten Biogas Deutschland, Gulzow, 2005.

² Bensmann, M. 'Freie Fahrt für Fermenter', Neue Energie, vol. 1, 2007, pp. 52–55. Bensmann, M. 'Mchtig Gas geben', Neue Energie, vol. 2, 2005, pp. 50–52.

точника энергии, является кукуруза. На каждый киловатт установленной мощности необходимо посадить около 0,5 га (около 1,25 акров) кукурузы¹.

Тепловые установки, использующие биогаз, уникальны по нескольким причинам. Во-первых, у них замечательный баланс углерода, так как при ферментации субстрата и при сгорании газа выделяется лишь та часть углерода, которую растения забирают из атмосферы. Кроме того, если этот газ используется для питания тепловой установки, электричество, поступающее от другого источника (например, угольной станции), нейтрализуется, что приводит к восстановлению углерода. Наконец, в то время как метан, теплоулавливающий газ, поступает в атмосферу, биомасса не разлагается в случае, если она используется для получения электричества. В процессе совершенствуется климатическое воздействие биогазовой установки. В итоге выбросы биологических отходов сокращаются где-то на 100 кг от парниковых газов при их использовании в тепловой установке, а не для приготовления компоста². Следовательно, биогазовая тепловая установка не только имеет нейтральный показатель высвобождения углерода во время эксплуатации, но и действительно сокращает выбросы парниковых газов в большем масштабе, что позволяет этим установкам служить стоками углерода и метаноотводами.

Еще одной отличительной чертой установок является их особая роль в обеспечении солнечной энергией. Как известно, электричество сложно аккумулировать. Следовательно, возникает проблема относительно концепции солнечных источников питания: энергия ветра и солнца обычно изменяется, при этом требуется выработка дополнительного объема энергии в облачные, практически безветренные дни. Именно отсюда берет свое начало биогазовая тепловая установка. В конце концов, биогаз легко аккумулировать таким образом, чтобы характеристики подобных установок можно было линейно наращивать и снижать в зависимости от требований электросети. Другими словами, биогаз может компенсировать некоторые колебания солнечной и ветряной энергии.

В перспективе потребуются методы дополнительного аккумулирования и регулирования, чтобы уравнивать предложение на солнечную энергию со спросом, где определенную роль будут играть биогазовые установки.

¹ Dederer estimates that a 180kW biogas unit would need 77 ha, at 13 tons of dry corn per hectare. For grass (8t TM/ha), a full 137ha would be needed. Dederer, M. Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen, presentation at the Biogas-Tagung der Akademie für Natur- und Umweltschutz, Stuttgart, 19 October 2005.

² BMU (ed) Erneuerbare Energien and Nachhaltige Entwicklung, Bonn, 1999, p.56.

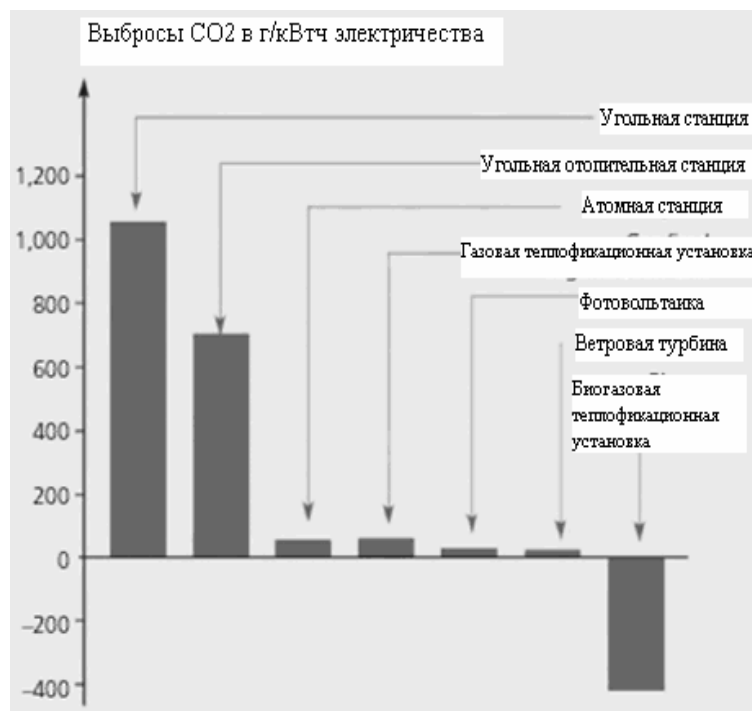


Рис. 22. Биогазовая теплофикационная установка снижает уровень CO₂ посредством нейтрализации других источников, генерирующих CO₂ [9]

ДОМАШНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМАССЫ

Технология. Биомасса является старейшей формой возобновляемых источников энергии и происходит из различных видов топлива, таких как деревья и сельскохозяйственные культуры. Она может обрабатываться посредством сжигания, ферментации или разработки с целью обеспечения энергией для местного отопления. Современные системы на основе древесного топлива предлагают экологически чистую, высокоэффективную альтернативу системам на основе ископаемых видов топлива.

Двумя основными типами нагревательных устройств на основе биомассы являются следующие:

- «автоматические» печи – обычно используются для выработки тепла в домах;
- котлы – обычно используются для более крупных установок, включая отопление многоквартирных зданий.

В зависимости от производителя и модели, печи на основе биомассы и котлы могут использоваться только для обеспечения отопления помещений или отопления помещений и подогрева воды для бытовых нужд.

Тремя основными типами топлива на основе биомассы являются следующие:

- бревна (разрезанные по заданному размеру с учетом максимально допустимого влагосодержания);
- щепа или древесные отходы (также разрезанные по заданному размеру с учетом максимально допустимого влагосодержания);

- древесные топливные гранулы (произведенные из древесных отходов по компактной спецификации определенных размеров, влагосодержания и теплового коэффициента).

Конструктивные принципы. У некоторых устройств на основе биомассы отсутствует механизм выключения и последующего автоматического перезапуска в соответствии с тепловой нагрузкой. У таких систем имеется определенная минимальная скорость сгорания топлива – а, следовательно, минимальная теплота сгорания, когда они находятся в «спящем» режиме (т. е. зажженные, но система управления не требует подачи тепла) и приспособлены к использованию в зданиях с большой теплоемкостью.

Большим преимуществом технологий на основе биомассы является то, что капитальные затраты на проживание можно сократить посредством инсталляции централизованной котельной установки на основе биомассы, которая имеет ряд характерных особенностей, что обусловлено теплосетью. Намного более энергоэффективным и экологически безопасным является управление единой централизованной котельной установкой низкого напряжения, чем наличие множества малых котлов, каждый из которых находится попеременно в «спящем» и низкотемпературном режиме.

Поскольку нагревательные устройства на основе биомассы более требовательны в отношении инфраструктуры, чем их масляные или газовые эквиваленты, дизайнеры всегда должны задаваться вопросом о возможности их применения до установки. Некоторые устройства могут быть шумными в эксплуатации или требовать систематической заправки. Кроме того, не у всех домовладельцев имеется возможность и намерение получать или иметь дело с топливом, очищать устройство изнутри (обычная еженедельная задача) и утилизировать пепел.

Также для успешной установки нагревательных устройств необходимо учитывать следующее:

- размеры и вес оборудования и вспомогательных устройств;
- материал окружающей постройки: нормы расстояния / пожароопасности;
- подача воздуха для сгорания;
- дымоход / печная труба: расположение и обеспечение очистки;
- сеть трубопроводов (только подогрев воды для бытовых нужд или горячей воды низкого давления, используемой для отопления помещений);
- предоставление отопительного прибора «разгрузки» для рассеяния «спящей» теплоотдачи и / или, при необходимости, включение теплоаккумулятора в контур горячей воды низкого давления;
- обеспечение доступа к подаче топлива и к помещениям для его аккумуляирования в достаточном количестве.

Если работа отопительного оборудования на основе биомассы обеспечивается другим источником тепла, управление таким источником должно

блокироваться для обеспечения того, чтобы его никогда не можно было эксплуатировать как первоочередное или «ведущее» устройство.

Большинству систем отопления, основанных на биомассе, требуется электропитание от сети или от электропроводки для функционирования элементов управления, вентиляторов, подачи топлива и т. д., также важно различать сетевые кабели и сигнальные кабели (кабели управления).

Здоровье и безопасность. Необходимо соблюдать осторожность при разрешении всех вопросов, включающих следующее:

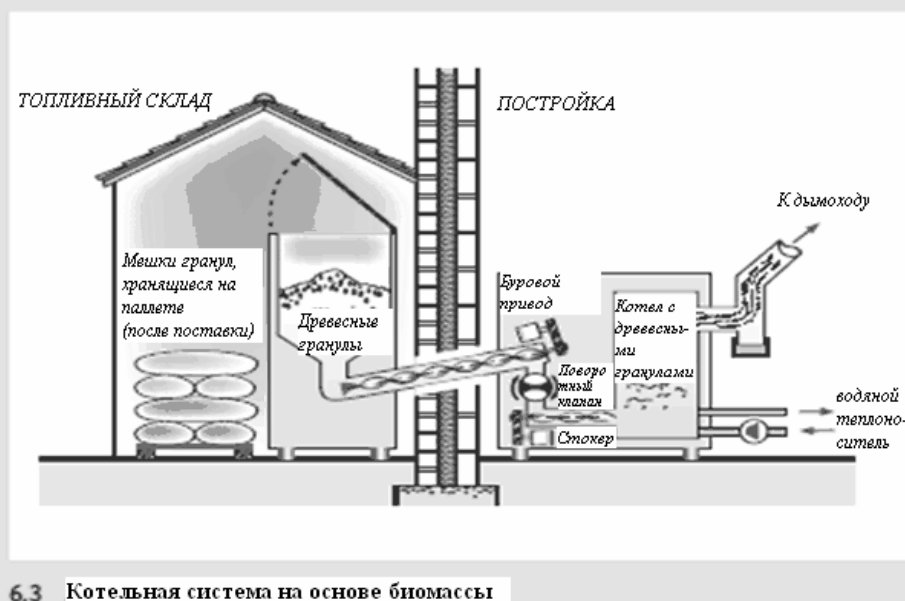
- электробезопасность;
- пожаробезопасность – установка отопительного оборудования, включая дымоход и топливный склад: детекторы дыма, пожарные детекторы, СО-детекторы, противоотжиговые устройства (для предотвращения случайного возгорания при попадании топлива в хранилище), гасящие устройства.



6.1 Котел на основе биомассы



6.2 Печь на основе биомассы



6.3 Котельная система на основе биомассы

Рис. 23. Типы отопительного оборудования на основе биомассы

4.5. ВЕТРЯНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Энергия ветра – это один из источников энергии, который получает наибольшее распространение в современном мире. За последние 10 лет всемирно установленная средняя производительность энергии ветра увеличилась более чем на 28 % в год, результатом чего явилось установление паспортной производительности в конце 2004 г. в размере около 48 000 МВт, что достаточно для питания приблизительно 16 млн американских домов среднего уровня. По состоянию на январь 2005 г. Германия была мировым лидером по установкам энергии ветра мощностью около 16 600 МВт (вслед за Испанией – мощностью 8 300, США – мощностью 6 700, Данией – мощностью 3 100, Индией – мощностью 3 000, Италией – мощностью 1 100, Нидерландами – мощностью 1 100, Великобританией – мощностью 900, Японией – мощностью 900 и Китаем – мощностью 800). Хотя на сегодняшний день обеспечение энергией ветра составляет только около 0,6 % по отношению к мировому спросу на электричество, масштаб его расширяется быстрыми темпами. В Германии воздействие энергии ветра на потребление электроэнергии составляет более 5 %, в Испании – около 8 %, а в Дании – приблизительно 20 %. Стоимость выработки энергии ветра значительно снизилась с более чем 30 центов (США) за кВт·ч в начале 80-х гг. XX в. до не более 4 центов за кВт·ч (в наиболее развитых местах) в 2004 г. Стоимость, в действительности, незначительно увеличилась за последнее время несмотря на постоянное усовершенствование техники в результате мирового повышения стоимости на сталь, бетон и транспортные расходы, что привело к повышению цен на ветряные турбины. Значительное повышение стоимости природного газа и других полезных ископаемых привело к появлению энергии ветра как более дешевого варианта, по сравнению с природным газом, в отношении многих коммунальных услуг с добавочной энергетической мощностью. Фактически, спрос на энергию ветра в Соединенных Штатах был настолько высок, что производители энергии ветра требовали установления и получения гораздо более высоких цен в соответствии с недавно заключенными долгосрочными соглашениями о покупке электроэнергии у коммунальных предприятий по сравнению с тем, как это было несколько лет назад.

Хотя существует множество различных конфигураций ветряных турбин, большинство из них можно классифицировать или как ветряные турбины с горизонтальной осью (ВТГО) (с лопастью, вращающейся вокруг горизонтальной оси параллельно направлению ветра), или как ветряные турбины с вертикальной осью (ВТВО) (с лопастью, вращающейся вокруг вертикальной оси). Рис. 24 иллюстрирует основные характеристики данных конфигураций, в которых имеются одинаковые основные компоненты, но детали этих компонентов значительно отличаются.

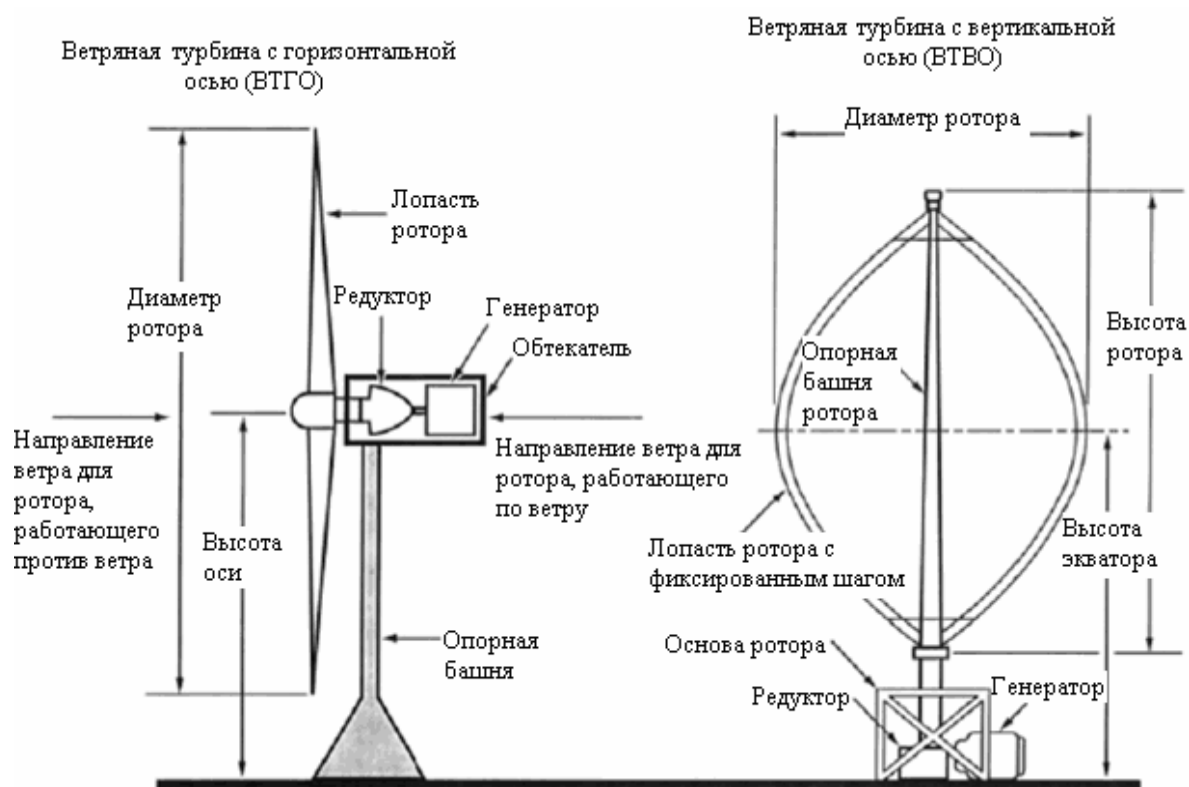


Рис. 24. Схематическое изображение основных конфигураций ветряных турбин

Как показано на рис. 24, ВТГО и ВТВО имеют значительно отличающиеся конфигурации. У каждой конфигурации есть свои преимущества и недостатки. У ВТГО обычно имеется полный приводной механизм (трансмиссия, генератор и трансмиссионный тормоз), расположенный в обтекателе или кожухе, вмонтированном на опорной башне, как это показано на рисунке. Их лопасти испытывают циклическое напряжение вследствие воздействия силы гравитации во время вращения, и их ротор должен быть направлен таким образом, чтобы лопасти правильно двигались, в соответствии с направлением ветра. ВТГО можно легко установить на высоких опорных башнях с тем, чтобы использовать их в случае более сильного ветра на большей высоте. Наиболее распространенным типом современных ВТГО является механизм пропеллерного типа, и данные механизмы обычно классифицируются в соответствии с направлением ротора (против ветра или в направлении ветра опорной башни), креплением лопасти к основному валу (неподвижно закрепленный или навесной), методом контроля предельной мощности (полный или частичный шаг лопасти или срыва потока с лопасти), а также количеством лопастей (в основном, две или три лопасти).

С другой стороны, у ВТВО обычно большая часть приводного механизма расположена на земле; их лопасти не испытывают циклического гравитационного напряжения, и их движение не зависит от направления ветра. Однако лопасти ВТВО подвергаются серьезной переменной аэроди-

намической нагрузке вследствие вращения, и ВТВО невозможно быстро установить на высоких опорных башнях с целью их использования в случае более сильного ветра на большей высоте. Наиболее распространенным типом современных ВТВО являются турбины Дарье с загнутыми лопастями фиксированного шага и турбины «Н» или «коробчатые» турбины с фиксированным шагом прямых лопастей. Принцип работы всех данных турбин основан на срыве потока с лопасти (потеря высоты подъема и возрастание по мере увеличения угла атаки лопасти в движении). Хотя все еще имеется несколько производителей ВТВО, подавляющее большинство производителей ветряных турбин направляют свои усилия на дальнейшее развитие (и, как правило, больших размеров) ВТГО.

Несмотря на то, что «топливо» для ветряных турбин находится в свободном доступе, первоначальная стоимость ветряной турбины является значительным источником стоимости энергоносителей (СЭ) для подобной турбины. С целью минимизации данных СЭ, конструкция ветряной турбины должна быть оптимизирована в соответствии с определенным местом или воздушной средой, в которой она установлена. Методы проб и ошибок стали довольно дорогостоящими и занимающими много времени в случае их применения для конструирования или оптимизации турбин, особенно больших размеров. Оптимизированную ветряную турбину большого размера можно совершенствовать по разумной стоимости только в том случае, если конструкторы могут точно спрогнозировать производительность машин. За последние два десятилетия были разработаны многочисленные техники для точного прогнозирования аэродинамической и структурной динамической производительности ветряных турбин. Данные аналитические модели, в общем, не рассчитаны на простые приблизительные подсчеты – они должны разрабатываться с применением компьютерных кодов различной сложности¹.

Все больший объем энергии из возобновляемых источников в настоящее время получается с использованием малых ветряных турбин в регионах, богатых ветряными ресурсами. Скорость ветра увеличивается вместе с увеличением высоты ветра над поверхностью земли, поэтому ветряные турбины устанавливаются на башнях самой большой высоты, которая представляется практичной и эффективной с точки зрения затрат на данном участке. Средняя скорость ветра в городах достаточно низкая по сравнению с открытой сельской местностью, в результате чего в городских районах идентичные ветряные турбины будут генерировать около трети или четверти электроэнергии, генерируемой хорошо расположенными установками в сельской местности. У обычных ветряных генераторов турбинная ось расположена в горизонтальной плоскости, но существует и ряд инновационных дизайнов, которые широко распространены в последнее

¹ Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2007 by Taylor & Francis Group, LLC, 22.1.

время, где турбина расположена по вертикальной оси, для повышения эффективности малых машин с горизонтальной осью используются аэродинамические особенности или защищенные кожухами лопасти.

Малые ветряные турбины, установленные на крышах зданий, могут быть красивыми, высокоэффективными и иметь длительный срок службы. Их можно классифицировать по следующим основным категориям:

- турбины с низким или высоким напряжением, которые напрямую вырабатывают тепло, качают воду или вращают закрепленный за ними мотор, без необходимости использования батареи;

- турбины низкого напряжения (12, 24, 36 или 48 В), которые используются для заряда батарей и питания подсветки низкого напряжения, приборов и водяных насосов, в основном в автономном режиме;

- турбины низкого напряжения, которые заряжают батареи, в сочетании с которыми используются инверторы для питания высоковольтных устройств;

- турбины высокого напряжения (115 или 230 В), которые используют специальный инвертор для подачи тока в сеть электроснабжения [11] .

Типичная ветряная турбина малых размеров, установленная на опоре 15 м в сельской местности (со скоростью ветра > 5 м/с на высоте оси ветряной турбины) может обладать следующими характеристиками:

Мощность	6 кВт электрической мощности
Капитальные затраты	20 000 фунтов – 25 000 фунтов
Производительная мощность	10 000 кВт·ч/год
Сбережение CO ₂	5,290 кг CO ₂ /г.

Ветряная микротурбина, установленная на опоре в той же местности, может обладать следующими характеристиками:

Мощность	1 кВт электрической мощности
Капитальные затраты	2 500 фунтов – 5 000 фунтов
Производительная мощность	750 кВт·ч/год
Сбережение CO ₂	400 кг CO ₂ /г ¹ .

Солнечная и ветряная энергия, как правило, взаимодополняют друг друга в природе. В целях обеспечения более надежного круглосуточного электроснабжения и сокращения расходов на хранение энергии, некоторые автономные системы используют гибридную систему солнечных фотоэлектрических панелей и ветряных генераторов [11].

¹ Domestic Low and Carbon Technologies. Technical and Practical Integration in Housing. 2010 Edition.

4.6. ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ЗЕМЛИ, ВОДЫ, ВОЗДУХА И КОММУНАЛЬНЫХ СТОКОВ

Существует глубокое заблуждение, что геотермальная энергия – это только энергия, получаемая из больших глубин от горячей воды и пара. В ряде нормативных документов Республики Беларусь отмечается, что в нашей стране есть только две точки – одна в Брестской области, другая – в Гомельской, где горячая вода и горячий пар находятся на глубине 1,2 – 1,5 км.

Понятие «геотермальная энергия» – более широкое. Одним из инструментов использования энергии земли, воды, воздуха является тепловой насос.

Основу эксплуатируемого сегодня в мире парка теплонасосного оборудования составляют компрессионные тепловые насосы, но применяются также и абсорбционные, электрохимические и термоэлектрические.

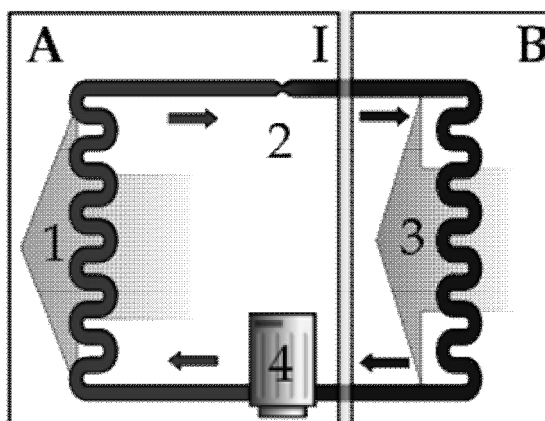


Рис. 25. Схема компрессионного теплового насоса
1 – конденсатор, 2 – дроссель, 3 – испаритель, 4 – компрессор

Таблица 1. Эффективность некоторых типов компрессоров, используемых в современных теплонасосных системах теплоснабжения

Мощность, кВт	Тип компрессора	Эффективность (степень термодинамического совершенства) h , доли ед.
300–3 000	Открытый центробежный	0,55–0,75
50–500	Открытый поршневой	0,5–0,65
20–50	Полугерметичный	0,45–0,55
2–25	Герметичный, с R-22	0,35–0,5
0,5–3,0	Герметичный, с R-12	0,2–0,35
< 0,5	Герметичный	< 0,25

Как и холодильная машина, тепловой насос потребляет энергию на реализацию термодинамического цикла (привод компрессора). Коэффициент преобразования теплового насоса – отношение теплопроизводительности к электропотреблению – зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе и колеблется в различных системах в диапазоне от 2,5 до 5, то есть на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой энергии. Температурный уровень теплоснабжения от тепловых насосов 35–55 °С. Экономия энергетических ресурсов достигает 70 %. Промышленность технически развитых стран выпускает широкий ассортимент парокомпрессионных тепловых насосов тепловой мощностью от 5 до 1 000 кВт.

