



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



С.Г. Шеина, Е.Н. Миненко, П.В. Федяева

## МЕТОДЫ ВНЕДРЕНИЯ ЛУЧШЕГО ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Ростов-на-Дону  
2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДЫ ВНЕДРЕНИЯ  
ЛУЧШЕГО ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону  
ДГТУ  
2020

УДК 69.003-697.148

ШЗ9

*Рецензент:*

член-корреспондент РААСН, доктор технических наук,  
профессор *Л.Р. Маилян*

**Шейна, Светлана Георгиевна.**

ШЗ9 Методы внедрения лучшего европейского опыта энергосбережения в Российской Федерации : учебное пособие / С.Г. Шейна, Е.Н. Миненко, П.В. Федяева ; Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2020. – 181 с.

ISBN 978-5-7890-1810-1

Представлены аналитические материалы по исследованию лучших практик стран Европейского союза (ЕС) в области энергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий.

Исследованы особенности реализации политики энергосбережения и методические подходы к оценке энергетической эффективности зданий в России и ЕС. Представлена характеристика архитектурных, конструктивных и инженерных решений современных технологий энергоэффективных зданий, реализуемых в странах Европы. Описаны методы и перспективы внедрения лучшего опыта энергосбережения Европы в практику проектирования и строительства России.

Предназначено обучающимся направления подготовки 08.04.01 «Строительство», в рамках реализации магистерских программ «Гражданское строительство» и «Территориальное планирование и управление развитием территорий».

УДК 69.003-697.148



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

*Издается в рамках проекта E3SAVE  
№ 611057-EPP-1-2019-1-RU-EPPJMO-MODULE*

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

ISBN 978-5-7890-1810-1

© Шейна С.Г., Миненко Е.Н.,  
Федяева П.В., 2020

© Донской государственный  
технический университет, 2020

Учебное пособие подготовлено для реализации образовательного модуля по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» в рамках проекта программы Европейской Комиссии ERASMUS+ Модуль Jean Monnet «Лучший европейский опыт энергосбережения» (E3SAVE) 611057-EPP-1-2019-1-RU-EPPJMO-MODULE.

Поддержка Европейской Комиссией изготовления данной публикации не подразумевает одобрения содержания материалов, которые отражают исключительно точку зрения авторов. Европейская Комиссия не несет ответственности за любое использование материалов, представленных в настоящей публикации.

Teaching materials for implementing the module are published in the frame of the ERASMUS+ Programme of the European Commission Jean Monnet Module «The Best European Experience in Energy Saving» (E3SAVE) 611057-EPP-1-2019-1-RU-EPPJMO-MODULE.

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

## Оглавление

Введение.....	6
1. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ И СОГЛАСОВАНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	8
1.1. Понятие рабочего проекта.....	8
1.2. Требования к разработке рабочего проекта.....	11
1.2.1. Требования к составу и содержанию разделов проектной документации.....	12
1.2.2. Требования к разработчику проектной документации.....	25
1.3. Согласование и экспертиза проектной документации.....	27
1.3.1. Государственная экспертиза проектной документации.....	30
1.3.2. Негосударственная экспертиза проектной документации.....	34
<i>Контрольные вопросы</i> .....	36
2. СОВРЕМЕННЫЕ СТАНДАРТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ.....	37
2.1. Характеристика параметров эксплуатационных качеств современных типов зданий.....	39
2.2. Стандарты «зеленого» строительства в России и за рубежом.....	49
2.2.1. Европейский опыт «зеленого» строительства.....	56
2.2.2. Российский опыт «зеленого» строительства.....	60
2.3. Энергетическая эффективность зданий как основа устойчивого развития городов.....	64
2.3.1. Учет требований энергетической эффективности на этапах жизненного цикла здания.....	68
2.3.2. Факторы, влияющие на уровень энергетической эффективности здания.....	72
2.4. Проектирование зданий на основе технологий информационного моделирования.....	75
2.5. Особенности проектирования зданий на основе оценки стоимости жизненного цикла объекта в России и Европе... <i>Контрольные вопросы</i> .....	80 84

3. УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ.....	86
3.1. Стандарты проектирования энергоэффективных зданий в России и Европе.....	88
3.1.1. Нормативно-правовая база в области энергосбережения России.....	88
3.1.2. Нормативная база энергосбережения европейских стран.....	96
3.2. Оценка энергетической эффективности зданий в России и Европе.....	103
3.3. Методы и технологии повышения энергетической эффективности зданий в России и ЕС.....	110
3.4. Управление энергосбережением здания в процессе его эксплуатации.....	120
3.5. Анализ особенностей современных концепций энергоэффективных, экологичных зданий.....	136
3.6. Лучшие европейские практики энергосбережения в жилищном строительстве.....	146
3.6.1. Опыт энергосбережения в зданиях Германии.....	146
3.6.2. Опыт энергосбережения в зданиях Финляндии...	152
3.6.3. Опыт энергосбережения Дании.....	159
3.6.4. Опыт энергосбережения Швеции.....	165
<i>Контрольные вопросы</i> .....	173
Библиографический список.....	174

## Введение

Настоящее учебное пособие содержит основные положения по разработке проектной документации в строительстве, в том числе с использованием технологий информационного моделирования, анализ современной нормативно-правовой и технической базы, регламентирующей порядок разработки и применения проектной документации на территории Российской Федерации. Особое внимание в пособии уделено вопросам повышения энергетической эффективности зданий на этапе проектирования вновь строящихся и реконструируемых зданий.

В данном учебном пособии рассмотрена современная нормативно-правовая база в области энергосбережения и оценки уровня энергетической эффективности зданий, действующая в России и Европе. Представлена классификация современных энергоэффективных решений, реализуемых на этапах проектирования, строительства и эксплуатации зданий. Изучены лучшие европейские практики энергосбережения в жилищном строительстве, разработанные и успешно реализуемые на практике концепции энергоэффективных зданий.

Акцент, сделанный в данном пособии на вопросах проработки проектных решений в части энергосбережения зданий, обусловлен значимостью проблемы снижения объемов потребления энергетических ресурсов зданиями на современном этапе развития общества. Применительно к нашей стране, вопросы энергосбережения рассматриваются не только в качестве основы устойчивого развития жилищной сферы, но и в качестве важнейшего условия создания «зеленой» экономики.

Повышение энергетической эффективности жилищного фонда российских городов требует строительства новых зданий с учетом современных тенденций в той сфере, а также проведения мероприятий по

энергетической реконструкции ранее построенных объектов. Внедрение энергосберегающих технологий осуществляется в рамках разрабатываемой проектной документации на строительство, капитальный ремонт или реконструкцию объектов.

Учитывая имеющийся в странах Европы огромный опыт в части энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий, становится понятным важность изучения лучших европейских практик в сфере строительства и необходимость внедрения апробированных технологий в российскую практику проектирования.

Как показывает мировая практика, внедрение энергосберегающих решений не только способствует рациональному потреблению энергетических ресурсов, но и влечет за собой улучшение параметров микроклимата помещений, снижение негативного воздействия зданий и протекающих в них процессов на окружающую среду.

# 1. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ И СОГЛАСОВАНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

## 1.1. Понятие рабочего проекта

Рабочий проект – это комплект документов в текстовой и графической форме, состоящий из:

- проектной документации – части, согласовываемой и утверждаемой в государственных надзорных органах;
- рабочей документации – комплекта документов и чертежей, разрабатываемых на основе утвержденной проектной документации, по которым в дальнейшем непосредственно будут проводиться строительные и монтажные работы (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Состав рабочего проекта

Рабочий проект разрабатывается в ходе архитектурно-строительного проектирования – деятельности по созданию проекта и внесению изменений в него применительно к строящимся, реконструируемым объектам капитального строительства, их частям в границах земельного участка, принадлежащего застройщику или иному правообладателю.