Концепция тепловых насосов была разработана еще в 1852 г. выдающимся британским физиком и инженером Уильямом Томсоном (Лордом Кельвином), в дальнейшем ее усовершенствовал и детализировал австрийский инженер Петер Риттер фон Риттингер. Петера Риттера фон Риттингера считают изобретателем теплового насоса, ведь именно он спроектировал и установил первый известный тепловой насос в 1855 г. Но практическое применение тепловой насос приобрел значительно позже, а точнее в 40-х гг. XX в., когда изобретатель-энтузиаст Роберт Вебер экспериментировал с морозильной камерой. Однажды Вебер случайно прикоснулся к горячей трубе на выходе камеры и понял, что тепло просто выбрасывается наружу. Изобретатель задумался над тем, как использовать это тепло, и решил поместить трубу в бойлер для нагрева воды. В результате Вебер обеспечил свою семью таким количеством горячей воды, которое они физически не могли использовать, при этом часть тепла от нагретой воды попадала в воздух. Это подтолкнуло его к мысли, что от одного источника тепла можно нагревать и воду, и воздух одновременно, поэтому Вебер усовершенствовал свое изобретение и начал прогонять горячую воду по спирали (через змеевик) и с помощью небольшого вентилятора распространять тепло по дому с целью его отопления. Со временем именно у Вебера появилась идея «выкачивать» тепло из земли, где температура не слишком изменялась в течение года. Он поместил в грунт медные трубы, по которым циркулировал фреон, который «собирал» тепло земли. Газ конденсировался, отдавал свое тепло в доме, и снова проходил через змеевик, чтобы подобрать следующую порцию тепла. Воздух приводился в движение с помощью вентилятора и распространялся по дому. В следующем году Вебер продал свою старую угольную печь.

В 40-х гг. XX в. тепловой насос был известен благодаря своей чрезвычайной эффективности, но реальная потребность в нем возникла в период Арабского нефтяного эмбарго в 70-х гг. XX в., когда, несмотря на низкие цены на энергоносители, появился интерес к энергосбережению.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

В процессе работы компрессор потребляет электроэнергию. Соотношение вырабатываемой тепловой энергии и потребляемой электрической называется коэффициентом трансформации (или коэффициентом преобразования теплоты) и служит показателем эффективности теплового насоса. Эта величина зависит от разности уровня температур в испарителе и конденсаторе: чем больше разность, тем меньше эта величина.

По этой причине тепловой насос должен использовать по возможности большее количество источника низкопотенциального тепла, не стремясь добиться его сильного охлаждения. В самом деле, при этом растет эффективность теплового насоса, поскольку при слабом охлаждении источника тепла не происходит значительного роста разницы температур. По этой причине тепловые насосы делают так, чтобы масса низкотемпературного источника тепла была значительно большей, чем нагреваемая масса. Для этого, также, необходимо увеличивать площади теплообмена, чтобы перепад температур между источником тепла и холодным рабочим телом, а также между горячим рабочим телом и отопляемой средой был поменьше. Это снижает затраты энергии на отопление, но приводит к росту габаритов и стоимости оборудования.

Проблема привязки теплового насоса к источнику низкопотенциального тепла, имеющего большую массу может быть решена введением в тепловой насос системы массопереноса, например, системы прокачки воды. Так устроена система центрального отопления г. Стокгольма (Швеция).

Даже современные парогазотурбинные установки на электростанциях выделяют большое количество тепла, что и используется в когенерации¹. Тем не менее, при использовании электростанций, которые не генерируют попутное тепло (солнечные батареи, ветряные электростанции, топливные элементы) применение тепловых насосов имеет смысл, так как такое преобразование электрической энергии в тепловую более эффективно, чем использование обычных электронагревательных приборов.

В действительности приходится учитывать накладные расходы по передаче, преобразованию и распределению электроэнергии (то есть услуги электрических сетей). В результате отпускная цена электричества в 3–5 раз превышает его себестоимость, что приводит к финансовой неэффективности использования тепловых насосов по сравнению с газовыми котлами при доступном природном газе. Однако недоступность углеводородных ресурсов во многих районах приводит к необходимости выбора между обычным преобразованием электрической энергии в тепловую и с помощью теплового насоса, который в данной ситуации имеет свои преимущества.

¹ Когенерация – одновременное производство электроэнергии и тепловой энергии на основе одного и того же первичного источника.

ТИПЫ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

В зависимости от источника отбора тепла тепловые насосы подразделяются на несколько типов.

1. Геотермальные (используют тепло земли, наземных либо подземных грунтовых вод):

а) замкнутого типа

- горизонтальные – коллектор размещается кольцами или извилисто в горизонтальных траншеях ниже глубины промерзания грунта (обычно от 1,20 м и более). Такой способ является наиболее экономически эффективным для жилых объектов при условии отсутствия дефицита земельной площади под контур;

- вертикальные – коллектор размещается вертикально в скважины глубиной до 200 м. Этот способ применяется в случаях, когда площадь земельного участка не позволяет разместить контур горизонтально или существует угроза повреждения ландшафта;

- водные – коллектор размещается извилисто либо кольцами в водоеме (озере, пруду, реке) ниже глубины промерзания. Это наиболее дешевый вариант, но есть требования по минимальной глубине и объему воды в водоеме для конкретного региона;

б) открытого типа

- подобная система использует в качестве теплообменной жидкости воду, циркулирующую непосредственно через систему геотермального теплового насоса в рамках открытого цикла, то есть вода после прохождения по системе возвращается в землю; этот вариант возможно реализовать на практике лишь при наличии достаточного количества относительно чистой воды и при условии, что такой способ использования грунтовых вод не запрещен законодательством.

2. Воздушные (источником отбора тепла является воздух).

3. Использующие производное (вторичное) тепло (например, тепло трубопровода центрального отопления); подобный вариант является наиболее целесообразным для промышленных объектов.

По виду теплоносителя во входном и выходном контурах насосы делят на шесть типов: «грунт–вода», «вода–вода», «воздух–вода», «грунт–воздух», «вода–воздух», «воздух–воздух».

Почти все вновь выходящие на рынок устройства используют тепло выпускаемого из помещения воздуха. Также фильтруют и увлажняют при необходимости всасываемый извне воздух.

Отбор тепла от воздуха. Эффективность и выбор определенного источника тепловой энергии сильно зависит от климатических условий, особенно, если источником отбора тепла является атмосферный воздух. По сути этот тип более известен в виде кондиционера. В жарких странах таких устройств

десятки миллионов. Для северных стран наиболее актуален именно обогрев зимой. Системы «воздух–воздух» используются и зимой при температурах до -25°C , некоторые модели продолжают работать до -40°C . Но их эффективность резко падает. При более сильных морозах нужно дополнительное отопление.

Отбор тепла от горной породы. Скальная порода требует бурения скважины на достаточную глубину (100–200 м) или нескольких таких скважин. В скважину опускается U-образный груз с двумя пластиковыми трубками, составляющими контур. Трубки заполняются антифризом. По экологическим соображениям это 30 % раствор этилового спирта. Скважина заполняется грунтовыми водами естественным путем, и вода проводит тепло от камня к теплоносителю. При недостаточной длине скважины или попытке получить от грунта сверхрасчетную мощность, эта вода и даже антифриз могут замерзнуть, что и ограничивает максимальную тепловую мощность таких систем. Именно температура возвращаемого антифриза и служит одним из показателей для схемы автоматики. Ориентировочно на 1 погонный метр скважины приходится 50–60 Вт тепловой мощности. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной около 170 м. Нецелесообразно бурить глубже 200 м, дешевле сделать несколько скважин меньшей глубины через 10–20 м друг от друга. Даже для маленького дома в 110–120 м² при небольшом энергопотреблении срок окупаемости 10–15 лет. Почти все имеющиеся на рынке установки работают и летом, при этом тепло (по сути, солнечная энергия) отбирается из помещения и рассеивается в породе или грунтовых водах. В скандинавских странах со скальным грунтом гранит выполняет роль массивного радиатора, получающего тепло летом / днем и рассеивающего его обратно зимой / ночью. Также тепло постоянно приходит из недр Земли и от грунтовых вод.

Отбор тепла от грунта. Самые эффективные но и самые дорогие схемы предусматривают отбор тепла от грунта, чья температура не меняется в течение года уже на глубине нескольких метров, что делает установку практически независимой от погоды. По данным 2006 г. в Швеции полмиллиона установок, в Финляндии 50 тыс., в Норвегии устанавливалось в год 70 тыс. При использовании в качестве источника тепла энергии грунта трубопровод, в котором циркулирует антифриз, зарывают в землю на 30–50 см ниже уровня промерзания грунта в данном регионе. На практике 0,7–1,2 м. Минимальное рекомендуемое производителями расстояние между трубами коллектора – 1,5 м, минимум – 1,2. Здесь не требуется бурение, но требуются более обширные земельные работы на большой площади, и трубопровод более подвержен риску повреждения. Эффективность такая же, как при отборе тепла из скважины. Специальной подготовки почвы не требуется. Но желательно использовать участок с влажным грунтом, если

же он сухой, контур надо сделать длиннее. Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 м трубопровода: в глине – 50–60 Вт, в песке – 30–40 Вт для умеренных широт, на севере значения меньше. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходим земляной контур длиной 350–450 м, для укладки которого требуется участок земли площадью около 400 м² (20 × 20 м). При правильном расчете контур мало влияет на зеленые насаждения.

Отбор тепла от водоема. При использовании в качестве источника тепла близлежащего водоема контур укладывается на дно. Глубина не менее 2 м. Коэффициент преобразования энергии тепловым насосом такой же, как при отборе тепла от грунта. Ориентировочное значение тепловой мощности на 1 м трубопровода – 30 Вт. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длиной 300 м. Чтобы трубопровод не всплывал, на 1 погонный метр устанавливается около 5 кг груза. Если тепла из внешнего контура все же недостаточно для отопления в сильные морозы, практикуется эксплуатация насоса в паре с дополнительным генератором тепла (в таких случаях говорят об использовании бивалентной схемы отопления). Когда уличная температура опускается ниже расчетного уровня (температуры бивалентности), в работу включается второй генератор тепла – чаще всего небольшой электронагреватель.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

К преимуществам тепловых насосов в первую очередь следует отнести экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,20–0,35 кВт·ч электроэнергии. Так как преобразование тепловой энергии в электрическую на крупных электростанциях происходит с КПД до 50 %, эффективность использования топлива при применении тепловых насосов повышается. Упрощаются требования к системам вентиляции помещений и повышается уровень пожарной безопасности. Все системы функционируют с использованием замкнутых контуров и практически не требуют эксплуатационных затрат, кроме стоимости электроэнергии, необходимой для работы оборудования.

Еще одним преимуществом тепловых насосов является возможность переключения с режима отопления зимой на режим кондиционирования летом: просто вместо радиаторов к внешнему коллектору подключаются фанкойлы или системы «холодный потолок».

Тепловой насос надежен, его работой управляет автоматика. В процессе эксплуатации система не нуждается в специальном обслуживании, возможные манипуляции не требуют особых навыков и описаны в инструкции.

Важной особенностью системы является ее сугубо индивидуальный характер для каждого потребителя, который заключается в оптимальном

выборе стабильного источника низкопотенциальной энергии, расчете коэффициента преобразования, окупаемости и прочего.

Теплонасос компактен (его модуль по размерам не превышает обычный холодильник) и практически бесшумен.

Хотя идея, высказанная лордом Кельвином в 1852 г. была реализована уже спустя четыре года, практическое применение теплонасосы получили только в 30-х гг. XX в. В западных странах тепловые насосы применяются давно – и в быту, и в промышленности. Сегодня в Японии, например, эксплуатируется около 3 млн установок, в Швеции около 500 тыс. домов обогревается тепловыми насосами различных типов.

К недостаткам тепловых насосов, используемых для отопления, следует отнести большую стоимость установленного оборудования.

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Для установки теплового насоса необходимы высокие первоначальные затраты: стоимость насоса и монтажа системы составляет 300–1 200 долларов США на 1 кВт необходимой мощности отопления. Время окупаемости теплонасосов составляет 4–9 лет, при сроке службы по 15–20 лет до капитального ремонта.

Существует и альтернативный взгляд на экономическую целесообразность установки теплонасосов. Так, если установка теплонасоса производится на средства взятые в кредит, экономия от использования теплонасоса может быть меньше, чем стоимость использования кредита. Поэтому массовое использование теплонасосов в частном секторе можно ожидать, если стоимость теплонасосного оборудования будет сопоставима с затратами на установку газового отопления и подключения к газовой сети.

Еще более многообещающей является система, комбинирующая геотермальный источник и тепловой насос. При этом геотермальный источник может быть как естественного (выход геотермальных вод), так и искусственного происхождения (скважина с закачкой холодной воды в глубокий слой и выходом на поверхность нагретой воды).

Другим возможным применением теплового насоса может стать его комбинирование с существующими системами централизованного теплоснабжения. К потребителю в этом случае может подаваться относительно холодная вода, тепло которой преобразуется тепловым насосом в тепло с потенциалом, достаточным для отопления. Но при этом вследствие меньшей температуры теплоносителя потери на пути к потребителю (пропорциональные разности температуры теплоносителя и окружающей среды) могут быть значительно уменьшены. Также будет уменьшен износ труб центрального отопления, поскольку холодная вода обладает меньшей коррозионной активностью, чем горячая.

5. ЕВРОПЕЙСКИЕ И РОССИЙСКИЕ НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Прежде, чем говорить о продвижении энергоэффективности в строительстве, необходимо упомянуть Европейскую стратегию разумного, устойчивого и всеобъемлющего роста «Еurope 2020» как документ, определяющий развитие Европы в целях планомерного выхода из экономического кризиса.

Таким образом, как отметил Жозе Мануэль Баррозу, «...нашим приоритетом в ближайшем будущем является успешный выход из кризиса. 2010 год должен стать для Европы новым началом. После кризиса Европа должна стать сильнее, чем раньше. Экономические реалии развиваются быстрее политических, как мы убедились на примере экономического кризиса. Следует признать, что возрастающая независимость экономики требует более решительных и согласованных действий на политическом уровне».

В стратегии «Еurope 2020» выделяются три взаимосвязанных приоритета, которыми стоит руководствоваться европейским государствам:

1. Разумный рост: развитие экономики, основанное на знаниях и инновациях.
2. Устойчивый рост: содействие развитию ресурсосберегающей, экологически эффективной и конкурентоспособной экономики.
3. Всеобъемлющий рост: содействие повышению уровня занятости населения, достижение социальной и территориальной целостности.

В соответствии с данными приоритетами были выдвинуты соответствующие флагманские инициативы, некоторые из них приведены ниже.

Применительно к развитию ресурсоэффективной экономики, более подробно стоит остановиться на приоритете «устойчивый рост», который должен содействовать процветанию Европы в мире с низким содержанием углерода и ограниченными запасами природных ресурсов, предотвращая при этом ухудшение состояния окружающей среды, уменьшение биологического разнообразия, а также нерациональное использование природных ресурсов.

В рамках данного приоритета определены следующие направления деятельности Европы:

1. Конкурентоспособность. ЕС начал процветать благодаря торговле, экспорту по всему миру и импорту производственных ресурсов и готовой продукции. Столкнувшись с сильным давлением на экспортных рынках и возрастающим разнообразием производственных ресурсов, мы должны повышать конкурентоспособность в отношении наших основных партнеров через повышение уровня производительности. Мы должны сохранять относительную конкурентоспособность как в пределах Еврозоны, так и в расширенном ЕС. ЕС явился в значительной степени первопроходцем в решении вопросов экологии, но его лидирующие позиции подрывают конкуренты, в особенности, Китай и Северная Америка. ЕС должен оставаться лидером на рынке «зеленых» технологий, являя собой меру обеспечения ресурсоэффективности всей экономики при искоренении проблем в ключевых сетевых инфраструктурах, тем самым повышая конкурентоспособность промышленности.

2. Борьба с изменением климата. Большее сокращение выбросов в следующем десятилетии по сравнению с предыдущим и использование в полном объеме потенциала новых технологий, таких как улавливание и удаление CO₂. Повышение ресурсоэффективности будет содействовать значительному сокращению выбросов, экономии денежных средств и экономическому росту. Здесь вовлечены все секторы экономики, а не только те, которые активно занимаются проблемой выбросов. Также необходимо усиливать устойчивость к климатическим рискам, наращивать потенциал по предотвращению стихийных бедствий и принятию ответных мер.

3. Чистая и эффективная энергия. В результате достижения целей относительно использования энергии, стоимость импортируемого газа и нефти к 2020 г. может быть на 60 млн евро меньше. Это не только экономия финансовых средств, а и необходимость для энергобезопасности. Дальнейшие успехи в интеграции европейского рынка энергоресурсов могут повысить ВВП на 0,6–0,8 %. Учитывая задачу по энергоэффективности в 20 %, речь идет о создании более 1 млн новых рабочих мест в ЕС.

Деятельность, осуществляемая в рамках данного приоритета, требует введения обязательств по снижению выбросов вредных веществ как путем, который максимизирует прибыль и минимизирует затраты, так и путем распространения инновационных технологических решений. Более того, необходимо разделять экономический рост и использование энергии, а также превращать Европейскую экономику в более ресурсоэффективную экономику, которая не только будет конкурентным преимуществом для Европы, но и ослабит зависимость от зарубежных источников сырьевых материалов и предметов потребления.

Что касается развития ресурсоэффективной экономики на основе других приоритетов, изложенных в стратегии «Европе 2020», стоит упомянуть соответствующие флагманские инициативы.

Так, в рамках флагманской инициативы «Инновационный союз» была поставлена задача перенацелить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) и инновации на основные насущные проблемы общества, такие как изменение климата, энерго- и ресурсоэффективность, демографические проблемы и проблемы здравоохранения.

В рамках флагманской инициативы «Индустриальная политика в эпоху глобализации» некоторыми из задач Европейской комиссии являются следующие:

- поддержание использования технологий и производственных методов, снижающих использование природных ресурсов, а также увеличение доли инвестирования в имеющиеся природные активы;
- пересмотр положений по содействию переходу сектора услуг и производственного сектора на этап большей ресурсоэффективности, включая более эффективную утилизацию; усовершенствование способа воздействия европейского нормотворчества на европейские и международные стандарты для сохранения долговременной конкурентоспособности европейской промышленности; сюда будет входить повышение коммерциализации и использование ключевых высокоэффективных технологий.

Что касается флагманской инициативы «Ресурсоэффективная Европа», ее целью является содействие переходу к ресурсоэффективной экономике, которая эффективно использует все возможные ресурсы, а также разделение экономического роста и использования ресурсов и энергии, сокращение выбросов CO₂, повышение конкурентоспособности и обеспечение большей энергобезопасности. Были поставлены следующие задачи: чтобы экономический рост не зависел от ресурсов, нужно способствовать переходу на экономику с низким содержанием углерода, увеличить использование источников возобновляемой энергии, провести модернизацию транспортного сектора и повысить энергоэффективность, что будет содействовать развитию более ресурсо- и экологически эффективной, а также конкурентоспособной экономики.

Были определены следующие направления деятельности Европейской комиссии на уровне ЕС:

1. Мобилизация финансовых рычагов ЕС (например, сельскохозяйственное развитие, структурные фонды, рамочная программа НИОКР, Трансъевропейские сети, Европейский инвестиционный банк) в рамках последовательной стратегии финансирования, которая объединяет финансирование ЕС, национальное (государственное) и частное финансирование.

2. Содействие развитию системы использования экономических инструментов, использующих рыночные механизмы (например, торговля квотами, пересмотр налогообложения энергоресурсов, система государственного субсидирования, содействие распространению «зеленых» государственных закупок).

3. Внесение предложений относительно модернизации и обезуглероживания в секторе транспорта, тем самым содействуя повышению конкурентоспособности. Это осуществимо посредством принятия разнообразных мер, например, «разумная» организация дорожного движения, более развитая логистика, сокращение выбросов CO₂ в секторе авиации и мореплавания, а также автомобилей, включая внедрение основной европейской инициативы «зеленого» автомобиля, которая поможет продвигать новые технологии, включая электромобили и гибридные автомобили, посредством проведения разнообразных исследований, установления единых стандартов и развития необходимой инфраструктурной поддержки.

4. Ускорение внедрения европейских стратегических высокоэффективных проектов для решения критических проблем, в особенности в трансграничных областях и междоугольных узлах (города, порты, логистические платформы).

5. Завершение создания внутреннего рынка энергоресурсов и реализация Стратегического плана энергетических технологий (SET-план), содействие использованию возобновляемых источников энергии на едином рынке также будет являться приоритетным направлением.

6. Представление инициативы относительно модернизации европейских сетей, включая «Трансеевропейские энергетические сети», в целях создания европейской суперсети, «разумных сетей» и соединения их с возобновляемыми источниками энергии (при поддержке структурных фондов и Европейского инвестиционного банка). Сюда входит развитие инфраструктурных проектов особого стратегического значения для ЕС в Балтийском, Балканском, Средиземноморском и Евразийском регионах.

7. Утверждение и внедрение отредактированного плана действий по энергоэффективности и содействие развитию устойчивой программы ресурсоэффективности (в поддержку малых и средних предприятий, а также хозяйств) посредством использования структурных и других фондов для привлечения нового финансирования в рамках имеющихся успешных моделей инновационно-инвестиционных программ; это должно содействовать изменениям в структуре потребления и производства.

8. Создание концепции структурных и технологических изменений, необходимых для перехода к низкоуглеродистой, ресурсоэффективной и климатически устойчивой экономике к 2050 г., которая позволит ЕС достичь целей по сокращению выбросов и биологическому разнообразию; сюда входит предотвращение стихийных бедствий и действия, усиливающие сплоченность, развитие сельского хозяйства, сельских районов, а также политика по преодолению изменений климата, в особенности, посредством принятия адаптационных мер, основанных на эффективном использовании ресурсов, что также будет содействовать повышению мировой продовольственной безопасности.

Были определены следующие направления деятельности государств-членов ЕС на национальном уровне:

1. Поэтапное сокращение экологически вредных субсидий, за исключением субсидий для людей, имеющих особые социальные нужды.

2. Использование экономических инструментов, использующих рыночные механизмы, таких как налоговые льготы и закупки, чтобы адаптировать методы производства и потребления.

3. Развитие «разумных» модернизированных и полностью взаимосвязанных транспортной и энергетической инфраструктур, а также наиболее эффективное использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

4. Обеспечение скоординированной реализации инфраструктурных проектов в рамках базовой сети ЕС, что внесет значительный вклад в эффективность всей транспортной системы ЕС.

5. «Фокусировка» на городском транспорте, который по большей части создает затор и выбросы.

6. Применение положений, разработка норм производительности и рыночных инструментов, таких как налогообложение, субсидии и закупки с целью сокращения использования энергии и ресурсов, а также структурных фондов для инвестирования в энергоэффективные государственные здания и более эффективную утилизацию.

7. Стимулирование инструментов энергоэффективности, которые могут повысить эффективность в энергоемких секторах, а именно тех, которые основаны на использовании ИКТ.

Таким образом, политика всех стран ЕС, все инструменты и законодательные акты, а также финансовые инструменты должны быть мобилизованы для достижения целей данной стратегии. Европейская комиссия намерена совершенствовать основные элементы политики и ключевые инструменты, такие как единый рынок, бюджет и программа внешнеэкономической деятельности ЕС для достижения целей «Европе 2020». Практические предложения по обеспечению полноценного содействия данной стратегии являются неотъемлемой частью «Европе 2020».

5.1. НОВЫЙ ЕВРОПЕЙСКИЙ СТАНДАРТ ДЛЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Европа установила новый стандарт качества для солнечных тепловых установок – «Solar Keymark», и производители оборудования уже начали подавать заявки. Схема сертификации охватывает солнечные коллекторы и готовые солнечные тепловые системы. «Solar Keymark» предназначен для гармонизации процедур тестирования и сертификации солнечных систем на уровне ЕС путем введения общеевропейского показателя качества. Кроме того, что «Solar Keymark» дает потребителям уверенность в качест-

ве оборудования, этот стандарт также дает законодателям на национальном уровне и уровне ЕС платформу для гармонизации схем субсидирования и других инициатив, стимулирующих спрос и быстрый рост рынка.

В ряде стран ЕС были сформулированы цели для дальнейшего развития солнечной теплоэнергетики. Первой была определена цель установить 15 млн м² солнечных коллекторов. Европейская федерация производителей солнечных теплоустановок (ESTIF) спрогнозировала установку 25 млн м² солнечных коллекторов к 2010 г. при «существующей политике» и до 40 млн м² при «активной политике».

Хотя производство тепловой энергии изменяется в зависимости от широты местности, в среднем солнечный коллектор производит около 500 кВт·ч в год. ESTIF приводит данные о том, что каждые 2 млн м² коллекторов производят 1 000 ГВт·ч чистой энергии каждый год, избегая выбросов около 500 тыс. т CO₂.

Достижение таких целей предусматривает рост как производства, так и рынка солнечных коллекторов. Обеспечение качества является при этом важным моментом не только для потребителя, но и для финансирования солнечных систем теплоснабжения любого объема. Это важно и для производителя, получающего более выгодные позиции при производстве сертифицированных продуктов, и для продавцов и установщиков систем, которые хотят быть уверенными, что они предлагают качественные оборудование и услуги.

Национальные стандарты для солнечных теплоустановок уже существуют в ряде стран ЕС. Однако, по мере того как европейский рынок становится более открытым и больше товаров продается за пределами стран, международный стандарт становится необходимым.

Европейская комиссия через свою программу «Altener» профинансировала создание международного стандарта «Solar Keymark». В создании этого стандарта принимали участие 11 основных европейских тестирующих институтов при координации со стороны ESTIF. В дальнейшем сертифицирование солнечных теплоустановок будет производиться за счет производителей оборудования.

В январе 2003 г. Европейский Комитет по Стандартизации (CEN) официально одобрил правила для «Solar Keymark», что позволило национальным институтам сертификации подать заявку в CEN на разрешение проводить сертификацию «Solar Keymark» и выдавать лицензии. «Solar Keymark» – это добровольная схема, ожидается, что она будет широко использоваться, поскольку общеевропейские стандарты будут использоваться как национальные стандарты в странах ЕС. ESTIF представляет более 300 европейских производителей солнечной продукции. Также ожидается, что наличие «Solar Keymark» будет необходимым условием получения национальных субсидий и участия в тендерах. Со временем, национальные строительные нормы могут требовать от производителей наличия «Solar Keymark».

Намерением «Solar Keymark» является открытие европейского рынка для солнечных теплоустановок. Целью является замена всех существующих различных национальных и региональных сертификаций. Как следствие может осуществляться:

- более легкое сравнение продукции и равные условия конкуренции для различных производителей;
- большее количество стандартизированных продуктов;
- лучшее качество продуктов;
- большее доверие потребителей;
- стимулирование международных продаж продуктов, имеющих общеевропейский стандарт качества.

Как следствие этих факторов ожидается значительное снижение цен на солнечные теплоустановки благодаря открытости рынка, увеличение объемов продаж на 50 %. Вследствие увеличения продаж ожидается увеличение рабочих мест для установщиков систем.

Следующие организации имеют или находятся в стадии получения аккредитации для тестирования в соответствии с Европейскими стандартами для солнечных теплоустановок: «Arsenal» (Австрия), «CSTB» (Франция), «Demokritos» (Греция), «DTI» (Дания), «EC BREC/IBMER» (Польша), «ENEA» (Италия), «INETI» (Португалия), «INTA», «ITC» (Испания), «ISFH», «ITW», «IZES/TZSB» (Германия), «SP» (Швеция), «SPF» (Швейцария), «TNO» (Голландия).

Схема сертификации «Solar Keymark» установлена, и следующие шаги будут направлены на ее успешное применение по всей Европе. Первым шагом будет являться увеличение количества сертифицирующих институтов (пока их единицы). В дальнейшем «Solar Keymark» будет единственной схемой сертификации для Европы. Большинство стран ЕС уже приняло эту схему как свою национальную, хотя несколько стран еще имеют свои специальные национальные схемы сертификации солнечных теплоустановок.

В дальнейшем потребуется связать «Solar Keymark» с национальными и европейскими стандартами, национальными и региональными схемами субсидий, а также ввести сертификацию в новых странах ЕС¹.

5.2. В ГЕРМАНИИ БУДУЩЕЕ УЖЕ НАСТУПИЛО

С начала 90-х гг. XX в. производство возобновляемой энергии существенно возросло в Германии. Энергия ветра представляет собой наиболее выразительный пример. В 2005 г. минуло 14 лет после того, как были

¹ Использованы материалы статьи «A Solar Thermal Strategy», опубликованной в журнале Renewable Energy World, July-August 2003.

предложены первые льготные тарифы, энергия ветра возросла в 100 раз по сравнению с 1992 г. Фотоэлектричество также произвело сенсацию. С 1990 до 2005 гг. количество солнечной энергии, произведенной в Германии, увеличилось в 1 000 раз.¹

Объемы других видов возобновляемой энергии тоже возросли (рис. 26).

Данный «бум» явился результатом особой политики:

1. Акт «О льготных тарифах» 1991 г. и его преемник, акт «О возобновляемых источниках энергии», гарантировали, что производители возобновляемой энергии получают прибыль от своих капиталовложений в производство возобновляемой энергии.

2. Программа «100 000 крыш» предоставила значительное авансовое финансирование фотоэлектричества с 1999 по 2003 гг. По всей Германии сейчас есть компании, которые обладают опытом по установке солнечных батарей. Кроме того, стоимость производства фотоэлектрических батарей значительно упала, таким образом подготавливая почву для дальнейшего роста.

3. Денежные средства, полученные в результате реформы в области экологического налогообложения, приуроченной к федеральной программе рыночного стимулирования, годовой бюджет которой составлял около 200 млн евро (2005 г.). Кроме солнечных тепловых систем, поддержка также оказывалась получению энергии из биомассы.

4. Все большее число людей, занимающихся торговлей, открыло для себя солнечную энергию как сферу бизнеса и стало работать над тем, чтобы убедить своих клиентов в необходимости приобретения солнечного оборудования. Для этого Германией были реализованы такие общенациональные кампании, как «Солнечная энергия – наступил час», «Дополнительное солнечное тепло» [18] и «Тепло от солнца».

На протяжении последующих лет рост сектора возобновляемой энергии продолжается, что обусловлено рядом причин:

- новые предприятия по производству фотоэлементов и солнечных панелей увеличили объем своей продукции; производственная мощность для технологии солнечной энергии выросла более чем в десять раз по сравнению с 1999 г.²;

- в июне 2009 г. вступила в силу Директива ЕС по возобновляемым источникам энергии с целью покрытия 20 % конечного энергопотребления к 2020 г. за счет возобновляемой энергии;

- на уровне ЕС все компании по коммунальному обслуживанию обязаны показывать потребителям, из каких источников они получают энергию³;

¹ BMU (2006) Erneuerbare Energien in Zahlen, Berlin, May 2006.

² Федеральный союз предприятий гелиопромышленности, июнь 2006.

³ Резолюция Европейского Парламента от 13 марта 2002 г.; Бундестаг Германии 14/9670.

- ряд жилых домов и компаний приняли решение использовать экологически чистую энергию, которая поможет повысить производство возобновляемой энергии;
- солнечные тепловые системы сейчас очень высокого качества по утверждению защитников прав потребителей Германии¹.

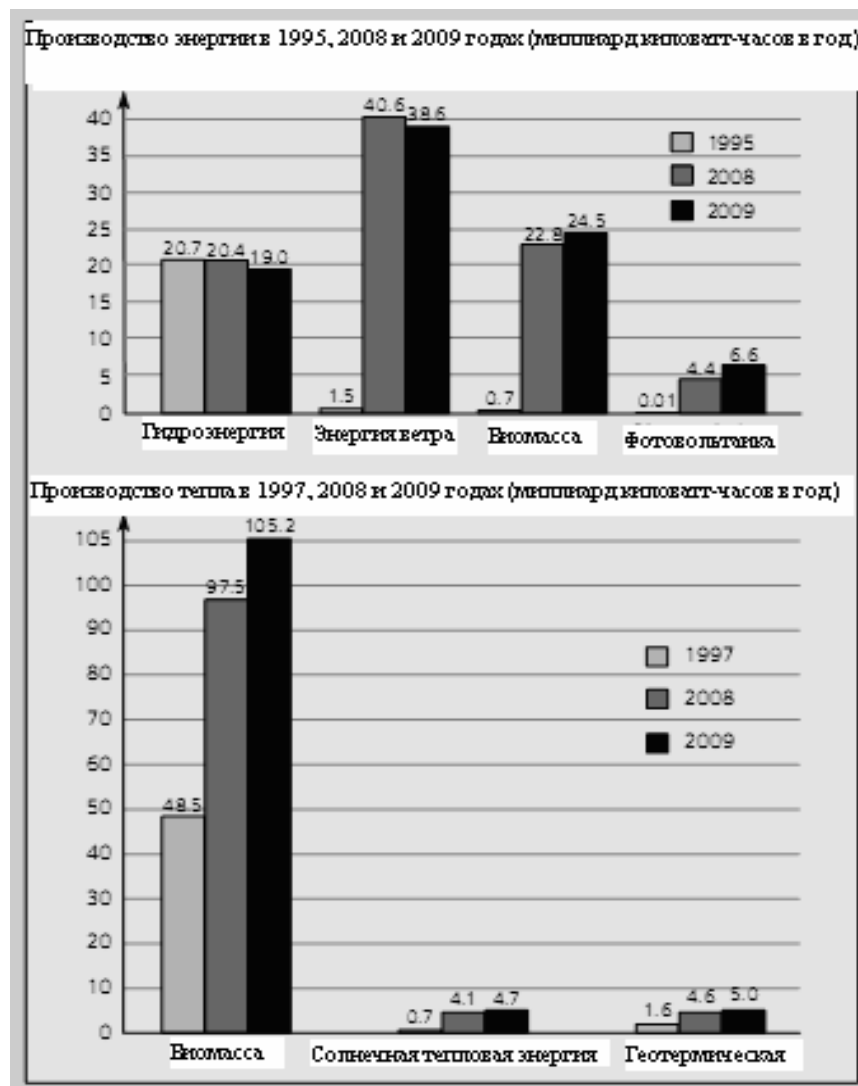


Рис. 26. Германия – начало перехода: энергия и тепло из возобновляемых источников [9]

5.3. ГОЛОСОВАНИЕ ЕС В ПОЛЬЗУ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В своей «Белой книге» по стратегии европейского сообщества и плане действий в области использования и развития возобновляемых источников энергии Европейская комиссия заявила в 2001 г. о неэффективном исполь-

¹ Здесь были протестированы, 16 систем, 15 из которых были оценены как хорошие или очень хорошие. Stiftung Warentest, vol. 4, 2002.

зовании возобновляемых источников энергии в ЕС, тем самым призвав его к незамедлительным действиям.

Комиссия решила, что существует несколько причин, по которым невозможно обходиться без всеобъемлющей стратегии по продвижению возобновляемых источников энергии:

1. В настоящее время ЕС импортирует 50 % энергоресурсов. Если ничего не предпринять, по оценкам Комиссии, этот показатель возрастет до 70 % к 2020 г.

2. Если не удастся существенным образом увеличить долю возобновляемой энергии (по сравнению с нынешними 6 % до уровня более 12 %), ЕС столкнется с большими трудностями в выполнении своих обязательств по защите окружающей среды в соответствии как с европейскими, так и с международными соглашениями.

3. Возобновляемая энергия является важным рынком будущего. Т. к. другие страны, такие как США и Япония, сейчас вводят меры по поддержке отечественных производств на основе возобновляемых источников энергии, ЕС полагает, что существует большая опасность того, что европейская промышленность может утратить свое лидирующее положение в данном секторе. «Пока у нас нет понятной и всеобъемлющей стратегии, подкрепленной законодательством, будет наблюдаться замедление развития возобновляемых источников энергии».¹

Принимая во внимание все важные преимущества возобновляемой энергии для обеспечения занятости населения, сокращение импорта топлива и повышения надежности энергоснабжения, экспорта, местного и регионального развития и т. п., а также главные преимущества для окружающей среды, можно сделать вывод о том, что стратегия и план действия европейского сообщества в области использования и развития возобновляемых источников энергии, представленные в «Белой книге», имеют весьма существенное значение для ЕС [19].

К 2007 г. производство возобновляемой энергии в 15 странах ЕС возросло до 16,6 %.

В 2009 г. ЕС поставил для себя более смелые цели. Доля возобновляемой энергии в общем энергопотреблении должна вырасти до 20 % к 2020 г. Кроме этого, доля биотоплива должна составлять по меньшей мере 10 % в общем потреблении бензина и дизельного топлива².

¹ Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger, Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie and Aktionsplan.

² Директива 2001/77/ЕС Европейского Парламента и Совета от 27 сентября 2001 г. / Official Journal of the European Union L283/33 on 27 October 2001.

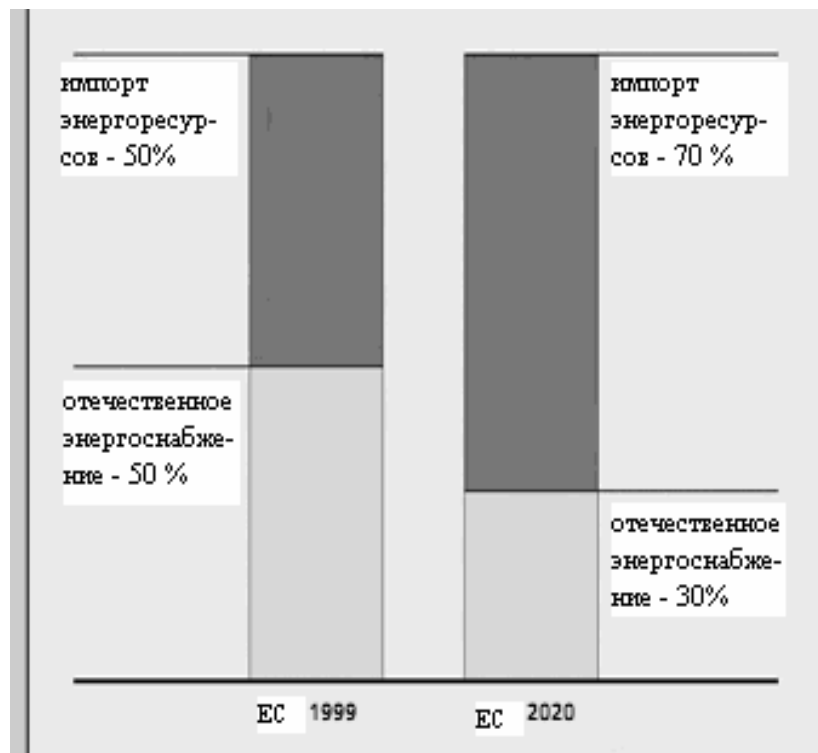


Рис. 27. Зависимость ЕС от импорта энергоресурсов возрастает [9]

5.4. ОТ АКТА «О ЛЬГОТНЫХ ТАРИФАХ» К АКТУ «О ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ»

Вступление в силу акта «О льготных тарифах» в начале 1991 г. явилось переломным моментом в истории ветряной энергетики Германии. Сначала, в соответствии с законом, от поставщиков электроэнергии требовалось уплачивать минимальную цену за возобновляемую энергию, продаваемую для электросети. Позднее оплачиваемые тарифы были установлены, исходя из средних цен на энергию в отношении всех розничных клиентов.

Операторы электросети должны были оплачивать 90 % от данной суммы за электроэнергию, получаемую за счет ветряной энергетики и солнечных батарей, 80 % – за электроэнергию, получаемую из биомассы и малых гидроэлектростанций производительностью до 500 кВт, и 65 % – за электроэнергию, получаемую от гидроэлектростанций производительностью, колеблющейся от 500 кВт до 5 МВт.

Например, Бюро статистики Германии рассчитало, что средняя цена за кВт·ч в 1997 г. составляла 9,4 евроцента, таким образом, тарифы, оплачиваемые за ветряную и солнечную энергию, в 1999 г., составляли 8,4 евроцента за кВт·ч. В 2000 г. оплата составила на 0,2 евроцента меньше за кВт·ч ветряной энергии, т. к. либерализация электроэнергетического рынка при-

вела к снижению цен на электроэнергию в большинстве областей при снижении базисной цены за 2000 г.

Потенциальные инвесторы сомневались относительно того, какие льготные тарифы будут действовать в будущем на возобновляемую энергию. Для обеспечения большей прозрачности и, следовательно, для повышения инвестиционных стимулов по возобновляемым источникам энергии льготные тарифы были установлены как независимые от розничных тарифов.

Еще одно изменение было введено при пересмотре акта в той версии, которая вступила в силу 29 апреля 1999 г. Законодатели приняли специальное правило по акту «О льготных тарифах» относительно коммунальных услуг, которым больше не нужно было восполнять электроэнергию с учетом того, что объем возобновляемых источников энергии превысил 5 % от общего объема продаж электроэнергии для коммунальных услуг и с учетом закрепления за поставщиком обязательства между службой коммунальных услуг и производителем. И в случае, если у поставщика как у посредника также было сформировано 5 % возобновляемых источников энергии в объеме общих продаж, он не должен был оплачивать дополнительную электроэнергию.

Данное правило, названное в то время «двойным 5-процентным потолком», было введено с тем, чтобы ограничить финансовую нагрузку на индивидуальных поставщиков электроэнергии. К тому времени большое количество ветряных турбин было установлено на северном побережье Германии, таким образом, в отношении продавцов электроэнергии в данной местности в большей степени действовал закон, нежели влияли другие энергетические компании.¹

Но данный «потолок» явился не лучшим способом разрешения проблемы, это могло затормозить дальнейшее развитие рынка ветряных установок. Поэтому в 2000 г. акт «О возобновляемых источниках энергии» был отменен.

¹ Например, доля ветряной энергии в общем объеме потребления электроэнергии в земле Шлезвиг-Гольштейн превысила 15 % в 1999 г. – «DEWI-Magazin», № 15, August 1999.

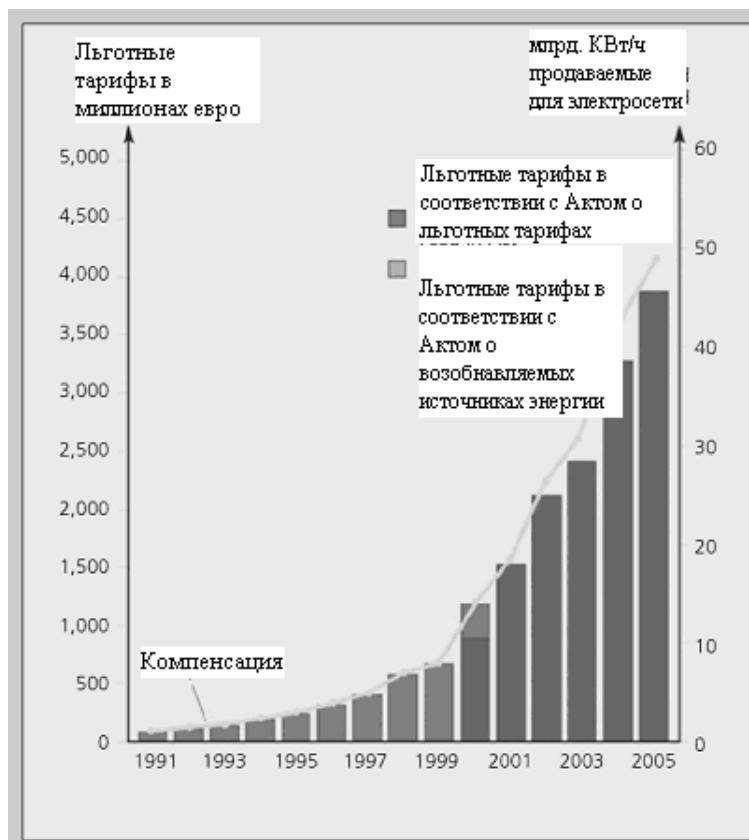


Рис. 28. От Акта «О льготных тарифах» к акту «О возобновляемых источниках энергии» [9]

5.5 АКТ «О ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ»

«Последователем» акта «О льготных тарифах» явился акт «О возобновляемых источниках энергии», который вступил в силу 1 апреля 2000 г. и был доработан в 2004 г. при корректировке льготных тарифов.¹ Данный закон отличался от акта «О льготных тарифах» 1991 г. по многим значимым позициям:

- изначально льготные тарифы оплачивали сетевые операторы, но позднее плата выровнялась на национальном уровне между сетевыми операторами таким образом, что все сетевые операторы и потребители электроэнергии затрагивались в равной степени²;

¹ Закон «О приоритетных возобновляемых источниках энергии», 21.07.2004, который вступил в силу в августе 2004 г.

² Льготные тарифы устанавливаются как надбавка к розничным ценам на электричество. В настоящее время размер надбавки составляет около 2 центов за кВт·ч. Что касается крупных покупателей электроэнергии на уровне промышленности, цены за электричество в отношении которых составляют 15 % от валовой добавочной стоимости или более, в отношении них применяется особое правило с тем, чтобы эти покупатели оплачивали только 0,05 центов за кВт·ч дополнительно.

- оплачиваемые тарифы больше не были взаимосвязаны с розничными тарифами за электроэнергию – они, скорее, разнились в зависимости от типа затрагиваемого возобновляемого источника энергии с учетом прибыли на инвестиции в системах возобновляемых источников энергии с тем, чтобы они функционировали надлежащим образом; оплачиваемые тарифы должны были оставаться неизменными в течение 20 лет¹;

- для обеспечения соответствия тарифов снижающейся стоимости возобновляемых источников энергии автоматически снижалась компенсация стоимости солнечных батарей, ветряных турбин и установок на основе биомассы в соответствии с календарным графиком; однако компенсация стоимости должна была остаться неизменной в течение 20 лет со времени установки системы.

Согласно акту, определены следующие минимальные цены на установки, которые были запущены в эксплуатацию в 2007 г.:

1. Гидроэлектроэнергия. Здесь за системы производительностью до 500 кВт оплачивается 9,38 евроцентов за кВт·ч, в то время как относительно систем производительностью от 501 до 5 000 кВт, минимальная цена составляет 6,45 евроцентов за кВт·ч.

2. Биомасса. Здесь компенсация также зависит от размера системы – 10,99 евроцентов за кВт·ч оплачивается за системы производительностью до 150 кВт, 9,46 евроцентов за кВт·ч оплачивается за системы производительностью до 500 кВт, 8,51 евроцентов – за системы производительностью до 5 МВт и 8,03 евроцентов – за более крупные системы.²

3. Ветряная энергия. Минимальная цена систем, подсоединенных в 2007 г., составляет 8,19 евроцентов за кВт·ч за первые пять лет, после чего компенсация будет зависеть от качественного месторасположения. В случае хорошего месторасположения, оплачивается только 5,18 евроцентов, начиная с 2006 г., но в случае неудачного месторасположения тарифы не снижаются. Годовое снижение стоимости систем, подсоединенных после 2007 г. составляет 2 %.

4. Геотермальная энергия. Тарифы, оплачиваемые за электроэнергию, получаемую из геотермальных систем, также зависят от размера системы и колеблются от 15 евроцентов за кВт·ч в системах, производительностью до 5 МВт, вплоть до 7,16 евроцентов за кВт·ч в системах, производительностью более 20 МВт. Годовое снижение стоимости составляет 1 % с 2010 г.

5. Фотоэлектричество. Наибольшие достижения были получены в этой области. Вместо 8,5 евроцентов, применяемых для оплаты в рамках

¹ Льготные тарифы, применяемые в отношении установленных соединений с электросетью, применяются в отношении 20 календарных лет, начиная от даты установленного соединения с электросетью до 31 декабря конечного года.

² Минимальный тариф, применяемый к системам, подсоединенным к электросети в последующие годы, снижается на 1 % в год.

акта «О льготных тарифах» за кВт·ч солнечной энергии, на сегодняшний день тарифы к оплате составляют в районе 51,8 евроцентов (солнечный фасад) – 37,95 евроцентов (наземные системы). Начиная с 2006 г., компенсация стоимости автоматически снижается на 6,5 % в год в отношении новых наземных батарей.

Акт «О возобновляемых источниках энергии» предоставил инвесторам надежную систему и привел к резкому подъему спроса на возобновляемую энергию. В начале 2010 г. новая правящая коалиция Германии предложила существенное единовременное снижение льготных тарифов в отношении солнечной энергии.

5.6. О ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ В ДРУГИХ СТРАНАХ

Акт Германии «О возобновляемых источниках энергии» не только привел к бурному использованию возобновляемых источников энергии в Германии, ее положительный опыт заинтересовал многие страны.

Испания, Португалия, Франция, Австрия, Ирландия, Нидерланды, Греция, Италия и Великобритания, а также Таиланд и Пакистан внедрили данную модель, как это уже сделали такие регионы, как Онтарио (Канада) и штат Вермонт (США). Китай также предложил льготные тарифы по использованию возобновляемых источников энергии.

Все большее число стран применяет льготные тарифы. В начале 2006 г. в мировом отчете о достигнутом прогрессе было отражено, что 41 страна приняла льготные тарифы.¹

В 2009 г. как минимум 64 страны начали реализовывать подобный тип политики в целях большего производства возобновляемых источников энергии.²

С 2010 г. Великобритания также применяет льготные тарифы. Программа была разработана с целью «установления тарифов на том уровне, который стимулирует инвестирование в маломасштабное низкоуглеродистое производство энергии» [20].

Бурное использование возобновляемых источников энергии во всем мире может быть отражено, например, в долларах и центах: общий объем инвестирования в возобновляемые источники энергии составил лишь 30 млрд долларов США в 2004 г., но данная сумма увеличилась до 120 млрд долларов США в 2009 г.

Возобновляемые источники энергии стали очевидным сектором, который оценивается миллиардами, а данная индустрия растет очень высокими темпами.

¹ Global Status Report Renewables, 2006 Update, p. 23.

² Renewables Global Status Report, 2009.

строительного комплекса, жилищно-коммунального хозяйства и промышленности на новые материалы и технологии не удастся запустить инновационный цикл в этой сфере. Очевидно, что ввести новые стандарты в действие сиюминутно невозможно – необходим переходный период, и важнейшую роль на этом отрезке должны сыграть пилотные проекты в области энергоэффективных городских хозяйств. Бизнес и потребители должны убедиться, что новые технологии выгоднее, чище, дешевле (в долгосрочном масштабе), а специалисты должны апробировать свои разработки в «полевых» условиях.

ОСНОВНЫЕ МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

В 2000 г. Евросоюзом было проведено научное исследование, которое показало, что к 2030 г. его зависимость от импорта энергоресурсов достигнет 70 %, а в данный момент этот показатель не превышает 50 %. Это подтолкнуло Европарламент и Совет ЕС к принятию «Европейской стратегии надежного обеспечения энергетических поставок», получившей широкую известность как «Зеленая декларация».