Процесс разработки рабочего проекта является технически сложной задачей, требующей разносторонних знаний как в области конструирования и моделирования отдельных конструкций, узлов и объектов в целом, так и оценке эффективности принимаемых проектных решений.

Обе части рабочего проекта (проектная и рабочая документация) необходимы при проектировании особо сложных объектов, включающих новые конструктивные и архитектурно-строительные решения. Отличительные особенности частей рабочего проекта приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

## Краткая сравнительная характеристика частей рабочего проекта

Проектная документация	Рабочая документация
Подлежит государственное/негосударственной экспертизе	Экспертиза не требуется
Требования к составу и содержанию разделов регламентируются Постановлениями Правительства РФ в зависимости от вида объекта капитального строительства, видов работ и источника финансирования, в т.ч. ч. 3 ст. 48 ГрКФ, Постановлением Правительства №87, № 116-ФЗ, № 117-ФЗ, № 73-ФЗ и др.	Требования к составу и содержанию разделов не регламентируются, рабочая документация разрабатывается на основе проектной документации, в объеме, необходимом для выполнения СМР и согласованном с заказчиком/застройщиком
Состав разделов проектной документации в соответствии с Постановлением Правительства №87:	Состав разделов рабочей документации:
Раздел 1 «Пояснительная записка»	Раздел «Общая пояснительная записка»
Раздел 2 «Схема планировочной организации земельного участка»	
Раздел 3 «Архитектурные решения»	
Раздел 4 «Конструктивные и объемно-планировочные решения»	Раздел генерального плана
Раздел 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений»	
Раздел 6 «Проект организации строительства»	Архитектурно-строительная часть
Раздел 7 «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства»	
Раздел 8 «Перечень мероприятий по охране окружающей среды»	
Раздел 9 «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»	Инженерный раздел
Раздел 10 «Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов»	
Раздел 10_1 «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов»	
Раздел 11 «Смета на строительство»	Раздел организации строительства
Раздел 12 «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами»	

Правила выполнения и оформления текстовых и графических материалов, входящих в состав проектной и рабочей документации, устанавливаются Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ.

Рабочая документация разрабатывается после утверждения проектной документации, с учетом принятых проектных решений, в объеме, необходимом для выполнения работ на строительной площадке. Так как рабочая документация по своей сути вторична и не проходит экспертизу, рассмотрим более подробно порядок и требования разработки проектной документации.

Проектная документация представляет собой документацию, содержащую материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели и определяющую архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции объектов капитального строительства и их частей, а также капитального ремонта [1, ст. 48].

Текстовая часть проектной документации содержит описание принятых решений, пояснения, ссылки на нормативные и технические документы, используемые при ее подготовке, результаты расчетов.

Графическая часть проектной документации отображает принятые технические решения и выполняется в виде чертежей, схем, планов и других документов.

Разрабатывать проектную документацию может собственно сам застройщик или компетентное лицо, привлекаемое заказчиком/застройщиком. От компетентности и профессионализма специалистов, разрабатывающих проект, напрямую зависит долговечность, безопасность и эргономичность зданий и сооружений, а также окончательная стоимость их строительства.

К числу основных нормативных документов, регламентирующих вопросы строительного проектирования в России, следует отнести:

- Градостроительный кодекс РФ;
- Национальный стандарт ГОСТ Р 21.1101-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации» (с Поправкой) [2];

– Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 20.04.2020) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» и др.

Разрабатываемая проектная и, соответственно, рабочая документация на объекты строительства должна отвечать современным требованиям, предъявляемым к строительным объектам в части надежности, безопасности, комфортности и энергоэффективности, а также должна обеспечивать минимальную стоимость жизненного цикла здания. Подробно современные требования к зданиям рассмотрены в гл. 2 настоящего учебного пособия.