В одном из приложений к декларации указано, что потребление энергии в быту и сфере услуг составляет 40,7 % совокупного потребления энергии в странах ЕС. При этом порядка 84 % этой энергии приходится на обеспечение нужд отопления и снабжения зданий горячей водой. В свою очередь, данные национальных исследований, проведенных в ряде стран Евросоюза, показали, что более 75 % жилищного фонда в Европе требуют модернизации в целях снижения энергопотребления.

Опираясь на данные исследований и показатели, приведенные выше, 16 декабря 2002 г. была принята Директива об энергетической эффективности зданий¹, которая вступила в силу с 1 января 2003 г. Ее главной целью было обеспечение реализации потенциала экономии энергии, который на текущий момент оценивается в 50 % и снижение выбросов CO₂ в атмосферу на четверть.

В Директиве были прописаны общие условия методологии расчета энергоэффективности и минимальные требования для строящихся и уже существующих зданий, являющихся объектом реконструкции. Кроме того, в документе говорилось о необходимости энергетической сертификации зданий. Наиболее важным при расчете энергоэффективности зданий является учет абсолютно всех факторов, способных повлиять на конечный результат. Это теплотехнические характеристики здания, отопительные установки и горячее водоснабжение, вентиляция, осветительные установки, характеристики внутреннего микроклимата, а также климатические особенности региона и даже определенное расположение зданий на местности.

¹ Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings (EPBD).

На основе EPBD в государствах ЕС были внедрены нормы, способствующие повышению энергоэффективности вновь возводимых и существующих зданий площадью свыше 1 000 м². В частности, еще на этапе проектирования домов данного типа должны были выбираться и утверждаться системы теплоснабжения.

В ноябре 2008 г. было одобрено внесение поправок в EPBD, значительно ужесточающих требования к энергоэффективности. В частности, современным стандартам должны будут также соответствовать дома площадью менее 1 000 м². Страны-участники ставят амбициозные цели по достижению экстремально низкого или нулевого энергопотребления. Так, к 2020 г. Дания планирует сократить его на 75 % по сравнению со старыми зданиями, Норвегия, Нидерланды и Германия планируют строить в основном пассивные дома (отапливаемые за счет внутренних ресурсов), Великобритания и Венгрия – здания, при эксплуатации которых в атмосферу не выделяется CO₂, а Франция – сооружения, которые не только не будут потреблять, но смогут даже сами вырабатывать энергию.

Кроме того, Европарламент и Совет ЕС разработали для стран, входящих в ЕС, ряд законов (директив), предназначенных для стандартизации строительных нормативов по повышению энергоэффективности зданий.

Основная мотивация разработки этих законов – повышение эффективности использования естественных энергетических ресурсов. Ресурсы – нефтепродукты, природный газ и твердые горючие ископаемые – являются не только важнейшими источниками энергии, но также и наиболее существенными источниками выделений CO₂.

Управление энергоэффективностью зданий признается в качестве важнейшего инструмента, влияющего на глобальный энергетический рынок и безопасность обеспечения энергией в ближайшей и долгосрочной перспективе. Государства – члены ЕС должны принимать необходимые законы и стандарты с целью воплощения в жизнь этих общеевропейских законов.

При формулировании целей национальной политики энергосбережения США четко обозначили в первую очередь экономические цели данной программы.

Принятый в феврале 2009 г. закон о мерах по экономическому стимулированию учитывает тесную связь между экономикой и производством энергии и предоставляет различные источники финансирования и стимулы для повышения эффективности и поощрения более широкого использования возобновляемых источников энергии.

Представляя свой проект бюджета на 2010 г., президент Барак Обама дал обещание палате представителей инвестировать 15 млрд долларов в год в разработку энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии.

В частности планировалось выделить:

- 5 млрд долларов в фонд Программы помощи утеплению. Эта программа, существующая уже 30 лет, оплачивает расходы по ремонту домов семей с низким доходом с целью энергосбережения. Более 5,6 млн семей с низким доходом получили услуги в рамках этой программы, осуществление которой началось в 1976 г. Программа повышает уровень комфорта домов и снижает расходы семей на электроэнергию в долгосрочной перспективе.

- 4 млрд долларов – на модернизацию государственного жилья, находящегося в ведении Министерства жилищного строительства и городского развития США, для повышения энергоэффективности.

- 300 млн долларов – на скидки для потребителей, приобретающих энергосберегающие электроприборы.

- 3,2 млрд долларов – на гранты штатам и местным органам власти для поддержки осуществления проектов повышения энергоэффективности и энергосбережения в государственных зданиях.

- 4,2 млрд долларов – Администрации общих служб США на преобразование зданий, принадлежащих федеральному правительству, в экологически чистые, в которых сочетаются методы энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии.

- 6,9 млрд долларов – Федеральной администрации по пассажирским перевозкам для передачи местным службам общественного транспорта с целью инвестиций в проекты по энергосбережению и расширению возможностей систем общественного транспорта.

- 50 млн долларов – на усилия, направленные на повышение энергоэффективности информационных технологий и технологий связи.

- Увеличение налоговых льгот для домовладельцев и предприятий, которые за собственный счет осуществляют модернизацию своих объектов недвижимости с целью повышения энергоэффективности.

Реализация накопленного в развитых странах опыта повышения энергоэффективности зданий наиболее зримо прослеживается в пилотных проектах в области энергоэффективной экономики.

Счет пилотных, или демонстрационных, энергоэффективных объектов в мире уже идет на тысячи.

В Германии, по последним данным, более 500 демонстрационных проектов. Южная Корея заявила о строительстве энергоэффективного города Нью-Согдо. По тому же пути (строительство целых районов и городов) движется Китай. В 2009 г. в шанхайском административном районе Наньхуэй и на острове Чунмин началось строительство показательных зон низкоуглеродной экономики. Утвержден проект создания такого города в Турфане (Синьцзян-Уйгурский автономный район, Северо-Западный Китай), обладающем богатыми гелиоресурсами.

Среди наиболее актуальных инструментов, помогающих при создании энергоэффективного города, можно выделить следующие:

- передовые методы генерации, в том числе тригенерация¹;
- инновации в энергопотреблении, в первую очередь новые материалы и технологии, применяемые в возводимых зданиях;
- ИКТ («умные» сети энергораспределения).

Каждый из перечисленных инструментов уже сам по себе способен принести ощутимый эффект. Однако если все названные рычаги будут использоваться одновременно, синергетический эффект может и вовсе изменить энергетическую картину до неузнаваемости. Точно оценить в этом случае масштабы энергосбережения пока что не представляется возможным, но можно быть уверенным, что снижение энергопотребления на порядок – это вопрос ближайшего будущего в тех городах, которые преуспеют в реализации обозначенных мер.

Следующий шаг в развитии – автономные, энергонезависимые города. Первым примером такого рода станет возводимый в Объединенных Арабских Эмиратах город Масдар. Спроектированный архитектором Норманом Фостером Масдар-сити будет первым в мире городом, который целиком обеспечит себя возобновляемой энергией солнца и ветра.

К переходу на энергетическое самообеспечение стремятся и старые города. Немецкий Фрайбург должен полностью обеспечивать себя энергией к 2045 г. К этому моменту город должен радикально снизить потребление энергии (в частности, за счет новых строительных нормативов) и установить достаточное количество солнечных батарей и ветропарков.

Еще одна важная новация в энергетике – тригенерация. Обычная тепловая станция переводит в электроэнергию около 33 % топлива – остальное теряется в виде выделения тепловой энергии. Когенерация позволяет полезно использовать свыше 80 % топлива. Когенерация обладает рядом несомненных преимуществ по сравнению с обычными способами получения электроэнергии:

- высокая экологичность;
- автономность;
- минимальные потери мощности благодаря близости энергоцентра к потребителю;
- по сравнению со схемами отдельного получения электроэнергии и тепла позволяет значительно повысить эффективность использования топлива.

С экономической точки зрения тригенерация очень выгодна, так как она позволяет производить тепловую энергию в отопительный сезон, а в летний

¹ Тригенерация – это комбинированное производство электричества, тепла и холода. Применение тригенерационной схемы резко повышает общий КПД энергоустановки. Для получения холода в когенерационный цикл включаются абсорбционная холодильная машина, и градирня (устройство для охлаждения воды воздухом).

период – холод, обеспечивая таким образом полную загрузку электроустановки без провалов в потреблении тепловой энергии.

Когенерация и тригенерация с применением микротурбин крайне актуальны для энерго- и теплоснабжения удаленных российских регионов, где недоступны централизованные энергосети и природный газ. Микротурбины могут работать на сжиженном газе, биогазе, попутном нефтяном газе, дизельном топливе или керосине. По оценке компании «БПЦ Энергетические Системы», на территории России когенерация представлена на более чем 400 объектах. Она используется в самых разных условиях: при добыче нефти, в сельхозугодиях на полях, в коттеджных поселках и т. д. Тригенерация в России не распространена, в то время как за рубежом она стремительно набирает обороты. Так, работающая в сфере тригенерации компания «Con Edison Steam Operations» уже обслуживает на Манхэттене в Нью-Йорке (США) более чем 100 тыс. квартир и офисов.

Помимо создания локальных генерирующих энергосистем, снизить потери при доставке энергии потребителю в будущем станет возможно также за счет использования эффекта высокотемпературной сверхпроводимости. Сопротивление сверхпроводников при определенных условиях стремится к нулю, и то же самое должно произойти с энергопотерями при передаче. НИОКР в данной области проводятся как в США, так и в России, где разработки в области высокотемпературных сверхпроводников названы в числе приоритетных проектов в области энергоэффективности, одобренных Президентом Российской Федерации. Специалисты министерства энергетики США называют высокотемпературную сверхпроводимость «ключевой технологией XXI века для улучшения мощности, эффективности и надежности энергосистем».

Строительство и эксплуатация жилья является одним из самых энергоемких секторов экономики. Так, здания и сооружения Великобритании потребляют около 30 % всей энергии страны.

Практика показывает, что для изменения сложившейся ситуации необходимы серьезные усилия со стороны государства, на поэтапное уменьшение энергопотребления в строительном и жилищном секторе путем массового возведения энергоэффективных зданий и реконструкции уже существующих.

Идеальный энергоэффективный дом представляет собой практически замкнутую систему: из канализационных отходов вырабатывается газ, электроэнергию и горячую воду дают солнечные батареи, водоснабжение осуществляется с помощью подземных и дождевых вод.

Первостепенную важность для энергоэффективных домов имеет низкая теплопередача ограждающих конструкций – стен и окон. Теплопотери обыкновенного кирпичного здания – 250–350 кВт·ч с м² отапливаемой площади в год. В энергоэффективных домах этот показатель практически в 20 раз ниже – 15 кВт·ч с 1 м².

В Германии государство активно поддерживает инновацию для масштабного выхода на рынок технологии обогрева, при которой на фасад зданий наносится специальное покрытие, аккумулирующее солнечную энергию днем и отдающее ее в дом ночью. Подобный эксперимент проводится сейчас и в России.

Для подачи свежего воздуха определенной температуры в такие дома используется приточно-вытяжная вентиляция через установку рекуперации¹ тепла (избыточное тепло воздуха при этом используется для подогрева воды).

Для освещения помещений все более активное распространение получают системы с применением светодиодных блоков. В светодиоде, в отличие от лампы накаливания или люминесцентной лампы, электрический ток преобразуется непосредственно в световое излучение. Отсюда их высокая экономичность и эффективность: если у лампы накаливания светотдача составляет 10–15 лм/Вт, у люминесцентной энергосберегающей лампы – 50–70 лм/Вт, рекорд светотдачи светодиода составляет 208 лм/Вт.

В совокупности перечисленные выше технологические приемы позволяют свести потребление таким домом внешней электроэнергии к минимуму или даже к нулю. Соответствующие примеры уже есть – преимущественно в Западной Европе, прежде всего в Швеции, Дании и Норвегии.

Следующим шагом развития технологий строительства энергоэффективных домов должно стать создание энергоактивного дома, то есть дома, который вырабатывает энергии больше, чем потребляет. Проект такого здания был представлен в экспозиции национального павильона Германии. Кроме того, аналогичные пилотные проекты уже были реализованы в Дании и Швеции. Единичные примеры энергоэффективных зданий есть и в России, например, в Москве в микрорайоне Никулино-2 уже построено экспериментальное жилое здание с использованием технологии «пассивного дома».

СИТУАЦИЯ В РОССИИ

Наибольший потенциал повышения эффективности конечного потребления энергии в России существует в жилых, коммерческих и общественных зданиях, где инвестиции в энергосбережение могли бы принести ежегодную экономию до 68,6 млн т нефтяного эквивалента. Жилищный сектор занимает второе место в России по потреблению энергии после обрабатывающей промышленности. Только на долю зданий (144,5 млн т нефтяного эквивалента) приходится более 1/3 всего конечного потребления энергии в России. 2/3 потенциальной экономии энергии в этом секторе могут быть достигнуты через сокращение потребления тепловой энергии

¹ Рекуперация – процесс частичной передачи тепла от вытягиваемого из помещения воздуха потоку свежего воздуха, поступающего в помещение.

на отопление и горячее водоснабжение в системах централизованного теплоснабжения.

Ключевым документом, определяющим внедрение энергоэффективных технологий, для России является закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», принятый в ноябре 2009 г. В законе прописан комплекс мер экономического, организационного и административного характера по стимулированию энергосбережения и повышению энергоэффективности.

С 2010 г. запрещен ввод в эксплуатацию домов без приборов учета воды, тепла и электроэнергии. В законе также приписано требование об установке счетчиков в ранее построенных домах – до 2012 г.

С 1 января 2011 г. к обороту на территории России не допускаются электрические лампы накаливания мощностью 100 Вт и более, запрещается размещение заказов на поставки электрических ламп накаливания любой мощности для государственных и муниципальных учреждений.

В соответствии с данным законом документы, регламентирующие мероприятия по энергосбережению, разрабатываются на региональном и муниципальном уровнях. Местным властям следует определить показатели эффективности и разработать «дорожную карту», представляющую собой путь реализации конечной цели, направленной на планирование и осуществление энергосберегающих мероприятий, а также публиковать в средствах массовой информации сведения о региональных и муниципальных программах в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

На заседании Комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России и президиума Совета по науке, технологиям и образованию осенью 2009 г. были утверждены 6 проектов в сфере энергоэффективности: «Энергоэффективный город», «Считай, экономь и плати», «Энергоэффективная социальная сфера», «Малая комплексная энергетика», «Новый свет» и «Инновационная энергетика».

Основной целью реализации проекта «Энергоэффективный город» является повышение эффективности использования энергоресурсов в муниципальных образованиях. Целевой индикатор – снижение общего уровня потребления энергии и ресурсов инфраструктурой городов на 25 % в сопоставимых условиях от уровня 2009 г., а также снижение уровня расходов семьи на оплату жилищно-коммунальных услуг на 15 %. В качестве пилотных площадок выбраны города Тюмень, Апатиты, Воркута и Казань. На сегодняшний момент в выбранных городах проведены комплексные энергетические обследования объектов потребления энергоресурсов и разработаны программы по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

Проект «Энергоэффективный социальный сектор» нацелен на снижение расходов консолидированного бюджета на оплату энергоресурсов

школ и больниц в среднем на 15–20 %; снижение общего потребления энергоресурсов объектами социального сектора – на 20–30 %; распространение не менее чем в 50 % школ и больниц типовых решений; создание более комфортных условий для пациентов больниц, учеников школ, сотрудников данных учреждений.

Целью проекта «Считай, эконошь и плати» по установке приборов учета является создание возможности производить расчет с поставщиком энергоресурсов по фактически потребленному объему. Для отработки типовых технологий по установке приборов учета, схем финансирования данных работ, оценки эффективности предлагаемых решений начаты работы на пилотных проектах в городах Ижевск, Каменск-Уральский, Киров, Пермь. Разработаны муниципальные программы по установке приборов учета. В качестве пилотного города для проекта по установке интеллектуальных приборов учета электрической энергии с возможностью дистанционного снятия показаний и регулирования потребления выбран г. Екатеринбург.

Целью проекта «Малая комплексная энергетика» является снижение потребления в энергетике невозобновляемого органического топлива, стабилизация или снижение тарифов для населения, повышение надежности энергоснабжения и преодоление энергодефицита в регионах за счет ввода новых малых когенерационных установок с высоким КПД на основе новейших технологий взамен устаревших котельных, ТЭЦ и мини-ТЭЦ. Разработаны и утверждены соответствующие программы Республики Башкортостан, Ярославской, Рязанской и Нижегородской областей. Сформирован и утвержден список бизнес-планов проектов строительства объектов когенерации в пилотных регионах.

Основной целью реализации проекта «Новый свет» является повышение энергетической эффективности за счет замены ламп накаливания и других устаревших источников света на более современные – в первую очередь, светодиоды. В качестве пилотных площадок массового внедрения современных источников света выбраны города Горно-Алтайск, Киров и Пермь, где будут отработаны технические, экономические, организационные и правовые решения по энергосбережению.

Наконец, цель проекта «Инновационная энергетика» заключается в создании условий для инновационного развития российской экономики и увеличения ее экспортного потенциала путем ускоренного освоения производства и использования оборудования на основе новейших отечественных энергетических технологий. Проект реализуется по следующим направлениям: технология создания интеллектуальных электроэнергетических систем; технология применения эффекта сверхпроводимости в электроэнергетике; технология тепло- и электроснабжения потребителей на основе использования биомассы; технология водородного аккумулирования энергии при использовании ветроэнергетических установок для автономного электроснабжения потребителей удаленных и труднодоступных территорий [21].

6. ПРИМЕРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ ЗА РУБЕЖОМ

6.1. КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ШВЕЦИИ

Автономная система теплоснабжения в шведской деревне Торсакер работает уже несколько лет практически только за счет использования возобновляемых источников энергии. В этой деревушке, расположенной недалеко от Стокгольма на широте около 59° северной широты, используется автономная система теплоснабжения для обогрева около 20 коттеджей и коммерческих зданий. Теплосеть была построена в 1999 г. и снабжается теплом от котельной мощностью 2 МВт, работающей на древесных пеллетах. Хотя сеть имеет дополнительную котельную мощностью 2,4 МВт, работающую на нефтяном топливе, а также резервный электрокотел мощностью 0,62 МВт, в ее составе имеется также солнечная теплоустановка, состоящая из коллекторного поля площадью более 500 м^2 . В результате, в течение года теплосеть получает 90 % энергии от возобновляемых источников энергии. Использование солнечных коллекторов замещает использование котельной на ископаемом топливе, что приводит к снижению выбросов CO_2 .

В системе используются солнечные коллекторы, разработанные теплоснабжающей организацией специально для северного климата. Такие коллекторы могут быть установлены как на крыше, так и на земле. Коллектор состоит из рефлектора, в который помещен абсорбер. Применение рефлектора параболической формы и двустороннего абсорбера минимизирует количество дорогого материала, необходимого для устройства. Концентрация солнечного света позволяет минимизировать площадь абсорбера и, следовательно, уменьшить потери тепла в коллекторе. Это позволило сделать коллектор без изоляции, что, в свою очередь, снизило стоимость коллектора. Абсорбер покрыт тефлоновой пленкой, снижающей ультрафиолетовое излучение, что приводит к увеличению теплопроизводительности коллектора.

Материальные затраты на коллектор примерно в 2 раза ниже, чем у обычных плоских солнечных коллекторов. Годовая выработка тепла составляет $250\text{--}300 \text{ кВт/м}^2$, однако, несмотря на меньшую теплопроизводительность, низкая стоимость может сделать такой коллектор более экономически выгодным.

Длина установленных солнечных коллекторов составляет 40 м. Специально разработанный абсорбер с трубами большего размера позволил соединить коллекторы для получения общей длины 80 м. Рефлектор изготовлен из анодизированного алюминия толщиной 0,3 мм. Теплоулавливающий прозрачный тент, изготовленный из фторированного этиленпропилена, установлен вокруг абсорбера для уменьшения кондуктивных теплопотерь. Такой модифицированный коллектор был установлен в начале 2003 г. и проходил испытания в рамках национальной научно-исследовательской программы («FUD-program Solvarme 2001–2003»). Стоимость системы на солнечных коллекторах составила около 180 долларов США за м².

Тепло от котельных на пеллетах, нефтяном топливе, от электрокотла и солнечных коллекторов нагревает воду в баке емкостью 50 м³, а затем подается в систему теплоснабжения.

Ежегодная общая теплопроизводительность составляет около 3,6 ГВт·ч, включая 3,12 ГВт·ч от котельной на биомассе, 0,3 ГВт·ч от котельной на нефтяном топливе и 0,18 ГВт·ч от солнечных коллекторов (что соответствует теплопотреблению в летние месяцы).

Использование автономной системы теплоснабжения в деревне Торсакер позволило почти полностью отказаться от работы индивидуальных котлов, работающих на нефтяном топливе. Это привело к замещению около 1 300 м³ органического топлива, что соответствует сокращению выбросов CO₂ в размере 3 400 т в год¹.

6.2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ В ФИНЛЯНДИИ

Изменения климата в будущем неизбежны. Ученые подсчитали, что средняя температура на земном шаре за период 1990–2100 гг. поднимется предположительно на 7 °С в случае, если мировая экологическая политика не будет способствовать сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу. С другой стороны, предполагается, что при эффективной борьбе против выбросов парниковых газов среднее повышение температуры составит лишь 3–4 °С.

Долгосрочная цель экологической политики Финляндии направлена на сокращение выбросов парниковых газов к 2050 г. по меньшей мере на 80 % ниже, чем в 1990 г., она является частью международного проекта. Переход к обществу с низкими выбросами парниковых газов требует повышения эффективности использования энергии, разработки новых технологий, денежных инвестиций и внедрения технологий практически во все секторы экономики, особенно в строительство, промышленность и транспорт.

¹ По материалам журнала Renewable Energy World, Nov-Dec. 2003, p.115.

В настоящее время в Финляндии выбросы парниковых газов по секторам экономики распределяются в долях, упрощенно представленных на (рис. 30). Доля зданий в выбросах – примерно 40 %.

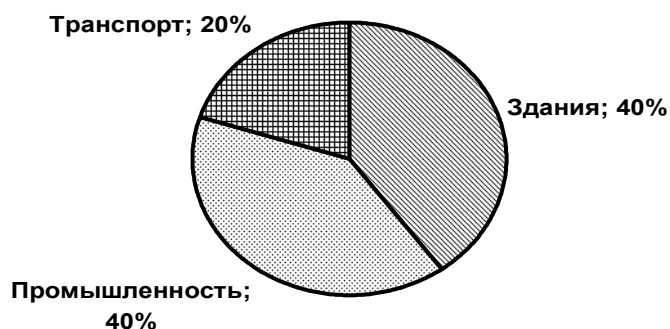


Рис. 30. Распределение источников парниковых газов по секторам экономики Финляндии

Так что предотвратить глобальное потепление за счет повышения энергоэффективности зданий вполне возможно. Программа должна включать, как говорится в старинном финском образном выражении, «kerpiä, porkkanaa ja tamburiinia» – «кнуты, морковки и барабаны», где «кнуты» – конкретное влияние со стороны государства на положение дел с теплоэффективностью зданий, «морковки» – государственная финансовая поддержка возобновляемых видов энергии и «барабаны» – пресса, повышение уровня информированности населения, вынесение экологических и энергетических вопросов на повестку дня.

НОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ В ФИНЛЯНДИИ, КАСАЮЩИЕСЯ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ

Строительные нормы в Финляндии в энергетическом плане были обновлены в 2010 г. Таблица 2 наглядно показывает, как ужесточались за последние 30 лет в Финляндии нормы и требования к теплопроводности здания, герметичности конструкции и теплопотерям.

Новые энергоэкономичные нормы 2010 г. сократили потребление тепловой энергии на 30–40 % по сравнению с предыдущими нормами. В 2012 г. нормы ужесточились еще примерно на 20 %.

В 2012 г. также произошел переход к рассмотрению общего энергообмена и рассмотрению первичной энергии. Под выражением «первичная энергия» подразумевается производство энергии для здания, другими словами, не покупная энергия, а энергия, получаемая на конкретном участке (например, солнечная или геотермальная).

Таблица 2. Изменение требований к теплопроводности зданий в Финляндии¹

Коэффициенты теплопередачи строительных конструкций	1976 г.	1978 г.	1985 г.	2003 г.	2007 г.	2010 г.
Наружные стены [Вт/м ² ·К]	0,40	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17
Верхнее перекрытие [Вт/м ² ·К]	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09
Нижнее перекрытие [Вт/м ² ·К]	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,17/0,16
Окна [Вт/м ² ·К]	2,10	2,10	2,10	1,40	1,40	1,00
Двери [Вт/м ² ·К]	0,70	0,70	0,70	1,40	1,40	1,00
Другие исходные данные для расчетов						
Значение – n50 Инфильтрация при разности давления 50 Па [1/час]	6	6	6	4	4	2
Годовой КПД утилизации тепла на вентиляцию [%]	0	0	0	30	30	50

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЖИЛОЙ РАЙОН VIKKI, ХЕЛЬСИНКИ, ФИНЛЯНДИЯ

Строительство энергоэффективных районов или поселков по сравнению со строительством отдельных демонстрационных энергоэффективных зданий позволяет на принципиально более высоком уровне изучить в реальных условиях энергосберегающие технологии, а также их взаимосвязь с экологическими и социальными условиями.

Архитекторам и инженерам, обычно связанным ограниченными возможностями одного здания, в данном случае предоставляется возможность дать волю своей фантазии и «проиграть» систему энергосберегающих решений с учетом технических и экономических возможностей проекта.

Инициаторы проекта пришли к выводу, что нелегко убедить клиента в необходимости сохранения энергии, т. к. обычно это требует дополнительных затрат. Даже если эти затраты окупятся в 10-летний период, клиенту это кажется слишком долго. Поэтому к новому экспериментальному жилому району Viikki применили новый подход: речь идет не только об экономии энергии, но и об экологическом и социальном аспектах, о долговременности строительства, его влиянии на окружающую среду, т. е. о так называемом жизнеподдерживающем строительстве. Целью строительства демонстрационного жилого района Viikki являлось выявление эффективности энергосберегающих технологий в реальных условиях во взаимосвязи с экологическими и социальными аспектами.

Идея строительства демонстрационных энергоэффективных районов или поселков родилась и развивалась практически одновременно с идеей строительства отдельных демонстрационных энергоэффективных зданий. Достаточно вспомнить поселок Керава в Финляндии или молодежные по-

¹ Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии. Пиия Сормунен, Инженерное бюро Олоф Гранлунд АО, Хельсинки, Финляндия, Инженерно-строительный журнал № 1, 2010, <http://www.engstroy.spb.ru/>.

селки вблизи города Сакраменто (штат Калифорния, США), построенные в конце 70-х – начале 80-х гг. XX в.

Район Viikki (Хельсинки, Финляндия) представлял собой экологически чистую территорию сельского типа площадью 1 132 га, которая частично использовалась для научных и экспериментальных целей Технологическим университетом Хельсинки. Строительство демонстрационного энергоэффективного района осуществлялось в соответствии с программой «Thermie», которая включала в себя девять различных европейских экспериментальных проектов. Руководство финским проектом было возложено на Технологический университет Хельсинки.

На территории экологического района Viikki (см. цв. вклейку) расположен новый университетский район, научно-исследовательский центр, жилой район на 13 000 жителей, научный центр и городская библиотека, общественные службы и коммерческие предприятия.

Проектированию района предшествовал конкурс. Городским советом Хельсинки были разработаны социальные, экологические и энергетические требования, которым должен был отвечать проект:

- создание городской архитектуры, обеспечивающей высокое качество среды обитания людей;
- сохранение окружающей среды;
- создание разнообразных функциональных особенностей жизнедеятельности района;
- экономичность при поддержании жизненного цикла;
- экологические и энергетические требования;
- отказ от использования технологических процессов и источников энергии, загрязняющих окружающую среду;
- сокращение использования природного топлива;
- увеличение объема использования возобновляемых источников энергии;
- повышение качества микроклимата помещений;
- утилизация тепла и повторное использование водных ресурсов.

Таким образом, в основу концепции строительства демонстрационного жилого района Viikki была положена идея не только выявить возможности энергосберегающих технологий, но и идея более высокого уровня: качество окружающей среды оказывает непосредственное влияние на качество нашей жизни как дома, так и на рабочем месте или в общественных местах, составляющих основу современных городов. Это выделение социальных аспектов является признанием того факта, что градостроительство и архитектура должны развиваться на основе как духовных, так и материальных потребностей людей.

Учет местных климатических особенностей. При проектировании района учитывались местные климатические особенности, способствующие

шие повышению комфортности в застройке и снижению энергетической нагрузки на тепло- и энергоснабжение зданий. Ориентация зданий выбиралась так, чтобы максимально можно было использовать тепло и свет солнечной радиации, т. е. ориентация фасадов и большой площади остекления на юг. Размещение галерей для прохода на южной стороне здания улучшало защиту от ветра. Изучалось влияние формы и расположения зданий на ветровые потоки.

Энергоснабжение. Энергоснабжение района обеспечивается комбинацией районного тепло- и электроснабжения Хельсинки и солнечного теплоснабжения. На балконах некоторых многоэтажных домов планируется установка фотоэлектрических панелей.

Системы вентиляции и отопления жилых домов. При проектировании систем отопления и вентиляции жилых домов применялись следующие технические решения, повышающие их энергетическую эффективность:

- использование тепла обратной воды системы теплоснабжения для напольного отопления;
- утилизация тепла удаляемого воздуха;
- индивидуальная механическая вентиляция с утилизацией тепла отдельно для каждой квартиры;
- повышение эффективности систем естественной вентиляции за счет специальной конструкции дефлекторов;
- вентиляция помещений предварительно подогретым наружным воздухом, поступающим через окна специальной конструкции или забираемым из остекленных лоджий;
- использование низкотемпературных отопительных систем;
- использование солнечных коллекторов, подключенных к магистралям горячей воды;
- индивидуальный контроль температуры в каждом помещении.

Для изучения эффективности различных систем вентиляции в сочетании с системами отопления и утилизации тепла солнечной радиации и тепла удаляемого воздуха, жилые дома оборудованы центральными и поквартирными системами механической вентиляции и системами естественной вентиляции. В центральной механической системе вентиляции теплообменник располагается на чердаке здания, в поквартирной – устанавливается в каждой квартире. Часть зданий оборудована системой естественной вентиляции. Приток воздуха осуществляется через специальные приточные устройства в стене, расположенные за отопительными приборами, или через окна со специальным устройством для забора наружного воздуха. Наружный воздух протекает между оконными стеклами и таким образом подогревается. Вытяжка осуществляется через вытяжной канал, оборудованный на конце дефлектором особой конструкции.

Отопление в зданиях – центральное, с подключением к районному теплоснабжению Хельсинки. Отопительные приборы – радиаторы и теплые полы. Солнечные коллекторы в основном используются для приготовления горячей воды. Использование солнечных коллекторов, подключенных к магистралям горячей воды системы централизованного теплоснабжения, обеспечивает экономию энергии на нагрев горячей воды на 61 %.

Теплозащита ограждающих конструкций. В соответствии с повышенными требованиями к теплозащите, ограждающие конструкции выполнены из энергосберегающих материалов с эффективной теплоизоляцией: наружные стены из деревянных элементов, изготовленных в заводских условиях, слоистая фасадная облицовка выполнена с использованием бумаги, сделанной из бумажных отходов. Конструкция пола представляет собой комбинацию системы напольного отопления с сохраняющим тепло бетонным основанием.

Соппротивление теплопередаче ограждающих конструкций:

- наружных стен – $4,76 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$;
- покрытия – $7,7 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$;
- перекрытия 1-го этажа – $5,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$;
- окон – $1,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$.

Использование тепла солнечной радиации для теплоснабжения жилых домов. Система тепло- и энергоснабжения жилого района Viikki, помимо подключения к городским сетям централизованного тепло- и электроснабжения, включает в себя крупнейшую в Финляндии установку по использованию солнечной энергии. При разработке этого проекта были применены новейшие концепции использования солнечной энергии и интеграции солнечных систем в здании.

Система солнечного теплоснабжения состоит из восьми установленных на зданиях солнечных коллекторов общей площадью $1,248 \text{ м}^2$. Эти солнечные нагревательные системы обеспечивают централизованное теплоснабжение и в некоторых случаях производят также обогрев помещений при помощи систем подогрева пола. В жилом районе Viikki демонстрируются новые солнечные комбинированные системы, интеграция коллектора с крышей, системы пассивного использования солнечной радиации, панельное использование систем солнечного обогрева и систем централизованного теплоснабжения, в солнечных коллекторах используются модули большой площади (с размером блока коллектора 10 м^2).

Солнечные коллекторы встроены в конструкцию крыши жилого дома. Эти коллекторы установлены под углом $47\text{--}60^\circ$. Такие углы оптимальны, т. к. они соответствуют наклону солнца осенью, зимой и весной, когда имеется наибольшая потребность в энергии.

Солнечная комбинированная система. Фирма «Fortum» поставила комбинированную солнечную систему горячего водоснабжения и наполь-

ного отопления с площадью солнечных коллекторов 157 м². Солнечная комбинированная система обслуживает группу домов, состоящую из основного четырехэтажного дома с солнечными коллекторами и двух рядом стоящих домов с террасами. Система обслуживает 44 квартиры, в которых проживает около 150 жильцов. Строительство было закончено весной 2000 г.

Экономия энергии в зданиях этой группы достигается следующими мероприятиями:

- повышенное сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций;
- в зданиях установлена механическая вентиляция с поквартирными рекуператорами тепла;
- застекленные лоджии играют роль пассивных солнечных коллекторов;
- приточный воздух механической вентиляции забирается из застекленных лоджий, где предварительно подогревается от солнечной радиации;
- отопление напольное водяное низкотемпературное;
- использование солнечной радиации для горячего водоснабжения и отопления;
- электрооборудование с низким потреблением энергии;
- водоразборное оборудование с экономным расходом воды;
- только две общие сауны вместо индивидуальных саун в каждой квартире, принятых в современном строительстве Финляндии.

Система солнечного теплоснабжения включает 63 высокотемпературных коллектора «Fortums GCV 2,5», два 9 000-литровых аккумуляторных бака, насос, модули управления и необходимые принадлежности.

Она участвует в работе системы напольного отопления, необходимого даже в некоторые холодные летние ночи. Из первого бака подается в основном вода для горячего водоснабжения, в то время как напольное отопление осуществляется из второго бака. Недостающая тепловая энергия берется из сети централизованного теплоснабжения, к которой подключены все жилые дома в районе г. Хельсинки.

Финский институт строительных технологий разработал и осуществил энергетический мониторинг этих зданий. Производились замеры потребления тепла, электричества и воды. Замеры системы солнечного теплоснабжения осуществлялись ежедневно, составлялся ежемесячный отчет (замерялись теплоступления от солнечной радиации, теплопотери в системе, колебания температуры воды в баках-аккумуляторах и так далее). Контроль качества внутреннего воздуха и расхода тепла и воды проводился в четырех разных квартирах. В процессе строительства зданий проводились исследования тепловизорами с целью определения мест утечек тепла через фасады.

По результатам мониторинга, солнечные коллекторы общей площадью 157 м² обеспечивают в среднем 53 000 кВт·ч тепловой энергии в год, что составляет 85 % от ожидаемой величины. Вклад солнечной энергии (по

сравнению с контрольной величиной) в горячее водоснабжение в первый год составил 53 %, во второй – 69 %. Экономия энергии (по сравнению с контрольной величиной) в системе отопления составила: декабрь 2000 г. – 29 %; апрель 2001 г. – 33 %; сентябрь 2001 г. – 57 %; октябрь 2001 г. – 37 %; февраль 2002 г. – 44 %; апрель 2002 г. – 33 %.

Фотоэлектрические панели. На одном из многоквартирных зданий района Viikki под названием установлены фотоэлектрические панели общей площадью 288 м². Жилая площадь здания 1500 м², количество этажей – 6. Техничко-экономическое обоснование для этого проекта, как и для всех проектов Viikki, использующих солнечную радиацию, было сделано независимой финской организацией «Solpros», главной целью которой является внедрение научных достижений в практику с целью развития энергосберегающего и экологического строительства.

Фотоэлектрические батареи установлены на месте ограждения балконов с южной и западной стороны. Батареи объединены в единую сеть. Для мониторинга фотоэлектрических батарей они подключены к сети Интернет в каждой квартире. Это самый крупный проект в Финляндии по установке фотоэлектрических панелей.

Водопровод и канализация. Дома и отдельные площадки подключены к городскому водопроводу и канализационной сети. Жилища оборудованы устройствами экономии воды и отдельными счетчиками расхода воды. Дождевая вода с крыш фильтруется и направляется в резервуары для полива. В малом масштабе применяется разделение и использование сточных вод. Согласно требованиям охраны здоровья, перед повторным использованием сточные воды очищаются. Между домами прокладывается сеть биологических каналов, включающая фильтрационные пруды для сточных вод и резервуары для полива.

Методы снижения расхода воды:

- индивидуальная плата за потребляемую воду;
- санитарно-техническое оборудование, экономящее расход воды;
- использование отдельных счетчиков расхода воды;
- общие сауны и прачечные вместо индивидуальных;
- удаление и повторное использование отходов.

В экологической жилой зоне отходы рассматриваются как вид ресурса, поэтому удаление отходов там заменено на технологию повторного их использования. Повторное использование биологических отходов производится в самой жилой зоне благодаря наличию больших участков, предназначенных для применения компостного гумуса.

Имеется примыкающий к общей площади центр повторного использования отходов всего района площадью 70 м², крытый сборный пункт площадью 25 м² с открытой площадкой площадью 10 м². Отходы сортируются на месте и собираются таким образом, чтобы причинить минимум вреда окружающей среде.

Информационный центр «Korona» в Viikki. Информационный центр «Korona» в Viikki является еще одним интересным примером энергоэффективного и экологического строительства (см. цв. вклейку). Центральную часть здания образуют научная библиотека Хельсинского университета и филиал библиотеки г. Хельсинки. В этом здании располагаются также администрация факультетов и городка, другие вспомогательные университетские службы, а также наиболее важные помещения для преподавания и проведения лекций.

Информационный центр назван «Korona» из-за двойной внешней стены, окружающей круглое здание. Фасад здания оживляется контрастом между внешней стеклянной стеной и неотделанной стеной на заднем плане. Закругленная поверхность стены и меняющееся освещение зимних садов придают зданию большую выразительность, а фасад днем и ночью мерцает как драгоценная корона. Закругленная стеклянная стена, окружающая Информационный центр, имеет определенное экологическое и техническое предназначение. Она служит зданию в качестве своеобразного пальто, сокращающего потери тепла зимой и уменьшающего потребность в охлаждении летом.

По периметру двойной стены расположены три зимних сада: Египетский, Римский и Японский бамбуковый. Эти сады являются местом отдыха, открытым для всех посетителей информационного центра.

Зимние сады, а также пространство между стеклянной стеной и неотделанной стеной, стоящей за ним, служит для забора свежего воздуха системой кондиционирования, причем в разные сезоны забор осуществляется из разных секторов этого пространства [22].

6.3. ПРОЕКТ СОЛНЕЧНОГО ЭКОДОМА ВО ВЛАДИВОСТОКЕ

Технологии возобновляемой энергетики вызывают все больший интерес у потребителей в России. Как известно, около 10 млн человек в стране живет в районах, не охваченных централизованным электроснабжением. В таких районах тепло и электроснабжение осуществляется либо с использованием местных видов топлива, либо за счет завозного топлива. В последнее время потребителей все больше интересует то, что проблему электроснабжения можно решить и за счет использования возобновляемых источников энергии.

Однако масштабы распространения такой информации пока не достаточны для того, чтобы говорить о значительном росте спроса на технологии возобновляемой энергетики со стороны частного потребителя. В такой ситуации очень ценным являются инициативы энтузиастов, которые не только применяют в своих домах различные установки, использующие возобновляемую энергию, но и предпринимают усилия по популяризации возобновляемой энергетики и распространению информации о возможностях и преимуществах использования возобновляемых источников энергии.

Одним из таких энтузиастов является Андрей Нор из Владивостока. В июле 2001 г. он купил частный дом во Владивостоке на улице Полонского. Дом расположен на южном склоне сопки Орлиное гнездо на высоте около 160 м над уровнем моря. Хозяева дома хотели совместить жизнь в центре города с жизнью как можно ближе к природе. Дом расположен в 15 минутах ходьбы от центральной площади, но ветер уносит городской смог, вокруг дома поют певчие птицы и с любой точки участка открывается панорама на большую часть города, на море, на остров Русский и на побережье противоположных сторон Амурского и Уссурийского заливов.

С самого начала планировалось создание образца экоддома в центре города и применить технологии ресурсосбережения:

- использовать чистую природную воду из собственной скважины;
- осуществить хорошую теплоизоляцию дома с использованием экологически чистых материалов;
- обеспечить отопление и горячее водоснабжение от солнечных коллекторов;
- максимально утилизировать бытовые отходы;
- применить в теплице и на участке земли технологии и принципы пермакультуры (по книгам Н. Курдюмова «Умный сад», «Умный огород» и т. п.);
- использовать ветряную электростанцию.

Большая часть из задуманного уже стала реальностью. В 2001 г. была пробурена, оборудована и запущена в работу скважина глубиной 40 м, анализы показали, что вода вполне соответствует всем санитарным нормам для питьевой воды.

В 2002 г. Андрей Нор выиграл грант экологического фонда «ИСАР» по проекту «Солнечная энергия вместо печного дыма». Целью проекта было показать, что технологии солнечного теплоснабжения могут успешно применяться уже в настоящее время даже в городских условиях. Проект оказался успешным, и в 2004 г. был выделен еще один грант, уже на большую сумму.

Много сделано по сбережению тепла, все-таки «теплый дом» – это, скорее, тот дом, в котором тепло хорошо сохраняется, а не тот, который очень сильно отапливается. Дом стоит на склоне, было убрано около 50 м³ земли, и с северной стороны между домом и склоном (как бы «под землей», где температура ниже 5 °С не опускается) была пристроена кладовая, в которой температура почти всегда около +10 °С. А с нижней, южной стороны дома была пристроена теплица; зимой после обеда температура в ней поднимается до +50 °С, и это тепло используется для обогрева дома. Для обогрева также установлены солнечные коллекторы общей площадью около 5 м² производства лаборатории нетрадиционной энергетики Института проблем морских технологий. Незамерзающая жидкость в коллекторах в

солнечный день нагревается до 70 °С, в теплообменнике нагревается вода, дальше вода догревается, при необходимости, в электродкотле и идет на отопление дома. Дом уже не зависит от городских сетей водо- и тепло-снабжения, канализации и вывоза мусора.

Проект существует за счет стороннего финансирования, в планах – привлечение спонсоров, которые хотят сделать известным свое оборудование. Некоторые местные фирмы планируют поставить свою продукцию в экодом для сравнительного исследования их характеристик студентами и преподавателями Дальневосточного государственного технического университета (ДВГТУ).

В 2004 г. построен второй этаж дома в виде прозрачной полусферы диаметром 18 м из сотового поликарбоната для максимального использования солнечного света и тепла. Вечером, при включенном свете, дом виден значительной части города.

Теплица с южной стороны и зимний сад с восточной стороны – неотапливаемые, углубленные в склон сопки кладовка и мастерская находятся в северной части первого этажа, а нетрадиционное архитектурное решение второго этажа служит максимальному поглощению и сохранению солнечного тепла.

В 2004 г. установлена ветроэлектростанция мощностью до 20 кВт. Кафедра охраны природы ДВГТУ осуществила проект биогазовой установки. Биогазовая установка на канализационных стоках вырабатывает газ для кухни и экологически чистое удобрение для приусадебного участка.

Андрей Нор, который является членом совета по экологии при администрации города Владивостока, предлагает создать на базе своего экодома выставку, информационный центр и экспериментальный участок для популяризации экологически чистых и эффективных технологий энергосбережения и возобновляемой энергетики [23].

6.4. ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ ПОЛИТИКА, ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ, ПРОГРАММНАЯ И ФИНАНСОВАЯ СРЕДА

Внедрение нормативных требований в области энергосбережения необходимо сопровождать поддерживающей политикой и программами для повышения энергоэффективности зданий. Их можно условно разделить на три категории:

1. Экономические и рыночные инструменты, подкрепленные законодательными инициативами, включающие в себя добровольные действия, такие, как совместные закупки, заключение договоров на внедрение энергетической эффективности, схемы сертификатов энергоэффективности.

2. Налоговые инструменты и стимулы для оказания поддержки в преодолении первоначальных расходов или сбоев рыночных механизмов, посредством налогообложения, налоговых льгот или сокращения налогов, получения капитальных субсидий, грантов, субсидированных кредитов и налогов на общественные нужды.

3. Поддержка, информирование и добровольные мероприятия, направленные на то, чтобы убедить потребителя изменить свое поведение, посредством повышения осведомленности, проведения информационных кампаний, обучения и подготовки специалистов в области строительства и т. д.

Большинство экономических или рыночных инструментов довольно новы для строительного сектора, поскольку они были введены совсем недавно. В схеме с контрактами на совершенствование энергетической эффективности, подрядчик (как правило, энергосервисные компании) гарантирует экономию энергии в здании или сооружении в течение определенного срока, внедряя энергоэффективные инновации и получая оплату из сумм, сэкономленных на энергетических расходах.

Совместные закупки или технические закупки являются добровольной мерой, в которой государственные или частные лица закупают большое количество энергопотребляющих приборов и оборудования, с тем, чтобы инициировать создание рынка для более эффективной продукции. Поскольку цель состоит в том, чтобы обеспечить коммерческую доступность новых технологий для всех покупателей и создать устойчивый рынок энергоэффективных продуктов, важно выбрать соответствующую продукцию с высоким потенциалом экономии энергии и приемлемую для рынка. Этот процесс включает в себя подготовительную работу, целью которой является определение потребностей и соответствующих спецификаций энергоэффективности, затем сбор предложений от производителей и поставщиков, оценку результатов и коллективное приобретение продукции.

Одним из первых примеров совместной закупки является инициатива 24 муниципальных служб США, при поддержке Агентства охраны окружающей среды, нацеленная на создание конкуренции среди холодильников на 30–50 % более эффективных, чем оборудование стандарта 1993 г.

Многие развивающиеся страны используют схемы совместных или государственных закупок для создания спроса на более эффективные продукты и значительного понижения их рыночной стоимости.

Администрация по производству электричества в Таиланде, например, разместила оптовый заказ на закупку компактных люминесцентных ламп в начале 90-х годов XX в., чем снизила стоимость продукции почти на 50 % и создала большой внутренний рынок для данного продукта.

Сертификаты энергоэффективности, также известные как «белые сертификаты» — это относительно новая политическая мера, которая до сих пор была принята лишь небольшим числом стран по всему миру. Она заключается в обязательстве экономии, налагаемом на поставщиков энерго-

носителей, которые могут выполнить его, требуя мер по повышению энергоэффективности от пользователя, заключая контракты с потенциальными разработчиками проектов, или же через продажу сертификатов энергосбережения, которые выдаются независимыми удостоверяющими органами. Многие из проектов по приобретению сертификатов энергоэффективности осуществлялись в Италии, Франции и Великобритании в бытовом секторе путем улучшения теплоизоляции зданий, внедрения энергоэффективного оборудования и приборов, таких как котлы, осветительные приборы и т. д.

Налоговые инструменты и стимулы включают в себя освобождение от налогов и сокращение налоговых выплат, налоги на энергопотребление и выбросы углерода, сборы на общественные нужды, капитальные субсидии, дотации, субсидирование кредитов и скидок. Налоговые льготы, предоставленные в виде снижения подоходного налога или освобождения от НДС, могут иметь очень большое значение при внедрении энергосберегающих технологий и создания энергоэффективных домов и коммерческих зданий. Для того чтобы быть эффективными, налоговые льготы должны вводиться для продвинутых технологий, где первоначальные затраты являются основным препятствием, и размеры их должны соответствовать достигаемым результатам, кроме того, они должны быть достаточно высокими, чтобы приводить к значительной экономии энергии и финансовых средств. Также определенная гибкость должна проявляться при выборе тех, кому эти льготы будут предоставляться.

Энергетический налог или налог на выбросы углерода во многих европейских странах способствовал внедрению стандартов, а субсидии или инвестиции в повышение энергоэффективности становились более прибыльными. Таким образом, налоги стали эффективным средством сокращения потребления энергии и связанных с ним выбросов парниковых газов.

Хорошо продуманное налогообложение способствует сокращению спроса на энергоносители путем увеличения стоимости энергии для конечного потребителя, во-вторых, налоговые доходы могут быть реинвестированы правительством в сферы, способствующие повышению энергоэффективности. Эти инструменты редко используются в развивающихся странах, где скорее субсидируется стоимость энергии, вместо обложения ее налогом, или же налоговые поступления не направляются непосредственно в инвестиции на повышение энергоэффективности. Заметным исключением из этого является Фонд энергосбережения Таиланда, в котором собираются доходы в размере маргинального налога¹ на нефтепродукты, продаваемые на внутреннем рынке, и использование средств фонда ограничивается только теми мерами, которые направлены на снижение зависимости страны от импорта ископаемого топлива.

¹ Маргинальный налог – приращение, увеличение подоходного налога, налог с дополнительного дохода, превышающего определенный уровень.

Выплаты на общественные нужды являются относительно новым механизмом, и могут рассматриваться как специфическая форма энергетического налога для сбора средств от функционирования энергетического рынка и проведения мероприятий для внедрения энергоэффективности, а также деятельности по управлению энергопотреблением. Компании, предоставляющие коммунальные услуги во многих штатах США и некоторых европейских странах ввели выплаты на общественные нужды, как экономически эффективную меру по сбору средств на осуществление мероприятий по повышению энергоэффективности и ускорению рыночных преобразований. Стратегические мероприятия по управлению энергопотреблением оказались весьма эффективными с точки зрения затрат для электроэнергетических компаний за счет сокращения их пикового спроса на электроэнергию и избегания инвестиций в дорогие электростанции для удовлетворения пиковых потребностей.

Капитальные субсидии, дотации, субсидирование кредитов и возврат инвестиций очень часто используется для повышения эффективности потребления энергии в зданиях. Например, в Великобритании капитальные субсидии предоставляются для тех, кто хочет оснастить свои дома лучшей изоляцией, а в Германии – на приобретение энергоэффективного оборудования, такого, как холодильники. В некоторых странах, для поддержки деятельности энергосервисных компаний используются субсидируемые кредиты. В развивающихся странах, где финансовые ограничения являются одним из самых важных препятствий на пути повышения эффективности использования энергии, субсидии и дотации часто необходимы в качестве стимула для содействия внедрению новых технологий; они также помогают бедным семьям осуществлять инвестиции в повышение энергетической эффективности. Например, программа возврата вложений, введенная на ограниченный период времени в Дании и впоследствии принятая в Таиланде, предоставляющая 30 % возврата вложений на покупку отдельных энергосберегающих приборов и оборудования, оказалась весьма эффективной с точки зрения экономии затрат.