Основным методом проектирования в РФ является двухстадийное проектирование. Сущность двухстадийного проектирования заключается в том, что необходимая для строительства документация составляется не сразу, а поэтапно: на первом этапе принимаются решения по общим принципиальным вопросам, затем такие решения всесторонне оцениваются, корректируются, утверждаются, проходят экспертизу и только после устранения всех выявленных недостатков составляется подробная рабочая документация для строительства. Преимущество такой системы в сведении к минимуму затрат по переработке проектной документации в случае неудачных общих решений.

## **1.2. Требования к разработке рабочего проекта**

Проектирование – это важный этап инвестиционного цикла строительного объекта, который в наибольшей мере определяет эффективность намеченного строительства. Данный этап заключается в разработке проектной документации, необходимой для проведения строительных работ.

Проектная документация содержит все необходимые параметры возводимого объекта и отражает учет заказчиком экологических, энергосберегающих, противопожарных и иных требований, определяющих последующую безопасную эксплуатацию возводимого (реконструируемого) объекта.

Разработка проектной документации необходима для:

– строительства зданий, строений, сооружений, объектов незавершенного строительства (кроме временных построек, киосков, навесов и т.д.);

- реконструкции зданий, строений, сооружений и их частей в границах принадлежащего застройщику земельного участка;
- капитального ремонта зданий, строений, сооружений и их частей, если при его проведении затрагиваются конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности таких объектов.

В иных случаях проектная документация не разрабатывается.

В соответствии со ст. 48 гл. 6 ГрК РФ разработка проектной документации также не требуется при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов индивидуального жилищного строительства – отдельно стоящих жилых домов с количеством этажей не более трех, предназначенных для проживания одной семьи, а также садовых домов. Разработка проектной документации применительно к указанным объектам является инициативой застройщика.

Основанием для проектирования служат:

- задание на проектирование;
- градостроительный план участка/проект планировки территории;
- документ, отражающий итоги инженерных изысканий, или задание на проведение инженерных изысканий, если они не выполнены;
- технические условия, в случае если обеспечение функционирования строительного объекта требует технологического присоединения.

### 1.2.1. Требования к составу и содержанию разделов проектной документации

Состав разделов проектной документации и требования к их содержанию устанавливаются Правительством Российской Федерации. Эти требования дифференцируются в зависимости от вида объектов капитального строительства, видов выполняемых работ и их содержания, а также источников финансирования.

Выделяют следующие виды объектов капитального строительства:

- объекты непромышленного назначения (здания, строения, сооружения жилищного фонда, социально-культурного и коммунально-бытового назначения и др.);
- объекты промышленного назначения;
- линейные объекты (линии связи, трубопроводы, линии электропередачи, автомобильные и железные дороги и др.).

К видам работ на объектах капитального строительства, подлежащих проектированию, относят строительство, реконструкцию и, в отдельных случаях, капитальный ремонт.

Строительство – это создание зданий, строений, сооружений (в том числе на месте сносимых объектов капитального строительства) [1, ст. 1].

Реконструкция объектов капитального строительства – это изменение параметров объекта, его частей (высоты, количества этажей, площади, объема), в том числе надстройка, перестройка, расширение объекта, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановления указанных элементов [1, ст. 1].

Капитальный ремонт объектов капитального строительства – это замена и (или) восстановление строительных конструкций или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций, замена и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов или их элементов, а также замена отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций элементы и (или) восстановление указанных элементов [1, ст. 1].

Если при проведении капитального ремонта зданий и их частей не затрагиваются конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности таких объектов, то проектную документацию разрабатывают в объеме одного раздела – сметы. Подготовка иных разделов проектной документации в этом случае осуществляется по инициативе заказчика. Согласно ч. 12.2 ГрК РФ смета на капитальный ремонт является обязательным разделом проектной документации, подготавливаемым на основании задания застройщика (заказчика) на проектирование. Таким образом, если заказчик посчитал, что ему для проведения капитального ремонта достаточно только одного раздела – сметы, то смета и будет выступать проектной документацией, при условии, что проведение капитального ремонта не затрагивает конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности здания или его частей.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требо-

ваниях к их содержанию» проектная документация на объекты капитального строительства производственного и непроизводственного назначения состоит из 12-ти разделов (см. табл. 1.1). При этом разделы 2–10 содержат как текстовую, так и графическую части, разделы 1 и 10 – только текстовую часть [3]. Разделы 5, 6, 9 и 11 проектной документации разрабатываются в полном объеме для объектов капитального строительства, финансируемых полностью или частично за счет средств бюджетов различных уровней [3]. Во всех остальных случаях необходимость и объем разработки указанных разделов определяются заказчиком самостоятельно и указываются в задании на проектирование.