Отсутствие информированности рассматривается как один из основных барьеров для повышения энергоэффективности и инвестиций во внедрение использования возобновляемых источников энергии, особенно в развивающихся странах. Общественные информационно-просветительские кампании направлены на изменение индивидуального поведения, взглядов и ценностей. Они могут включать в себя консультирование граждан через мотивационные кампании в средствах массовой информации, с помощью посвященных этой цели и специализированных «энергетических информационных центров», опросы потребительского мнения, добровольное партнерство с предприятиями, а также специальные мероприятия для целевых участников, через разработку информационно-методических материалов для учителей, школьные мероприятия для детей и т. д.

Например, кампания «Flex your power» («Сделайте энергоснабжение вашего дома более гибким»), которая была проведена губернатором Калифорнии, по сообщениям, привела к сокращению потребления электроэнергии на 6,7 % и в пиковый период на 8,9 %.

Мероприятия по обучению специалистов в области строительства часто сочетаются со стимулирующими мероприятиями: финансовые стимулы для архитекторов, проходящих обучение (Швейцария), гарантия занятости в качестве эксперта энергетики (энергетическая инициатива в Ирландии), предоставление установщикам (монтажникам) возможности приобретения необходимой квалификации для проведения работ по повышению энергоэффективности (Великобритания)¹.

¹ «Экологически безопасный строительный дизайн и проектирование». Справочный документ к практическому семинару на тему «Возможности улучшения энергетической эффективности в Центральной Азии, включая страны СПЕКА», стр. 28-33.

7. РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

7.1. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ПОЛИТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Одной из важнейших задач энергетической политики Республики Беларусь, наряду с устойчивым обеспечением страны энергоносителями, является создание условий для функционирования и развития экономики при максимально эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Достигнутые сегодня результаты в энергетике несколько смягчили, но не устранили кризисные явления в обеспечении страны энергоносителями, так как доля энергоресурсов, добываемых на территории республики (нефть, попутный газ, торф топливный, дрова и пр.) остается на уровне 18 % от общей потребности в ТЭР, что составляет 5,6 млн тонн условного топлива (т у.т.)¹ в год, нереализованный же потенциал энергосбережения оценивается в 30 % от общего потребления ТЭР, что эквивалентно 9,5–10 млн т у.т.

Значение энергосберегающей политики для Беларуси трудно переоценить. В условиях, когда значительная часть республиканского бюджета расходуется на закупку энергоносителей, экономия топливных и энергетических ресурсов является одним из важнейших приоритетов государственной стратегии развития на перспективу. В приложении 2 представлен перечень эффективных направлений энергосбережения в Республике Беларусь.

Энергоресурсы, которые можно сэкономить сегодня, позволят упразднить (или как минимум ослабить) энергетическую зависимость республики завтра.

ПРАВОВЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В Беларуси реализуются республиканская, областные и отраслевые программы энергосбережения. С 1996 г. действует государственная энергосберегающая программа, рассчитанная на период до 2020 г. В рамках отраслевых и региональных программ осуществляются такие направления, как развитие малой и нетрадиционной энергетики, внедрение парогазовых и

¹ Средние калорийные (топливные) эквиваленты для перевода натурального топлива в условное см. в приложении 1.

газотурбинных установок, малых ТЭЦ, использование древесного сырья для получения тепловой энергии и т. д.

Нормативно-правовая сторона энергосберегающей политики регламентируется различными законодательными актами, важнейшими из которых являются закон Республики Беларусь «Об энергосбережении», постановление Совета Министров «О мерах по усилению работы по реализации энергосберегающей политики в Республике Беларусь», Координационная межотраслевая научно-техническая программа по энергосбережению и эффективному использованию местных топливно-энергетических ресурсов и др. (см. приложение 3). Стимулировать работу предприятий в области энергосбережения призваны такие меры, как выдача кредитов субъектам хозяйствования на выполнение энергосберегающих мероприятий, премирование предприятий и организаций за экономию топливно-энергетических ресурсов и применение штрафных санкций за нерациональное использование энергоресурсов. Штрафы поступают в фонд «Энерго- и ресурсосбережение» и расходуются на энергосберегающие нужды.

ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ В БЕЛАРУСИ

По вполне понятным причинам приоритет отдается мероприятиям, которые окупаются в течение двух-трех лет. К ним относятся такие направления, как внедрение энергосберегающих материалов, технологий и оборудования, в том числе группового и индивидуального учета и регулирования топливно-энергетических и водных ресурсов, перевод котельных на сжигание отходов производства и других дешевых видов топлива, прокладка теплотрасс из предварительно изолированных трубопроводов, внедрение автоматически управляемых систем освещения и энергоэффективных осветительных устройств, использование нетрадиционных, возобновляемых и вторичных источников энергии и т. д.

Работа по увеличению объемов использования местных видов топлива, отходов производства, биомассы, вторичных энергоресурсов и других нетрадиционных источников энергии уже принесла весомые результаты. Так, доля таких «неимпортируемых» энергетических ресурсов составила 4,9 млн т у.т., или 18 % от общего объема энергоресурсов, потребляемых республикой. В скором времени по предварительным подсчетам специалистов, объем энергоресурсов местного происхождения увеличится еще на 250–300 тыс. т у.т.

Финансирование наиболее значимых энергосберегающих мероприятий ведется за счет средств инновационного фонда «Белэнерго», отраслевых инновационных фондов, государственного бюджета, республиканского фонда «Энергосбережение» и собственных средств предприятий.

Что касается пилотных и демонстрационных проектов, то хотелось бы отметить один из них – инвестиционный проект «Энергосберегающие мероприятия в социальной сфере», который будет осуществляться при под-

держке Всемирного банка. В рамках данного проекта будет охвачено 40 объектов: школы, детские сады, больницы, амбулатории. В этих зданиях предполагается внедрить энергоэффективные системы освещения, заменить существующие окна на окна со стеклопакетами, утеплить ограждающие стены и т. д. Будут привлечены подрядные организации, которые выполнят работы по энергосберегающей реконструкции объектов.

Пропаганда и распространение передового опыта в области энергосбережения осуществляются и на других объектах, расположенных в так называемых демонстрационных зонах – в городах Заславль, Лида, Хотимск, Лельчицы, на предприятии «БелОМО».

Повышение эффективности использования тепловой энергии и топлива в котельных на примере г. Сенно

В г. Сенно сложилось крайне неблагоприятное положение с теплоснабжением в центральной части города. Существующая котельная, оборудованная малоэффективными, морально и физически устаревшими котлами, не обеспечивала гарантированного теплоснабжения потребителей [24].

Ее оборудование, из-за низкого КПД приводило к перерасходу дорогостоящего топочного мазута. Из-за низкой организации работ на топливном хранилище была создана аварийная экологическая обстановка за счет периодического разлива мазута по территории прилегающего жилого квартала.

Котельная, кроме того, работала без обеспечения нормативного качества исходной воды по содержанию железа и солей жесткости, что приводило к крайнему износу и засорению оборудования, тепловых сетей и систем отопления и горячего водоснабжения потребителей тепла. Перерасход топлива по сравнению с нормативными потребностями составлял не менее 20 %, в натуральном выражении – до 1,3 тыс. т у.т. в год (до 60 тыс. у.е. только по топливной составляющей себестоимости). Все это оказывало вредное влияние на здоровье жителей г. Сенно. Проектные решения по реконструкции котельной были направлены на ликвидацию этих недостатков. Перед началом проектирования был проведен технико-экономический расчет 5 вариантов реконструкции котельной в части выбора основного котельного оборудования, включая и импортное.

В результате принято решение по установке шести котлов отечественного производства типа ВА-3000 производительностью по 2,9 МВт. Общая теплопроизводительность котельной составила 18,2 МВт, что обеспечило надежное теплоснабжение потребителей г. Сенно. КПД котлов составляет приблизительно 92 %. Жаротрубные, работающие под наддувом, т. е. без дымососов, котлы обеспечивают экономию электроэнергии до 150 тыс. кВт в год.

Кроме того, для экономии расхода электроэнергии на вентиляторах поддува, институтом разработан экспериментальный проект многоканальной лепестковой дымовой трубы, которая обеспечивает повышенную надежность совместной работы котлов «под наддувом». Экономия за счет

экспериментальной конструкции дымовой трубы составит в условиях г. Сенно 50 тыс. кВт·ч электроэнергии в год.

Проектом разработано решение по защите близлежащей жилой застройки от экологических загрязнений. Для этого выполнено обвалование резервуаров мазута, ликвидированы существующие аварийные емкости, решен локальный сбор и отвод загрязненных стоков.

Улучшена экологическая обстановка в атмосфере за счет ликвидации многочисленных дыхательных клапанов демонтируемых резервуаров мазута и снижения скорости выбросов в атмосферу загрязняющих веществ в экспериментальной лепестковой дымовой трубе. Проектом разработаны и внедрены мероприятия по энергосбережению за счет очистки и утилизации тепла конденсата, применения модулей беспарового подогрева мазута, организации поагрегатного учета и общего учета вырабатываемого тепла и сжигаемого топлива. Проектные решения в целом получили положительное заключение экологической экспертизы Министерства охраны природы и Главэкспертизы Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь и рекомендованы к утверждению

Автоматизированная система управления технологическими процессами теплоснабжения г. Сенно (АСУ ТП «Теплоснабжение»), автоматизированная система анализа водопроводных сетей и сооружений, автоматизированная система контроля и управления водоснабжением (АСУ «Водоснабжение»), предназначена для комплексной автоматизации и диспетчеризации центральной котельной и тепловых пунктов жилых домов. Она представляет собой двухуровневый аппаратно-программный комплекс, построенный на базе современной микропроцессорной управляющей и вычислительной техники, средств связи, приборов и средств автоматизации. Эта система состоит из операторской станции, управляющих устройств котельной, управляющих устройств и систем тепловых пунктов, местных пультов управления горелками котлов и насосным оборудованием, приборов, датчиков и исполнительных механизмов. Объект управления представляет собой центральную котельную и тепловые пункты жилых домов. На центральной котельной установлено пять водогрейных котлов ВА-3000, работающих на мазуте по температурному графику горячего водоснабжения. Тепловые пункты домов обеспечивают подогрев воды и отопление жилых помещений теплоносителем, поступающим из котельной.

Задача оптимального управления теплоснабжением города заключается в производстве тепловой энергии с минимальными эксплуатационными затратами при максимальном удовлетворении требований потребителя к горячей воде и отоплению.

Основными показателями работы котельной является минимальный расход топлива при соблюдении температурного графика теплоносителя.

При этом минимальный расход топлива определяется автоматически по нагрузочным характеристикам котлов и горелок на основании измере-

ния текущей тепловой мощности котлов. Кроме того, поддерживается температурный режим котлов, позволяющий работать с максимальным КПД. Решение проблем стабилизации параметров технологического процесса связано с использованием автоматических регуляторов. Традиционное использование электронных регуляторов не позволяет эффективно решать эти проблемы, так как требуется совместное их использование в процессе регулирования, что в принципе невозможно. В связи с этим, электронные регуляторы заменены на программные, более эффективные в данном применении и обладающие максимальной надежностью в эксплуатации. Кроме того, эффективно решены задачи оперативного контроля и управления параметрами технологического процесса. Обеспечена регистрация и учет всех параметров технологического процесса и действий оператора. В удобном для пользователя виде отображается состояние технологического оборудования и процесса. Обеспечен контроль и защита энергоемкого оборудования. Представленная система работает совместно с установленными на тепловых пунктах системами автоматического регулирования температуры горячей воды и пофасадного регулирования температуры в жилых помещениях («РТ2» и «РТ3» – разработка ОАО «НП ОКБ машиностроения», г. Витебск) и теплосчетчиком «ЭЛСИ-2000». Связь между тепловыми пунктами и диспетчерской станцией осуществляется по коммутируемой телефонной линии. Коммуникационное устройство и программное обеспечение разработано и изготовлено ООО «Спуртавтоматизация» (г. Минск).

Впервые обеспечено дистанционное программирование систем «РТ2» и «РТ3». Система позволяет оператору диспетчерского пункта управления наблюдать и автоматически регистрировать температуру в жилых помещениях, температуру теплоносителя и горячей воды, расходуемую тепловую мощность и ряд других параметров технологического процесса, а также оперативно изменять при необходимости температурный график в контролируемых жилых помещениях каждого дома. При этом автоматически изменяются технологические параметры работы котельной. Таким образом, данная система позволяет за счет своих функциональных возможностей получить значительную экономию топлива при производстве и потреблении тепловой энергии. АСУ ТП «Теплоснабжение» способна к расширению и развитию и является типовой для значительного количества объектов управления.

Теория автоматизированной системы анализа водопроводных сетей и сооружений достаточно разработана. Имеются методы и методики моделирования и расчета водопроводных сетей и сооружений любой сложности и необходимое программное обеспечение.

Применение на практике современных методов анализа водопроводных сетей в реальном масштабе времени сдерживалось отсутствием (в требуемом количестве и по доступным ценам) эффективных приборов, автоматически регистрирующих давление и расход воды.

Такой прибор, «АРД-1», для автоматической регистрации давления разработан и изготовлен ООО «Спуртавтоматизация» на основе договора о научно-техническом сотрудничестве с управлением «Минскводопровода».

«АРД-1» прошел испытания, опытную эксплуатацию, и в настоящее время осуществляется изготовление этих приборов.

Применение «АРД-1» для автоматизации анализа водопроводных сетей и сооружений имеет несколько назначений. Во-первых, определяется состояние водопроводных сетей, то есть определяются места утечек воды, потери и превышения ее напора и т. п. Во-вторых, определяются взаимное влияние скважин на работу системы водоснабжения, реальные графики изменения давления в контролируемых точках сети и т. п. Все эти данные позволяют определить требования к автоматизированной системе контроля и управления систем водоснабжения города.

Реконструкция систем водоснабжения, особенно малых городов, должна начинаться с анализа существующей водопроводной сети и сооружений. Результатами анализа являются мероприятия по устранению недостатков и задания на проектирование. Это позволит сэкономить заказчику значительные средства на проектирование и капитальное строительство, создать эффективную систему автоматизированного управления и контроля за водоснабжением города.

Созданные технические средства и программное обеспечение может быть в одинаковой степени использовано и для анализа тепловых и других видов сетей. АСУ «Водоснабжение» предназначена для автоматизации технологического и диспетчерского управления систем водоснабжения малых городов. Она представляет собой распределенную двухуровневую систему, построенную на базе современной микропроцессорной управляющей и вычислительной техники, средств связи, приборов и средств автоматизации и состоит из операторской станции, устройств автоматического управления и регулирования, координирующего управляющего устройства, местных пультов управления, приборов, датчиков и исполнительных механизмов.

Внедрение энергосберегающих технологий на белорусском оптико-механическом объединении «ГП Минский механический завод им. С.И. Вавилова» (БелОМО)

Основные направления энергосбережения по предприятию включают внедрение новых или совершенствование существующих технологий, оборудования и материалов, внедрение приборов и систем контроля, регулирования и управления процессами и установками и использование вторичных энергоресурсов и горючих отходов производства [25].

Первое направление – это внедрение новых лакокрасочных материалов, обеспечивающих снижение расхода электроэнергии при сушке, обезжиривание деталей в гальваническом производстве новой обезжириваю-

шей добавкой по ТУ 36-151-506-91 при сниженных температурных параметрах раствора, перевод изготовления ряда деталей на специализированные предприятия в рамках кооперации, внедрение многоместной литейной и групповой оснастки, многошпиндельных агрегатов сверлильных головок, новой энергосберегающей камеры для сушки деталей после окраски, автономного компрессора производительностью 9 м³/мин для работы в 2 и 3 смены и нового энергосберегающего технологического оборудования в механообрабатывающем производстве, а также экономия тепла за счет использования автономной системы обогрева инфракрасными излучателями для обеспечения технологической температуры на участках полировки и точной оптики и создание автономной системы разогрева полировального инструмента в оптическом производстве.

На одном из участков гальванического цеха, где применены энергосберегающие технологии, используется такое новшество, как уменьшение зеркала испарения от гальванической ванны. С величиной зеркала испарения связаны параметры вытяжной вентиляции. Вредность атмосферы гальванопроизводства известна. Необходима постоянная подача воздуха – приточная вентиляция. Это связано с теплоснабжением, в конце концов, с энергоснабжением. Уменьшение же зеркала испарения позволяет намного уменьшить требуемые параметры вытяжки. Соответственно уменьшается приток, что позволяет экономить до 40 % электрической и тепловой энергии. Использование же частотных преобразователей на вентиляционных установках ведет к тому, что уменьшение объема расхода воздуха в зависимости от режима работы ванн позволяет снизить нагрузку на вентилятор – работу электродвигателя оказывается возможным программировать, планируется, работая по данному направлению, сэкономить 917,5 т у.т.

Работа по второму направлению включает установку приборов технического учета расхода горячей воды в одном из цехов и на центральный тепловой пункт (ЦТП) завода, оснащение насосов оборотного водоснабжения частотными преобразователями, а также внедрение централизованной системы учета электроэнергии и системы автоматического регулирования расхода тепла в приточных камерах завода. Экономия тепловой энергии, идущей на отопление, осуществляется за счет использования системы автоматического регулирования и учета расхода тепла. Экономия при работе по данному направлению должна составить 616,7 т у.т.

Реализация задач третьего направления возможна за счет установки энергосберегающих пластинчатых бойлеров на ЦТП и теплового насоса для утилизации вторичных тепловых выбросов на станции оборотного водоснабжения. Экономия горячей воды на промывочном участке оптического производства также достигается за счет установки теплового насоса.

Прочие мероприятия (уменьшение площади оконных проемов на трех этажах одного из корпусов, внедрение автономной мойки легковых машин с замкнутым циклом по горячей воде, модернизация освещения завода, замена

устаревших светильников на современные энергосберегающие, а также ремонт запорной арматуры в сетях сжатого воздуха, теплоизоляции и сетей теплоснабжения) должны обеспечить экономию 150,1 т у.т.

Итого планируется сберечь 1 066,14 т у.т., а в дальнейшем – 2 060,5 т у.т.

В настоящее время важный раздел номенклатурного перечня выпускаемой «БелОМО» продукции представляет собой производство светильников, предназначенных для локального и общего освещения помещений самого разнообразного профиля – жилья, офисов, цехов, магазинов. Использование в светильниках компактных люминесцентных и галогенных ламп сообщает данным электроприборам энергосберегающие свойства. Так, за счет применения галогенных ламп мощностью 20 Вт, характеризующихся интенсивным световым потоком, возможно снижение потребления электроэнергии галогенными настенными и потолочными светильниками, а также встраиваемыми светильниками в 2–2,5 раза. Встраиваемые декоративные светильники оснащены компактными люминесцентными лампами, что позволяет беречь энергии в 4–5 раз больше, чем при использовании обычных ламп накаливания. Потолочные и настенные люминесцентные светильники укомплектованы электронными пускорегулирующими аппаратами, что дает по сравнению с использованием электромагнитных пускорегулирующих аппаратов экономию электроэнергии, достигающую 30 %. По сравнению же с обычными лампами накаливания экономия шестикратная.

ГП «Белэнергосбережение» предлагает свои услуги в области энергоаудита предприятий с целью выявления резервов экономии ТЭР, проектирования объектов с применением энергосберегающих решений и поставки соответствующего оборудования, разработки удельных норм потребления ТЭР, проведения экспертиз проектов в области их соответствия современным нормам потребления.

Группа «Термоблок» объединяет ряд предприятий, которые выполняют разработку и изготовление теплоэнергосберегающего оборудования, насосов, арматуры и блочных тепловых пунктов, проектирование, монтаж, наладку, гарантийное и сервисное обслуживание тепловых пунктов и систем теплоснабжения. Предприятия группы «Термоблок» принимают непосредственное участие в реализации программы «Энергосбережение» Госкомэнергосбережения Республики Беларусь.

Применение систем теплообеспечения с использованием выпускаемого группой оборудования позволяет снизить потребление тепла в производственных и административных зданиях на 37 %, жилых – на 12 %.

Белорусско-германское совместное предприятие «Термо-К» является разработчиком и производителем теплосчетчиков и регуляторов потребления тепловой энергии и предлагает современные микропроцессорные счетчики ТЭРМ-02 для учета потребления тепла в жилых домах, а также на промышленных и административно-бытовых объектах, имеющих открытые и закрытые системы теплоснабжения и горячее водоснабжение.

Энергосберегающие технологии в строительстве на пути к повышению теплозащиты зданий на примере АО «Забудова»

Энергосбережение с каждым годом становится все более актуальной проблемой. Ограниченность энергетических ресурсов, высокая стоимость энергии, негативное влияние на окружающую среду, связанное с ее производством, – все эти факторы невольно наводят на мысль, что более разумно снижать потребление энергии, нежели постоянно увеличивать ее производство, а значит, и количество проблем. Во всем мире уже давно ведется поиск путей уменьшения энергопотребления за счет его рационального использования. Несколько лет назад и в Беларуси началось формирование такого понятия, как энергосберегающая политика.

Одним из самых активных потребителей энергии в нашей стране является строительный комплекс. Как показывает опыт, возможностей экономии энергии в данной сфере великое множество. Одна из наиболее действенных – энергосберегающие технологии в строительстве.

Известно, что построенные за последние 30 лет здания имеют низкую энергоэффективность. Наибольшие теплопотери происходят через ограждающие конструкции, имеющие крайне низкие показатели сопротивления теплопередаче. С 1994 г. на территории Беларуси действуют новые нормативы, в соответствии с которыми сопротивление теплопередаче увеличилось вдвое.

Важным направлением экономии энергоресурсов при эксплуатации зданий являются разработка и совершенствование объемно-планировочных решений.

Немаловажно и такое направление, как разработка более эффективных конструктивных решений наружных стен зданий. В настоящее время в республике практически завершена работа по переводу предприятий на выпуск трехслойных ограждающих конструкций, разрабатываются многослойные конструкции из штучных материалов.

Значительная экономия топлива может быть достигнута при повышении теплозащитных качеств мелкоштучных стеновых материалов. Например, увеличение пустотности кирпича до 45–55 % позволит снизить затраты на отопление на 30–40 %.

В Германии при проведении обследования жилого фонда все дома были разделены на 10 групп в зависимости от их конструктивных и планировочных решений, степени износа и т. д. Для каждого типа домов была предложена система мероприятий, после осуществления, которых энергозатраты снизятся на 50 %. Естественно, для осуществления такой программы нужны немалые средства. Но если в Беларуси находятся деньги на оплату импортируемых энергоресурсов, то должны быть найдены деньги и на энергосбережение.

Средства, сэкономленные благодаря рациональному использованию энергии, нужно направлять на дальнейшие энергосберегающие меры (то есть работать по принципу реинвестиций).

Одной из основных ошибок, приводящих к огромным потерям энергии, является то, что ответственность лежит на плечах государства, полностью освобождая частного потребителя от необходимости экономии. Цены на энергию для частных потребителей значительно занижены, что приводит к нерациональному ее использованию, поскольку люди не осознают истинной стоимости энергии. Для избежания этой ошибки нужно установить в каждом доме, каждой квартире индивидуальные приборы учета и контроля энергопотребления. Тогда появится стимул к экономии.

Для предприятий, в настоящее время оплачивающих энергию по повышенным ценам, необходимо обеспечить возможность ипотечного кредитования. Для внедрения энергосберегающих технологий производства, проведения работ по санации и т. д. любое предприятие должно иметь возможность получить кредит. Самая серьезная проблема на этом пути – инфляция.

Основные технические проблемы, влияющие на энергопотребление: плохая теплоизоляция зданий, устаревшие тепловые сети, неэффективность систем отопления и освещения, большой расход энергии домашними бытовыми приборами, а также большое потребление тепловой энергии городским транспортом. Существуют также препятствия организационного и информационного характера. Среди них – проблема финансирования мер по модернизации и санации зданий, недостаточное внимание к аспектам энергосбережения при градостроительстве и принятии архитектурных решений, отсутствие расчета энергозатрат для каждой отдельной семьи на основании ее индивидуального потребления, невозможность влиять на потребителя.

Деформированная система ценообразования (цены на энергию для предприятий существенно выше, чем для граждан) и форм расчета тормозит использование высокого потенциала энергосбережения. Субсидирование цен на энергию приводит к неразумному ее потреблению (становится бессмысленным устанавливать довольно дорогие приборы по регулированию потребления тепловой энергии и газа, поскольку тарифы на тепло и газ ориентированы на жилую площадь, а не на реальное потребление энергии).

Возможные меры, способные изменить ситуацию: улучшение теплоизоляции зданий, расширение сети газопроводов и увеличение мощности ТЭЦ, интенсивное введение счетчиков газа и тепла в домах.

В сфере ценообразования необходимы расчеты цен на энергию в соответствии с реальными расходами, заявленное динамичное повышение цен, создание тарифной системы для всех сетевых энергоносителей, введение основного потребительского уровня (т. е. сохранение дотаций на потребление энергии до определенного уровня).

Представляют интерес данные о выпускаемых АО «Забудова» материалах и изделиях, таких как мелкие ячеистобетонные блоки и перегородки, сухие строительные растворы, цементно-песчаная черепица. В микрорайоне Большая Слепянка (г. Минск) в рамках государственной «Программы организации строительства экономичного усадебного жилья» завершается экспериментальное строительство первой очереди малоэтажных

жилых домов из энергоэффективных материалов, изделий и конструкций, производимых на предприятиях домостроительного комбината АО «Забудова». На втором этапе экспериментального строительства наряду с домами из ячеистобетонных ограждающих конструкций и материалов с повышенным сопротивлением теплопередаче планируется строительство пассивных домов, предложенных ГП «Институт жилища – НИПТИС им. С.С. Атаева», и домов с применением соломы в качестве стен, разработанных Белорусским отделением Международной академии экологии [26].

Для решения государственной программы жилищного строительства Республики Беларусь необходимо сконцентрировать усилия специалистов научно-исследовательских, проектных и производственных организаций, а также производителей энергоэффективных строительных материалов, изделий и конструкций.

Необходимо ускорение разработки, и осуществление комплекса мер в строительной отрасли, возведение энергоэффективных зданий, создание экономичного инженерного оборудования, использование нетрадиционных источников энергии, а также проведение тепловой санации и преобразование существующего жилого фонда Республики Беларусь.

Строительство мультикомфортного дома в г. Дзержинске

Концепция «Мультикомфортный дом “Isover”» получила свое развитие в 2005 г. (см. цв. вклейку). В ее основу заложены стандарты пассивного дома, разработанные в Германии еще в 90-х гг. XX в. и полностью оправдавшие свою экономическую, энергетическую и экологическую состоятельность в настоящее время. Мультикомфортный дом «Isover» соответствует самым высоким требованиям по акустике и звукоизоляции, чистоте воздуха и противопожарным характеристикам.

На 14-й Международной конференции по пассивным домам в г. Дрездене компания «Isover» получила сертификат Института пассивного дома г. Дармштадта на конструкцию мультикомфортного дома. Сертификат сотрудникам компании «Isover» вручил директор Института пассивного дома Вольфганг Файст.

Мультикомфортный дом «Isover» – это дом, который

- минимально потребляет энергоресурсы;
- обеспечивает здоровый микроклимат;
- экологически безопасен для окружающей среды.

Основным критерием пассивного дома является удельный расход тепловой энергии на отопление, который не должен превышать 15 кВт·ч/м² в год (кВт·ч/м² энергозависимой площади в год). А общее потребление первичной энергии для всех бытовых нужд (отопление, горячая вода и электрическая энергия) не должно превышать 120 кВт·ч/м² в год.

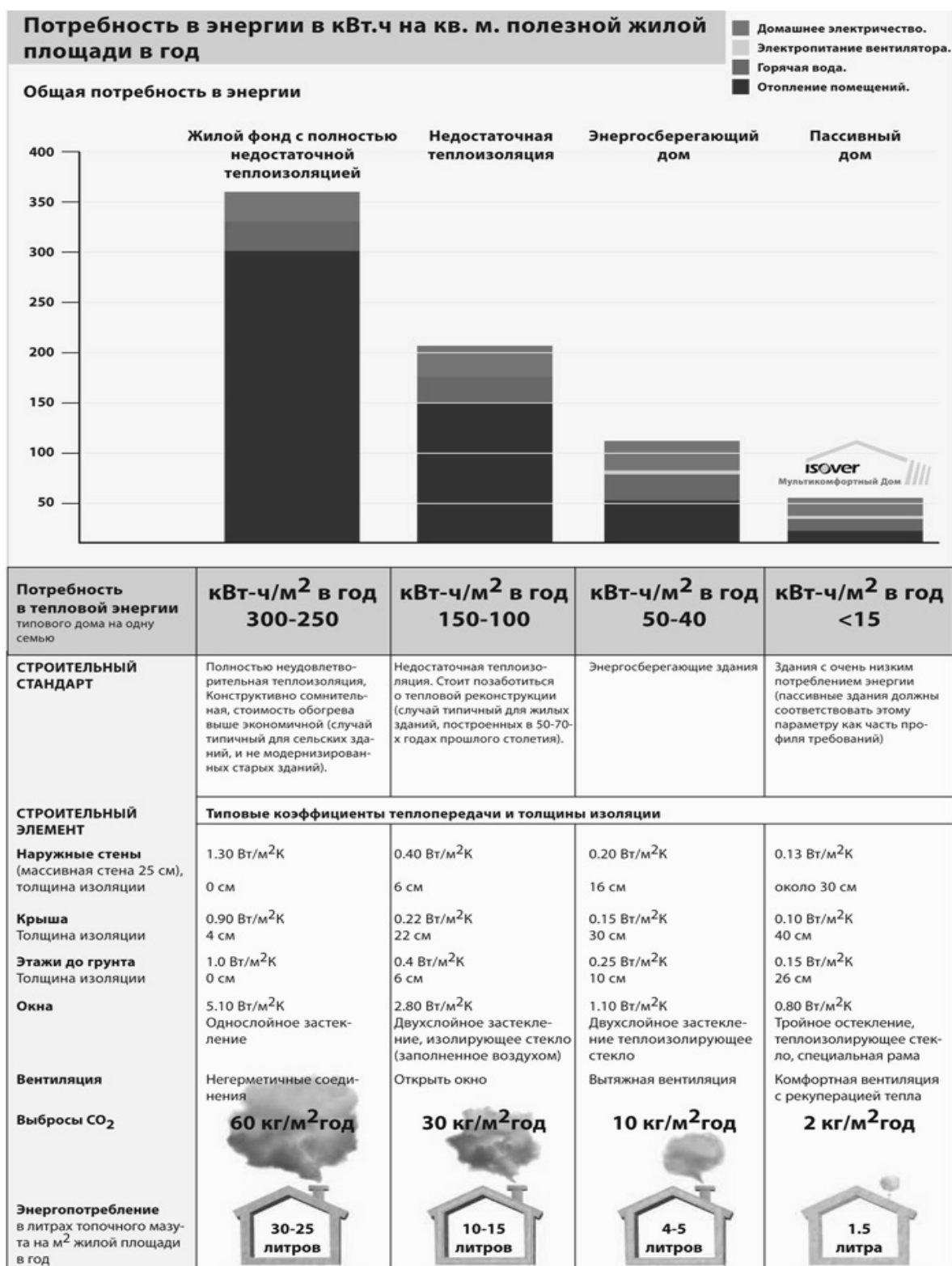


Рис. 31. Сравнительная потребность в энергии [27]

Концепцию «Мультикомфортный дом “Isover”» можно описать при помощи трех основных характеристик.

1. Энергоэффективность:

- удельный расход тепловой энергии на отопление менее 25 кВт·ч/м² в год или 2,5 м³ природного газа/м² в год.

Удельный расход тепловой энергии на отопление мультикомфортного дома $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, т. е. для того, чтобы отопить дом, понадобится $1,5 \text{ м}^3$ газа или 1,5 литра жидкого топлива на 1 м^2 отапливаемой площади.

За отопление коттеджа в стандарте «Мультикомфортный дом «Isover»», площадью 200 м^2 придется заплатить всего лишь за 300 м^3 газа в отопительный сезон. В то время как в традиционном коттедже аналогичной площади потребуется $1\,000\text{--}3\,000 \text{ м}^3$ на отопление.

Сейчас в Беларуси в среднем строятся дома с удельным расходом тепловой энергии на отопление в $100\text{--}110 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год, в «хрущевках» он достигает $250 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год и более.

Изменением № 1 в ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника» внесен пункт 5.15, который гласит:

«При проектировании наружных ограждающих конструкций вновь строящихся жилых и общественных зданий должен быть обеспечен годовой удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию:

- $110 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год для малоэтажных зданий и коттеджей при естественной вентиляции;
- $90 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год для малоэтажных зданий и коттеджей с механическим побуждением и рекуперацией тепла вентиляционных выбросов;
- $60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год для многоэтажных зданий и зданий средней этажности при естественной вентиляции;
- $40 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год для многоэтажных зданий и зданий средней этажности при приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией тепла вентиляционных выбросов».

$15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год – показатель, который достигнут в мультикомфортном доме при приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией тепла вентиляционных выбросов.

Согласно Директиве парламента ЕС от 19 мая 2010 г.¹ до 31 декабря 2020 г., все новые здания в ЕС должны быть нулевого или почти нулевого энергопотребления.

2. Микроклимат:

- приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла обеспечивает чистый воздух комфортной температуры круглый год;
- превосходная акустика достигается за счет применения теплозвукоизоляционных материалов «Isover» и качественных окон.

Зимой и летом температура внутри мультикомфортного дома «Isover» $20\text{--}23 \text{ }^\circ\text{C}$. Научно доказано, что это – оптимальный диапазон температур как для комфортного проживания, так и для плодотворной работы.

Постоянный приток фильтрованного свежего воздуха, свободного от пыли, пыльцы растений и аэрозолей, гарантирует его высокое качество. Одновременно удаляется тяжелый отработанный воздух.

¹ Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council.

Мультикомфортный дом Isover также гарантирует оптимальное звукопоглощение и превосходную акустику во всех помещениях.

3. Экология:

- выделение CO₂ не более 3 т/год;
- применение эконейтральных строительных материалов;
- использование возобновляемых источников энергии.

Выбросы CO₂ мультикомфортным домом составляют всего лишь 2 кг/м² в год, по сравнению с 10–60 кг/м² в год современными зданиями.

Отдав предпочтение мультикомфортному дому, мы вносим вклад в снижение экологического следа человечества (ecological footprint), который составляет на 2010 г. 150 %, т.е. нам уже необходимо 1,5 планеты Земля, чтобы жить дальше с тем же уровнем потребностей и потребления.

Мультикомфортный дом – это дом не будущего, а настоящего. Такие дома уже существуют, и в них созданы наиболее комфортные условия для проживания. Так, компания «Сен-Гобен Строительная Продукция Белрус» совместно с партнерами начала реализацию 1-го мультикомфортного дома в Беларуси (г. Дзержинск). Цель проекта заключается в том, чтобы построить пилотный проект односемейного жилого дома низкого энергопотребления в условиях Республики Беларусь и наладить его серийное производство.

Все строительные работы выполняются организацией заказчика ООО «Современный каркасный дом». Монтаж инженерных систем производится компаниями-партнерами. Архитектором данного строительства является Александр Кучерявый. С эстетической точки зрения ставилась задача тактично вписать новое высокотехнологическое строение в контекст среды, сложившейся в этом месте. Для чего был проведен анализ окружения и выявлены доминирующие факторы, которые и легли в основу образа дома:

- традиционная архитектура сельского жилого дома;
- белорусский орнамент;
- местность, располагающая к использованию энергии ветра.

Орнамент главного западного фасада олицетворяет собой Солнце, что отражает суть дома, который спроектирован для максимального использования и сохранения солнечной энергии.

Первоначальное название местности – Крутогорье – указывает на особенности рельефа и подтверждается расположением в данном районе самой высокой точки Беларуси – Дзержинской (Святой) горы (345 м над уровнем моря). Данное обстоятельство делает возможным эффективное использование энергии ветра и интеграции геликоидной вертикально-осевой ветроустановки в данный объект.

7.2. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНИКАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Строительная отрасль, которая потребляет более 10 % энергоресурсов республики, является одной из наиболее энергоемких в Беларуси. Жилищно-коммунальное хозяйство потребляет до 38 % тепловой и около 26 % электрической энергии.

В производстве строительных материалов, по мнению специалистов, наиболее высок удельный вес энергозатрат в себестоимости продукции. Так, при производстве цемента доля энергоресурсов составляет 56 %, извести – 49 %, керамического кирпича – 28,7–53 %, силикатных стеновых материалов – 11,2–37,7 %. На различных предприятиях составляющая энергоресурсов в материалах меняется, и это зависит от применения энергосберегающих технологий. Анализ показывает, что энергозатраты в республике велики – намного выше, чем в других странах [28].

Какие же меры предлагает принять белорусская строительная наука? Снижение энергозатрат на производство строительных материалов можно обеспечить за счет выполнения следующих мероприятий.

Ученые ГП «Институт НИИСМ», РУП «Институт БелНИИС», ГП «Институт жилища – НИПТИС им. С.С. Атаева» и других центров считают, что одним из путей экономии ТЭР в производстве цемента и извести по мокрому способу является снижение влажности шлама. В настоящее время влажность цементного шлама колеблется от 44–47 % на АО «Красносельскцемент», до 39–40 % на ПО «Кричевцементношифер». Соответственно расход ТЭР на обжиг клинкера составляет 241,7 кг у.т./т на ПО «Кричевцементношифер» и 269,0 кг у.т./т на АО «Красносельскцемент». Затраты топлива на обжиг 1 тонны клинкера по сухому способу на 70–80 кг ниже, чем по мокрому. Аналогичные результаты могут быть достигнуты при обжиге извести по сухому способу. Затраты ТЭР составят 200–210 кг у.т./т по сравнению 288,6 кг у.т./т в настоящее время [28].

В области теплоизоляционных материалов предлагается создать производство теплоизоляционных плит из минеральной ваты на неорганическом связующем. Такая технология разработана ГП «НИИСМ» по способу гидромасс с применением местных сырьевых материалов и неорганического связующего. Технология позволяет получать плиты марки 100 с физико-механическими свойствами, сопоставимыми с плитами марки 175–200, полученными по сухому способу. Это предполагает снижение энергозатрат на 35 %. Для марки 100 по мокрому способу они составляют 119 кг у.т./м³ (топливо + электроэнергия), для марки 175–200 по сухому способу, выпускаемых в настоящее время, расход топлива – 158 кг у.т./м³.

Исследования показали, что при производстве керамических стеновых материалов предприятия, оснащенные туннельными печами с шириной ка-

нала 4,7 м в цельнометаллическом корпусе, имеют самые низкие расходы топлива на тысячу штук кирпича. Это Минский завод строительных материалов – 184 кг у.т./1 000 шт. усл. кирпича и Радошковичский кирпичный завод – 175 у.т./1 000 шт. усл. кирпича. В среднем же по подотрасли расход топлива составляет 254 кг у.т./1 000 шт. усл. кирпича. Значительная экономия энергоресурсов может быть достигнута при использовании теплообменных устройств для утилизации тепла отходящих газов туннельных печей. Резервы экономии энергоресурсов заложены в технологии производства – в снижении формовочной влажности изделий, повышении пустотности керамического кирпича.

Снижения затрат топлива и энергии при производстве только перечисленных выше строительных материалов можно достичь, внедряя новые технологии, новое оборудование, тепловые агрегаты. Это связано с крупными капитальными вложениями. В ходе проводимой выставки по энерго- и ресурсосбережению найти таких инвесторов невозможно. Эта проблема решается на уровне правительства, министерств и других органов центрального управления. Вместе с тем проведение в ходе выставки международного симпозиума по проблемам энергосбережения с приглашением потенциальных инвесторов, возможно, поможет сдвинуть эту проблему с мертвой точки.

Применяемые ныне полносборные конструктивные системы и возводимые здания из кирпича высотой более 5 этажей являются материалоемкими и потребляют значительное количество энергоресурсов. При переходе на строительство жилых домов нового поколения, проекты которых разработаны учеными, возможно снижение их удельной материалоемкости и, соответственно, энергозатрат. Если в расчете на 1 м² общей площади жилья удельные энергозатраты составляют 284 кг у.т., то они могут сократиться до 194 кг, то есть уменьшатся в 1,47 раза. В целом при возведении до 2020 г. предусмотренных объемов зданий нового поколения снижение совокупных энергозатрат может составить около 8 650 тыс. т у.т. Новые требования, предъявляемые к термическому сопротивлению ограждающих конструкций, позволяют уже сегодня проектировать и строить здания, удельный расход тепловой энергии при эксплуатации которых соответствует современным мировым стандартам. В этих целях предусматривается также применение систем утилизации выбросного воздуха, включающих устройства для принудительной вентиляции воздуха и теплообменники, обеспечивающие возврат тепла в помещения.

В Беларуси ежегодно на отопление и горячее водоснабжение жилого фонда расходуется 12,5 млн т у.т. Жилищно-коммунальный сектор является самым крупным потребителем тепловой энергии хозяйства республики. Исследования, проведенные в республике, опыт эксплуатации домов, про-

шедших тепловую реабилитацию по пилотным проектам в городах Беларуси, а также зарубежный опыт свидетельствуют о том, что за счет санации можно снизить энергопотребление жилого фонда. Так, кирпичные 2–5-этажные дома после санации дают экономию 93 кВт/м² (за год – 7 816,4 кВт). Крупнопанельные и объемно-блочные 5-этажные дома после санации дают экономию 89 кВт/м² (за год – 1 442,5 кВт). Кирпичные 9–12-этажные дома – 112 кВт/м² (1 670,2 кВт), крупнопанельные 9–12-этажные дома – 65 кВт/м² (2 393,9 кВт). Тепловая модернизация эксплуатируемых домов позволит сэкономить ежегодно около 15 222 ГВт тепловой энергии. Но на это нужны финансовые средства.

Снижение расхода энергии при эксплуатации и строительстве жилых и общественных зданий потребует развития и модернизации оборудования, в первую очередь систем теплоснабжения, горячего и холодного водоснабжения, систем вентиляции, ограждающих конструкций.

Это индивидуальные тепловые пункты во вновь строящихся и реконструируемых жилых зданиях, групповые приборы учета тепловой энергии на отопление зданий с автоматической передачей данных учета на диспетчерские пункты, в том числе теплосчетчики, расходомеры холодного водоснабжения, расходомеры горячего водоснабжения. Для регулирования подачи тепла на отопление здания потребуются групповые регуляторы тепла на отопление зданий, групповые регуляторы тепла на горячее водоснабжение зданий, приборы для индивидуального учета потребления газа, холодной, горячей воды с автоматической передачей данных учета на диспетчерские пункты.

При решении задачи горячего водоснабжения будут нужны гелиоподогреватели, особенно в малоэтажном и сельском строительстве.

В системах теплоснабжения и газоснабжения, горячего и холодного водоснабжения зданий будут применяться полимерные и металлополимерные трубы. Это обеспечит снижение стоимости работ по монтажу систем, повысит надежность эксплуатации, устранил необходимость выполнения сварочных работ.

Решение задачи снижения теплопотерь с эксфильтрацией из помещений воздуха потребует новые системы вентиляции зданий, которые обеспечили бы контроль без притока воздуха за счет воздухопроницаемости конструкций, с принудительными электромеханическими побудителями, с возможностью работы в различных режимах по производительности, с автоматическим выбором режимов работы, с рекуперацией тепла отводимого вентиляционной системой воздуха.

Энергопотребление во многом можно сократить путем применения совершенных систем освещения. Это энергосберегающие светильники с компактными люминесцентными лампами современной электронной пуско-регулирующей аппаратурой в местах общего пользования зданий, световые

системы, использующие энергию солнца для освещения затемненных помещений жилых домов, и другие экономные осветительные приборы, телевизоры, холодильники, стиральные машины, электроплиты, печи СВЧ, кухонные комбайны, приборы для индивидуального учета электрической энергии многотарифных электрических счетчиков с возможностью автоматической передачи данных учета на центральные диспетчерские пункты.

Одним из основных направлений деятельности по экономии энергоресурсов в строительной сфере является корректировка нормативных документов с учетом требований энергосбережения. Так, например, уже запрещен ввод в эксплуатацию новых жилых зданий, не оборудованных приборами учета топливно-энергетических и водных ресурсов. Что касается работ по утеплению ограждающих конструкций существующих зданий, то это направление продолжает развиваться, но не отнесено к разряду приоритетных. Из-за высокой стоимости работ по утеплению наружных стен (1 м^2 теплоизоляции обходится вместе с работами в 25–50 долларов США) такие мероприятия окупаются в течение довольно длительного времени. Поэтому работы по тепловой санации зданий, проводимые за счет государственных средств, сводятся в основном к локальному утеплению наиболее проблемных участков.

В качестве возобновляемых и нетрадиционных источников энергии с учетом природных, географических и метеорологических условий республики рассматриваются дрова, гидроресурсы, ветроэнергетический потенциал, биогаз из отходов животноводства, солнечная энергия, фитомасса, твердые бытовые отходы, отходы растениеводства, геотермальные ресурсы. Их широкое применение в стране очень важно по нескольким причинам. Во-первых, работы по их использованию будут способствовать развитию собственных технологий и оборудования, которые впоследствии могут стать предметом экспорта; во-вторых, эти источники, как правило, являются экологически чистыми; в-третьих, развитие таких источников повышает энергетическую безопасность государства.

Для обеспечения быстрой окупаемости затрат на нетрадиционную энергетику предпочтение следует отдать техническим решениям с использованием оборудования, выпускаемого на предприятиях республики и с максимальным использованием местных материалов.

Строительство современной ТЭЦ требует удельных вложений 800 долларов США за 1 кВт, и затем для выработки электроэнергии используется топливо, а при вложении финансовых средств в установку регулируемого электропривода затраты составляют 120 долларов США за 1 кВт (при полезном использовании мощности 30–40 %). Практика показала, что внедрение энергоэффективного насосного оборудования дает значительную экономию энергоресурсов в топливном балансе республики. Главный источник ресурсов – это экономное их использование. Увеличением использования местных видов топлива надо заниматься более актив-

но. Сегодня, если энергоемкость должна быть снижена в целом, то местные виды топлива дают увеличение энергоемкости товарной продукции от 15 % до 20 %. Вопросы по топливному балансу стоят настолько жестко и принципиально, что необходимо перенимать лучшие и эффективные достижения у наших соседей за рубежом. Например, у скандинавов. Так в Финляндии вырабатывается более 20 % электрической и 50 % тепловой энергии за счет сжигания древесины.

К 2015 г. планируется строительство станции мощностью 20 МВт, работающей на отходах производства древесины. До 2020 г. этот показатель почти удваивается. Сегодня прорабатывается вопрос о том, чтобы в каждой области построить небольшую мини-ТЭЦ на древесных отходах. Если сделать анализ использования древесины по республике, то видно, что можно использовать 1,5 млн т топлива. Сегодня Гомельская область прирастает ежегодно на 4,8 млн м³ древесины, из которых используется только 2,2 млн м³. Как отмечают работники лесного хозяйства, сегодня порядка 107 тыс. м³ древесины не востребовано. Использование древесины и древесных отходов позволило бы значительно снизить объемы закупаемых за пределами страны угля, печного топлива и мазута, стоимость которых значительно бьет по белорусскому кошельку. Использование насосного оборудования и регулируемого привода – это реальное снижение потребления энергоресурсов. За счет насосного оборудования снижается до 20–30 % потребления энергоресурсов, и при этом не нужно тратить топливо. Сегодня источники Минэнерго сжигают около 93 % газа. В целом по республике этот показатель достигает 60 %. В свою очередь снижается потребление печного топлива, мазута.

Стратегия Беларуси с точки зрения энергетической безопасности должна исходить из расширения списка стран, от которых могли бы идти поставки топлива. Сегодня 85 % топлива поступает к нам только из России. Поэтому программа энергосбережения для Республики Беларусь имеет огромное значение. Основная цель всех проводимых мероприятий по энергоэффективности – снизить энергозависимость от внешних поставщиков как минимум наполовину – как за счет экономии энергоносителей, так и за счет введения в эксплуатацию собственных источников энергии. Стратегической целью деятельности в области энергосбережения на период до 2015 г. должно стать резкое снижение энергоемкости ВВП и, в результате этого, снижение зависимости республики от импорта ТЭР, что может быть достигнуто за счет:

- структурной перестройки отраслей экономики и промышленности;
- повышения коэффициента полезного использования энергоносителей в результате внедрения новых энергосберегающих технологий, оборудования, приборов и материалов, утилизации вторичных энергоресурсов;

- увеличения в топливном балансе республики доли менее дорогих видов топлива, а также местных видов топлива и отходов производства, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Организационно-экономической основой политики энергосбережения в перспективе должно стать развитие необходимой законодательно-правовой и нормативно-технической базы, в состав которой войдут ГОСТы, СНиПы, отраслевые нормы технологического проектирования и ряд других документов нормативного характера, определяющих требования в области энергосбережения.

Основные организационно-экономические направления деятельности в области энергосбережения¹:

- осуществление государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений с целью их оценки на соответствие действующим нормативам и стандартам в области энергосбережения и определение достаточности и обоснованности предусматриваемых мер по энергосбережению;

- переход к проведению регулярных энергетических обследований хозяйствующих субъектов, а также сертификации продукции по энергоёмкости и введение в действие системы прогрессивных норм расхода топлива и энергии;

- пересмотр тарифной политики на тепловую, электрическую энергию и топливо с целью поэтапной ликвидации перекрестного субсидирования, а также включение в тариф только нормируемых затрат на производство и транспортировку соответствующих видов энергоресурсов;

- разработка новых и совершенствование существующих экономических механизмов, стимулирующих повышение энергоэффективности производства продукции и оказания услуг, определяющих меры ответственности за нерациональное потребление ТЭР.

В последнее время в Республике Беларусь ведется активная работа по развитию нормативной базы для введения обязательного энергетического сертифицирования зданий.