Рассмотрим основные требования к содержанию разделов проектной документации объектов непроизводственного назначения.

**Раздел 1. «Пояснительная записка»** должен содержать:

– реквизиты документов, на основании которых принято решение о разработке проектной документации (например, федеральная целевая программа, программа развития субъекта РФ, комплексная программа развития муниципального образования, решение застройщика и др.);

– исходные данные и условия для подготовки проектной документации (задание на проектирование, результаты инженерных изысканий, правоустанавливающие документы на объект при реконструкции или капитальном ремонте);

– утвержденный градостроительный план земельного участка;

– технические условия на подключения объекта к сетям инженерно-технического обеспечения общего пользования;

– сведения о функциональном назначении объекта, его потребности в топливе, газе, воде и электрической энергии;

– сведения о категории земель, выделенных под застройку;

– технико-экономические показатели проектируемых объектов;

– сведения о компьютерных программах, которые использовались при выполнении расчетов конструктивных элементов зданий и др.

**Раздел 2. «Схема планировочной организации земельного участка»** должен содержать:

– характеристику и технико-экономические показатели земельного участка для размещения объекта, обоснование его планировочной организации;

– обоснование решений по инженерной подготовке и благоустройству территории, в том числе по инженерной защите территории и объектов от последствий опасных геологических процессов, паводковых, поверхностных и грунтовых вод;

– зонирование территории земельного участка, обоснование функционального назначения и принципиальной схемы размещения зон;

– обоснование схем транспортных коммуникаций, обеспечивающих внешний и внутренний подъезд к объекту капитального строительства;

– схему планировочной организации земельного участка, план земельных масс, сводный план сетей инженерно-технического обеспечения с обозначением мест подключения объекта к существующим сетям;

– ситуационный план размещения объекта в границах земельного участка с указанием границ зон с особыми условиями их использования, территорий, подверженных риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и др.

### **Раздел 3. «Архитектурные решения» должен содержать:**

– описание и обоснование внешнего и внутреннего вида объекта, его пространственной, планировочной и функциональной организации;

– описание решений по отделке помещений различного назначения;

– обоснование принятых объемно-пространственных и архитектурно-художественных решений, в том числе в части соблюдения предельных параметров разрешенного строительства;

– перечень мероприятий по обеспечению требований энергетической эффективности к архитектурным решениям;

– описание и обоснование использованных композиционных приемов при оформлении фасадов и интерьеров объекта капитального строительства;

– описание архитектурно-строительных решений, обеспечивающих естественное освещение помещений с постоянным пребыванием людей, защиту помещений от шума, вибрации и др. воздействия;

– отображение фасадов, поэтажные планы зданий и сооружений с приведением экспликации помещений и др.

**Раздел 4. «Конструктивные и объемно-планировочные решения»** должен включать:

– сведения о топографических, инженерно-геологических, гидро-геологических, метеорологических и климатических условиях участка;

– сведения о прочностных и деформационных характеристиках грунта в основании объекта капитального строительства;

– уровень грунтовых вод, их химический состав, агрессивность грунтовых вод и грунта по отношению к материалам, используемым при строительстве подземной части объекта капитального строительства;

– описание и обоснование конструктивных решений зданий, включая их пространственные схемы, принятые при выполнении расчетов строительных конструкций;

– описание и обоснование технических решений, обеспечивающих необходимую прочность, устойчивость, пространственную неизменяемость зданий в целом, а также их отдельных конструктивных элементов, узлов, в процессе изготовления, перевозки, строительства и эксплуатации объекта;