В ЕС энергосертификация зданий введена в 2002 г. и распространяется на следующие здания:

- различные типы односемейных домов;
- многоквартирные дома и гостиницы;
- офисы;
- образовательные учреждения;
- больницы;
- рестораны;
- спортивные сооружения;
- учреждения оптовой и розничной торговли.

¹ Березовский Н.И. Разработка энергоэффективных технологий. Минск, 2006.

Сертификация производится на этапах:

- проектирования и строительства здания;
- сдачи в эксплуатацию;
- выставления на продажу;
- сдачи в аренду;
- энергетической реновации (реконструкции, приводящей к повышению класса энергоэффективности здания).

В то же время сертификация не распространяется на здания с небольшим потреблением энергии и те здания, энергетические характеристики которых сложно или невозможно улучшить.

К ним относятся:

- индивидуальные жилые здания площадью менее 50 м²;
- культовые, религиозные здания;
- здания, которые отнесены к объектам культурного наследия (памятники истории и культуры);
- дачные дома, используемые сезонно;
- временные объекты некапитального строительства;
- подсобные здания и строения вспомогательного использования.

После 3 декабря 2018 г. энергетические характеристики новых общественных зданий, в которых расположены органы государственной власти, должны соответствовать характеристикам зданий с минимальным или нулевым потреблением энергии. Стандарт «пассивного дома» – 15 кВт·ч/м² в год.

В зданиях общей полезной площадью 500 м², занятых органами государственной власти и часто посещаемых населением, энергосертификат размещается в заметном месте, хорошо видном публике.

7.3. БЕЛОРУССКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

В Европе около 15 % вырабатываемой энергии приходится на чистые источники. В структуре потребления ТЭР в Беларуси возобновляемые энергоресурсы занимают около 6 %. Правительством поставлена задача довести показатель использования местных и возобновляемых источников до 20–25 %. Примечательно, что более 50 % возобновляемых источников – это древесные отходы и топливная щепа. Достижению такой амбициозной цели, как увеличение баланса возобновляемых источников, может помочь внедрение новых технологий, прежде всего, собственных [29].

В Беларуси есть уже немало отечественных разработок, которые внедряются на ниве возобновляемой энергетики, имеются серьезные достижения.

В качестве одной из наиболее перспективных направлений возобновляемой энергии в Беларуси с точки зрения максимального использования потенциала и быстрого внедрения является биоэнергетика. В Беларуси есть

мощная животноводческая и растениеводческая база, дающая достаточное количество сырья. У нас активно используется древесное топливо для получения электроэнергии. Кроме того, в республике ежегодно прирастает до 3,5 млн т твердых бытовых отходов, которые можно и нужно использовать в энергетических целях.

В сфере биоэнергетики можно назвать несколько наиболее интересных проектов, которые реализуют члены ассоциации «Возобновляемая энергетика».

Первый – технология очистки воды с последующим полезным использованием осадков сточных вод. В результате очистки воды образуются мощные наслоения ила, которые занимают обширные площади и часто никак не перерабатываются. Компания «Акваэкология» занимается введением в строй на очистных сооружениях биоэнергетических комплексов, где планируется использовать получаемые осадки сточных вод для получения биогаза и тепла.

Второй – уникальное технологическое решение на постсоветском пространстве в производстве из отходов нефтепродуктов и воды нового вида топлива, так называемой водотопливной эмульсии. По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, в Беларуси ежегодно из всех видов двигателей сливаются сотни тысяч тонн отработанных промышленных, автомобильных и иных масел. Не более 10 % этого объема используется для вторичной переработки. А 90 % или просто сливается в овраги, пруды и болота, нанося ущерб природе, или напрямую сжигается опять же с негативным эффектом для окружающей среды, или смешивается с некоторыми видами топлива (например, с мазутом), чтобы увеличить их объем. И вот начата разработка и активное внедрение в республике агрегатов, производящих топливо из отработанных масел и воды. Этим занимается частная компания «Интер Блейз». Государственные испытания, проведенные на базе логистического центра Белорусской железной дороги в г. Пинске, показали, что при смешивании с отработанным маслом 20 % воды КПД котла повышается на 6 % по сравнению с прямым сжиганием отработанных масел, при этом не менее чем в 2 раза уменьшаются вредные выбросы.

Комплекс отопления Республиканского испытательного полигона авто-тракторной техники, принадлежащий Институту общего машиностроения Национальной Академии наук, установленной тепловой мощностью 1,2 МВт, работает в зимний период на гидратированных отработанных маслах и практически за два сезона окупил себя.

Третий – утилизация различных отходов с получением энергии. Малые комплексы такого предназначения возводит в республике фирма «Новые системные технологии» из Мозыря.

Также нельзя обойти вниманием ветроэнергетику. В официальных документах указано, что на территории Беларуси определено 1 840 площадок для размещения ветроустановок с теоретически возможным энергетическим потенциалом более 1 600 МВт. Но по данным ассоциации только для ветропарков большой промышленной мощности существует около 2 тыс. площадок, а в целом – около 300 тыс. точек, на которых можно размещать ветроагрегаты небольшой мощности. В Беларуси средняя скорость ветров в год составляет в основном 4 м/с, при этом примерно на четверти пригодной для внедрения ветроэнергетических установок территории среднегодовая скорость ветра превышает 5 м/с, что соответствует требованиям мировой практики по показателям коммерческой целесообразности внедрения ветротехники.

Национальной программой развития местных и возобновляемых источников на 2011–2015 гг. планируется строительство в Витебской, Гродненской, Могилевской и Минской областях 199–244 ветроэнергетических установок суммарной установленной мощностью 440–460 МВт.

В архиве компании «БелВетроЭнерго» и одного из ее первых руководителей, профессора Н.А. Лаврентьева есть около 30 патентов на модели в области ветроэнергетики. Еще в 90-х гг. XX в. на полигоне предприятия «Ветроэн» в г. Заславле успешно проходил испытания ветроагрегат, изготовленный из отработавших свой ресурс вертолетных лопастей. Результат испытаний был положительным и обнадеживающим. В июле 2011 г. ОАО «Техника связи» в г. Барань Оршанского района изготовило первый опытный образец вертикально-осевого геликоидного ветроагрегата. Он рассчитан на мощность 4 КВт. После проведения испытаний появится возможность наладить серийный выпуск подобного рода агрегатов для возведения на объектах с автономным энергообеспечением. Эти агрегаты будут предназначены для частных потребителей, автономных пользователей, фермеров, владельцев агроусадоб и т. п.

Вертикально-осевой агрегат был запатентован еще в 1998 г. В 2002 г. подобный агрегат начали производить в Великобритании. И образец доказал свою эффективность на возвышенностях. Его можно устанавливать на многоэтажных зданиях, на осветительных мачтах стадионов и др. А установка на базе вертолетных лопастей может стать доступной даже для средних по уровню платежеспособности структур и граждан. Окупаемость малых и средних установок – 4–5 лет.

Теперь обратимся к солнечной энергетике. Что бы ни говорили о малом количестве солнечных дней в Беларуси, солнечный эффект республики ничем не отличается от такового в центральной Германии. Об этом неоднократно заявлял премьер-министр земли Бранденбург (Германия) Матиас Платцек. В Беларуси успешно внедряются солнечные тепловые коллекторы. Наилучшего эффекта достигли в этом члены ассоциации «Возобновляемая энергетика» ЗАО «Терра-Гелио» и дочерняя компания предприя-

тия «Атмосфера» ООО «Анлиса». Солнечные тепловые коллекторы, созданные в одном из подразделений Национальной академии наук, в ходе строительства домов в сельской местности внедряет оршанская фирма «Диапазон-Сервис».

И, наконец, гидроэнергетика. В стратегических документах для промышленной гидроэнергетики заложен небольшой экономически целесообразный потенциал – всего 250 МВт, но этот потенциал значительно больше. И это может быть обеспечено, прежде всего, за счет малой и средней гидроэнергетики, когда без создания новых искусственных водохранилищ и затопления больших площадей на уже действующих водосбросах можно устанавливать эффективные турбины и получать электроэнергию. Успешно в реализации этой программы работают НПО «Малая энергетика» и ООО «Электромас» совместно с польскими производителями гидротурбин. Только в Минске работают 4 таких малых гидроэлектростанций (ГЭС) и готовится к запуску пятая. В соответствии с Государственной программой строительства в 2011–2015 гг. в ближайшую пятилетку планируется строительство и реконструкция 33 ГЭС общей мощностью 101,2 МВт, в том числе 20 (мощностью менее 100 кВт), 9 малых и мини-ГЭС (100–1 000 кВт) и 4 крупных ГЭС (мощностью свыше 10 МВт).

Набирает силу внедрение тепловых насосов, которые помогают преобразовать низкопотенциальную энергию земли, воды, промышленных и коммунальных стоков в тепловую энергию для отопления зданий и сооружений. Так, например, ООО «Геотерматекс» осуществляет выпуск тепловых насосов белорусского производства.

В интересах энергосбережения в Республике Беларусь производятся высококачественные и высокоэффективные светодиодные светильники. В этой сфере наиболее продвинулись Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук и ООО «Пролайт-групп». Граждане Беларуси могут увидеть их продукцию, используемую при архитектурной подсветке городов и поселков страны, фонтанов, освещении улиц и автомобильных трасс, освещении объектов жилищно-коммунального хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Андрижиевский, А.А.** Энергосбережение и энергетический менеджмент : учеб. пособие / А.А. Андрижиевский, В.И. Володин. Минск : Вышэйшая школа, 2005.
2. **Кравченя, Э.М.** Охрана труда и основы энергосбережения : учеб. пособие / Э.М. Кравченя, Р.Н. Козел, И.П. Свирид. Минск : ТетраСистем, 2004.
3. **Куликов, И.С.** Перспективы использования местных топливных ресурсов и нетрадиционных источников энергии в Республике Беларусь / И.С. Куликов // Энергоэффективность. 2001. № 4.
4. **Основы энергосбережения** : учеб. пособие / Б.И. Врублевский [и др.] ; под ред. Б.И. Врублевского. Гомель : ЧУП «ЦНТУ», 2002.
5. **Погнелова, Т.Г.** Основы энергосбережения / Т.Г. Погнелова. Минск : Технопринт, 2000.
6. **Сибикин, Ю.Д.** Технология энергосбережения : учеб. / Ю.Д. Сибикин. М. : Форум-Инфра, 2006.
7. **Самолов, М.В.** Основы энергосбережения / М.В. Самойлов, В.В. Паневич, А.Н. Ковалев. 3-е изд. Минск : БГЭУ, 2004.
8. **Черноусов, С.В.** Перспективы развития мировой энергетики на период до 2020 года / С.В. Черноусов // Энергоэффективность. 2002. № 4.
9. **Seifried, D.** Renewable energy: the facts / Dieter Seifried and Walter Witzel. London, 2010.
10. **Smith, Peter F.** Architecture in a Climate of Change / Peter F. Smith. London, 2008.

Web-источники

11. www.unescap.org.
12. www.fvtwd.de.
13. www.ig-passivhaus.de.
14. www.solarsiedlung.de.
15. www.ises.org/shortcut.nsf/to/ICNFINAL.
16. [www.solarwirtschaft.de/medienvetreter/presse-meldungen/meldung.html?tx_ttnews\[tt_news\]=12944&tx_ttnews\[backPid\]=737&cHash=64a1a4abfd](http://www.solarwirtschaft.de/medienvetreter/presse-meldungen/meldung.html?tx_ttnews[tt_news]=12944&tx_ttnews[backPid]=737&cHash=64a1a4abfd).
17. www.flintenbreite.de
18. www.solarwaerme-plus.info.
19. http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_en.pdf
20. www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/07/britain-to-launch-innovative-feed-in-tariff-program-in-2010 and www.fitariffs.co.uk.

21. <http://urban-practice.com/RU/articles/chapter2/part2>
22. www.truba.ua/artic/ru_319/
23. www.ecodom.ru/
24. www.nestor.minsk.by.
25. www.belomo.by.
26. www.zabudova.by.
27. www.izover.by
28. www.2e.technopark.by.
29. www.energy-aven.org/press.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Средние калорийные (топливные) эквиваленты для перевода натурального топлива в условное

№п/п	Вид топлива	Единица измерения	Калорийный эквивалент
1	Угли		
1.1	Донецкий	т	0,876
1.2	Подмосковный	т	0,335
1.3	Кузнецкий	т	0,867
1.4	Воркутинский	т	0,822
1.5	Интинский	т	0,649
1.6	Свердловский	т	0,585
1.7	Нерюнгинский	т	0,815
1.8	Канско-Ачинский	т	0,516
1.9	Карагандинский	т	0,726
1.10	Экибастузский	т	0,628
1.11	Силезский	т	0,8
1.12	Львовско-Волынский	т	0,764
1.13	Челябинский	т	0,552
1.14	Кизеловский	т	0,684
2	Торф топливный		
2.1	Фрезерный (при условной влажности 40 %)	т	0,34
2.2	Кусковой (при условной влажности 33 %)	т	0,41
2.3	Торфяные брикеты (при условной влажности 16 %)	т	0,6
2.4	Торфяные полубрикеты (при условной влажности 28 %)	т	0,45
2.5	Брикеты и полубрикеты (при условной влажности 15 %)	т	0,56
2.6	Торфяная крошка (при условной влажности 40 %)	т	0,37
3	Дрова		
3.1	Дрова смешанные	Плотный, м ³	0,266
3.2	Дрова смешанные	Складской, м ³	0,186
3.3	Граб	Складской, м ³	0,29
3.4	Ясень	Складской, м ³	0,274
3.5	Дуб	Складской, м ³	0,285
3.6	Клен	Складской, м ³	0,262
3.7	Бук	Складской, м ³	0,253
3.8	Береза	Складской, м ³	0,23
3.9	Вяз	Складской, м ³	0,25
3.10	Лиственница	Складской, м ³	0,221
3.11	Сосна	Складской, м ³	0,208
3.12	Ольха	Складской, м ³	0,193
3.13	Ель	Складской, м ³	0,178
3.14	Осина	Складской, м ³	0,183

№п/п	Вид топлива	Единица измерения	Калорийный эквивалент
3.15	Липа	Складской, м ³	0,179
3.16	Пихта	Складской, м ³	0,175
3.17	Тополь	Складской, м ³	0,146
4	Древесные отходы		
4.1	Древесные обрезки, стружка и опилки	т	0,36
4.2	Сучья, хвоя, щепа	Складской, м ³	0,05
4.3	Пни	Складской, м ³	0,12
4.4	Кора	т	0,42
4.5	Древесные опилки	Складской, м ³	0,11
4.6	Шпалы и рудничная стойка, пришедшие в негодность	Плотный, м ³	0,266
5	Нефтепродукты		
5.1	Нефть сырая, газовый конденсат	т	1,43
5.2	Мазут топочный	т	1,37
5.3	Мазут флотский	т	1,43
5.4	Моторное топливо	т	1,43
5.5	Дизельное топливо	т	1,45
5.6	Печное бытовое топливо	т	1,45
5.7	Топливо газотурбинное	т	1,45
5.8	Бензин (автомобильный, авиационный)	т	1,49
5.9	Керосин (тракторный, осветительный, авиационный)	т	1,47
5.10	Нефтебитум	т	1,35
6	Газообразное топливо		
6.1	Газ природный	1 000 м ³	1,14
6.2	Газ попутный нефтяной	1 000 м ³	1,32
6.3	Газ сжиженный	т	1,57
6.4	Газ нефтепереработки сухой	т	1,5
6.5	Газ подземной газификации	1 000 м ³	0,11
7	Сланцы (эстонские и ленинградские)		
7.1	Рассортированные 125–400, 25–125, 30–125	т	0,324
7.2	Рассортированные 0–25, 0–30 и рядовые 0–300	т	0,3
8	Прочие		
8.1	Лигниты	т	0,27
8.2	Кокс металлический сухой 25 мм и выше	т	0,99
8.3	Коксик (10–25 мм) – на сухой вес	т	0,93
8.4	Коксовая мелочь (0–10 мм) – на сухой вес	т	0,9
8.5	Костра льняная, солома (влажностью 10%)	т	0,5

ПЕРЕЧЕНЬ
эффективных направлений энергосбережения в Республике Беларусь

№ п/п	Наименование мероприятий
1.	Замена неэкономичных котлов с низким кпд на более эффективные
2.	Перевод котлов с жидких видов топлива на МВт
3.	Замена электродкотлов на котлы, работающие на МВт
4.	Замена электроводонагревателей на водонагревательные установки, работающие на МВт
5.	Перевод котлов с жидких видов топлива на газ
6.	Перевод паровых котлов в водогрейный режим
7.	Внедрение электрогенерирующего оборудования в котельных (мини-ТЭЦ)
8.	Внедрение частотно-регулируемого электропривода
9.	Децентрализация отопления с ликвидацией длинных теплотрасс и установкой автономных источников теплоснабжения
10.	Внедрение индивидуальных тепловых пунктов вместо ЦТП
11.	Внедрение энергоэффективных пластинчатых теплообменников
12.	Установка на пароиспользующем оборудовании эффективных конденсатоотводчиков
13.	Передача тепловых нагрузок на ТЭЦ от ведомственных котельных
14.	Замена теплотрасс с применением предварительно термоизолированных труб (ПИ-труб)
15.	Внедрение систем регулирования потребления тепловой энергии на: - отопление - горячее водоснабжение
16.	Внедрение инфракрасных излучателей для локального обогрева рабочих мест
17.	Внедрение котлов малой мощности вместо незагруженных котлов большой мощности
18.	Термореновация ограждающих конструкций зданий и сооружений
19.	Установка стеклопакетов с тройным остеклением
20.	Внедрение энергоэффективных осветительных устройств
21.	Внедрение автоматизации процесса горения котлоагрегатов на микропроцессорах с выходом на компьютер
22.	Использование тепловых ВЭР в системах теплоснабжения
23.	Внедрение пароводяного струйного аппарата для нагрева воды
24.	Внедрение винтовых компрессоров вместо поршневых
25.	Децентрализация воздухоснабжения с установкой локальных компрессоров
26.	Внедрение автономных холодильных установок с применением азиобезопасных хладагентов
27.	Децентрализация холодоснабжения с установкой локальных холодильных установок
28.	Внедрение экономичных газовых теплообменников вместо паровых
29.	Внедрение теплогенераторов на МВт для отопления помещений
30.	Замена существующих газогорелочных устройств на энергоэффективные 2-позиционные на печах и котлоагрегатах

№ п/п	Наименование мероприятий
31.	Автоматизация работы погружных насосов артезианских скважин
32.	Перевод автотранспорта на газ
33.	Внедрение установки утилизации тепла уходящих газов
34.	Внедрение устройств магнитно-импульсной очистки теплосилового оборудования
35.	Замена электродвигателей на менее мощные
36.	Перевод зерносушильного оборудования с печного бытового топлива на газ
37.	Перевод зерносушильного оборудования с печного бытового топлива на МВт
38.	Замена зерноочистительных машин на более энергоэффективные
39.	Разделение контуров отопления теплиц для выращивания овощей
40.	Внедрение обогреваемых полов вместо ламп обогрева
41.	Внедрение технологии содержания скота на глубокой подстилке
42.	Внедрение системы микроклимата в птичниках для содержания бройлеров
43.	Внедрение энергосберегающих комплектов оборудования для содержания бройлеров
44.	Внедрение энергосберегающих комплектов оборудования для клеточного содержания кур-несушек с ленточной системой пометоудаления и ниппельным поением
45.	Внедрение системы отопления свиноматок-маточников газовыми теплогенераторами
46.	Тепловая реабилитация помещений для содержания свиней
47.	Внедрение высокоэффективного оборудования по приготовлению и раздаче кормов
48.	Внедрение автоматической установки для приготовления и раздачи кормов с компьютерным управлением
49.	Внедрение передвижных доильных установок
50.	Замена вакуумных насосов доильных установок на водокольцевые
51.	Внедрение гелиоустановок для нагрева воды
52.	Замена неэффективных хлебопекарных печей на современные с более высоким КПД
53.	Перевод хлебопекарных печей с жидкого топлива на газообразное

**Нормативные правовые акты Республики Беларусь
в области возобновляемой энергетики
и содействия реализации
инвестиционных проектов в Республике Беларусь**

Национальная программа развития местных и возобновляемых энергетических источников на 2011–2015 годы : [утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь 10.05.2011 № 586] // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 12.05.2011. № 5/33764.

О возобновляемых источниках энергии : закон Республики Беларусь от 27.12.2010 № 204-З // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 29.12.2010. № 2/1756.

О мерах по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на период до 2012 года : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22.02.2010 № 248 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 24.02.2010. № 5/31328.

О некоторых мерах по реализации инвестиционных проектов, финансируемых за счет внешних государственных займов и внешних займов, привлеченных под гарантии Правительства Республики Беларусь : Указ Президента Республики Беларусь от 21.03.2008 № 168 194 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 24.03.2008. № 1/9562.

О предоставлении физическим и юридическим лицам полномочий на представление интересов Республики Беларусь по вопросам привлечения инвестиций в Республику Беларусь : Указ Президента Республики Беларусь от 06.08.2009 № 413 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 10.08.2009. № 1/10913.

О создании дополнительных условий для инвестиционной деятельности в Республике Беларусь : Декрет Президента Республики Беларусь от 06.08.2009 № 10 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 07.08.2009. № 1/10912.

О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии, и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства экономики Республики Беларусь : постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 30.06.2011 № 100 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 02.08.2011. № 8/23974.

Об утверждении Государственной программы «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.01.2008 № 94 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 31.01.2008. № 5/26698.

Об утверждении Государственной программы развития Белорусской энергетической системы на период до 2016 года : постановление Совета Министров

стров Республики Беларусь от 29.02.2012 № 194 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 13.03.2012. № 5/35381.

Об утверждении Государственной программы развития лесного хозяйства Республики Беларусь на 2011–2015 годы : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 03.11.2010 № 1626 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 05.11.2010. № 5/32798.

Об утверждении Государственной программы строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17.12.2010 № 1838 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 21.12.2010. № 5/33018.

Об утверждении Государственной программы строительства энергоисточников на местных видах топлива в 2010–2015 годах : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 19.07.2010 № 1076 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 22.07.2010. № 5/32215.

Об утверждении Программы строительства энергоисточников, работающих на биогазе, на 2010–2012 годы : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 09.06.2010 № 885 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 11.06.2010. № 5/32007.

Об утверждении стратегии развития энергетического потенциала Республики Беларусь : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 09.08.2010 № 1180 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 17.08.2010. № 5/32338.

Об утверждении Республиканской программы энергосбережения на 2011–2015 годы : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 24.12.2010 № 1882 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 28.12.2010. № 5/33067.

Об энергосбережении : закон Республики Беларусь от 15.07.1998 № 190-3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 20.03. 2001. № 2/718.

Положение о порядке заключения, изменения, прекращения инвестиционных договоров с Республикой Беларусь : [утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 06.08.2011 № 1058] // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 09.08.2011. № 5/34272.

Положение о порядке предоставления физическим и юридическим лицам полномочий на представление интересов Республики Беларусь по вопросам привлечения инвестиций в Республику Беларусь : [утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 06.11.2009 № 1448] // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь 13.11.2009. № 5/30736.

Положение о порядке согласования перечня технологического оборудования (комплектующих и запасных частей к нему), ввозимого инвестором и (или) организацией, в установленном порядке созданной в Республике Беларусь этим инвестором либо с его участием, для использования на территории Республики Беларусь для реализации инвестиционного проекта в соответствии с

инвестиционным договором с Республикой Беларусь : [утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 06.08.2011 № 1078].

Экономия и бережливость главные факторы экономической безопасности государства : Директива Президента Республики Беларусь от 14.06.2007 № 3 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 15.06.2007. № 1/8668.

Учебное издание

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Пособие

Редактор *И.В. Летунович*
Компьютерная верстка *Е.В. Потапейко, И.В. Яжевич*
Дизайн обложки *С.Л. Прокопцовой*

Подписано в печать 13.12.12. Формат 60×84/16.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 8,9. Уч.-изд. л. 7,9. Тираж 100 экз. Заказ 358.
Республиканский институт профессионального образования.
ЛИ № 02330/0549497 от 16.06.09.
Ул. К. Либкнехта, 32, 220004, г. Минск. Тел. 226-41-00.

Отпечатано на ризографе Республиканского института профессионального образования. Ул. Короля, 12, 220004, г. Минск. Тел. 200-69-45.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ЖИЛОЙ РАЙОН VIKKI, ХЕЛЬСИНКИ, ФИНЛЯНДИЯ







ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «KORONA» В VІІKKI







МУЛЬТИКОМФОРТНЫЙ ДОМ ISOVER



Жилой дом по ул. Ленинская,
г. Дзержинск (Крутогорье)

Окно с наличником
в доме прабабушки
заказчика

Белорусский
орнамент,
олицетворяющий Солнце

Жилой дом по ул. Островского,
г. Дзержинск (Крутогорье)

Нежилой дом по ул. Ленинская,
г. Дзержинск (Крутогорье)

Ветропарк в Дзержинском районе
мощностью 160 МВт
(запланирован на 2015 год)

Одноквартный жилой дом усадебного типа
низкого энергопотребления по адресу:
РБ, г. Дзержинск, ул. Койдановская, д. 16

01/2011-АР		Подпись	Дата
Арх.	Кучерявый А. В.		08.11 02.12 03.12

Схема гармонизации объекта
с окружающей средой

стадия	лист	листов
A	2	22