– описание конструктивных и технических решений подземной части, перечень мероприятий по защите конструкций и фундаментов от разрушений;

– обоснование проектных решений и мероприятий, обеспечивающих

соблюдение требуемых теплозащитных характеристик ограждающих конструкций, снижение шума и вибраций, гидроизоляцию и пароизоляцию помещений, безопасного уровня электромагнитных и др. излучений, соблюдение санитарно-гигиенических условий, пожарную безопасность, соответствие требованиям оснащенности их приборами учета энергоресурсов;

– характеристику и обоснование конструкций полов, кровли, подвесных потолков, перегородок, а также отделки помещений;

– перечень мероприятий по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности к конструктивным решениям зданий;

– поэтажные планы зданий и сооружений с указанием размеров и экспликации помещений, чертежи характерных разрезов зданий;

– схемы каркасов и узлов строительных конструкций, расположения ограждающих конструкций и перегородок, планы перекрытий, покрытий, кровли, фундаментов и др.

**Раздел 5. «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений»** должен содержать следующие сведения:

– характеристику источников электро-, водо-, газо- и теплоснабжения;

– обоснование принятой схемы электроснабжения, систем тепло-, водо- и газоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха, выбора конструктивных и инженерно-технических решений здания, обеспечивающих его энергетическую эффективность, требуемый уровень оснащённости приборами учета;

– описание мест расположения приборов учета используемой холодной и горячей воды, электрической и тепловой энергии, газа и устройств сбора и передачи данных от таких приборов;

– перечень мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите;

– план сетей водо-, электро-, тепло- и газоснабжения, водоотведения;

– сведения о существующих и проектируемых источниках водоснабжения, зонах охраны источников питьевого водоснабжения;

– сведения о расчетном (проектном) расходе воды на хозяйственно-питьевые нужды, в том числе на автоматическое пожаротушение и техническое водоснабжение, включая оборотное;

– описание системы автоматизации водо-, электроснабжения;

– принципиальные схемы систем водоснабжения, канализации и водоотведения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, сетей связи и иных слаботочных сетей на объекте строительства, план сетей связи;

– схемы прокладки наружных сетей водоотведения, ливнестоков и дренажных вод;

– сведения о существующих и проектируемых системах канализации, водоотведения и станциях очистки сточных вод;

- обоснование принятых систем сбора и отвода сточных вод, объема сточных вод, концентраций их загрязнений, способов предварительной очистки, применяемых реагентов, оборудования и аппаратуры;
- обоснование энергетической эффективности конструктивных и инженерно-технических решений, используемых в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха помещений, тепловых сетях;
- сведения о тепловых нагрузках на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение на производственные и другие нужды;
- описание систем автоматизации и диспетчеризации процесса регулирования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- местоположения точек присоединения и технические параметры в точках присоединения сетей связи;
- описание системы внутренней связи, радиофикации, телевидения;
- характеристику источника газоснабжения, расчетные (проектные) данные о потребности объекта в газе;
- перечень мероприятий по обеспечению безопасного функционирования объектов системы газоснабжения, описание и обоснование проектируемых инженерных систем по контролю и предупреждению возникновения потенциальных аварий, систем оповещения и связи;
- схему маршрута прохождения газопровода с указанием границ его охранной зоны и сооружений на газопроводе и др.

**Раздел 6. «Проект организации строительства»** должен содержать:

- характеристику района по месту расположения объекта строительства и условий строительства, оценку развитости транспортной инфраструктуры;
- сведения о возможности использования местной рабочей силы при осуществлении строительства;
- описание особенностей проведения работ в условиях стесненной городской застройки, в местах расположения подземных коммуникаций, линий электропередачи и связи;
- обоснование принятой организационно-технологической схемы, определяющей последовательность возведения зданий, инженерных и

транспортных коммуникаций, обеспечивающей соблюдение установленных в календарном плане строительства сроков строительства;

- обоснование размеров и оснащения площадок для складирования материалов, конструкций, оборудования;

- перечень видов строительных и монтажных работ, ответственных конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения, подлежащих освидетельствованию с составлением соответствующих актов;

- технологическую последовательность работ при возведении объекта;

- обоснование потребности строительства в кадрах, строительных машинах, механизмах, транспортных средствах, в топливе и горюче-смазочных материалах, в электрической энергии, паре, воде, временных зданиях и сооружениях;

- предложения по обеспечению контроля качества строительных и монтажных работ, а также поставляемых на площадку конструкций и материалов, по организации службы геодезического и лабораторного контроля;

- перечень мероприятий и проектных решений, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда и окружающей среды в период строительства;

- обоснование принятой продолжительности строительства объекта и его отдельных этапов, календарный план, строительный генеральный план;

- перечень мероприятий по организации мониторинга за состоянием объектов, расположенных рядом со строящимся объектом, работы на котором могут повлиять на техническое состояние и надежность таких объектов и др.

**Раздел 7. «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства»** выполняется при необходимости сноса (демонтажа) объекта или части объекта капитального строительства и должен содержать:

- основание для разработки проекта организации работ по сносу или демонтажу зданий, строений и сооружений;

- перечень объектов, подлежащих сносу (демонтажу), и мероприятий по выведению их из эксплуатации;

- перечень мероприятий по обеспечению защиты ликвидируемых зданий, строений и сооружений от проникновения людей в опасную зону и внутрь объекта, а также защиты зеленых насаждений;
- описание и обоснование принятого метода сноса (демонтажа);
- расчеты и обоснование размеров зон развала и опасных зон;
- описание и обоснование методов защиты сетей инженерно-технического обеспечения, согласованные с владельцами этих сетей;
- описание решений по вывозу и утилизации отходов;
- сведения о наличии согласования с соответствующими государственными органами технических решений по сносу (демонтажу) объекта потенциально опасным методом;
- план земельного участка и прилегающих территорий с указанием места размещения сносимого объекта, сетей инженерно-технического обеспечения, зон развала и опасных зон в период сноса объекта с указанием мест складирования разбираемых материалов, конструкций, изделий;
- технологические карты-схемы последовательности сноса (демонтажа) строительных конструкций и оборудования и др.

**Раздел 8. «Перечень мероприятий по охране окружающей среды»** должен содержать:

- результаты оценки воздействия объекта капитального строительства на окружающую среду;
- перечень мероприятий по предотвращению и (или) снижению возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период строительства и эксплуатации объекта;
- мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов и почвенного покрова, в том числе мероприятия по рекультивации нарушенных или загрязненных земельных участков и почвенного покрова;
- мероприятия по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению опасных отходов;
- мероприятия по охране объектов растительного и животного мира, водных объектов;

– мероприятия по минимизации возникновения возможных аварийных ситуаций на объекте и последствий их воздействия на экосистему региона;

– программу производственного экологического контроля (мониторинга) за характером изменения всех компонентов экосистемы при строительстве и эксплуатации объекта, а также при авариях;

– перечень и расчет затрат на реализацию природоохранных мероприятий и компенсационных выплат;

– ситуационный план (карту-схему) района строительства с указанием на нем границ земельного участка, границ санитарно-защитной зоны, селитебной территории, рекреационных зон, водоохраных зон, зон охраны источников питьевого водоснабжения, мест нахождения расчетных точек, расположения источников выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и устройств по очистке этих выбросов и др.

**Раздел 9. «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»** должен содержать следующую информацию:

– описание системы обеспечения пожарной безопасности объекта;

– обоснование противопожарных расстояний между зданиями, сооружениями;

– описание и обоснование проектных решений по наружному противопожарному водоснабжению, по определению проездов и подъездов для пожарной техники;

– описание и обоснование принятых конструктивных и объемно-планировочных решений, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности строительных конструкций;

– сведения о категории зданий, сооружений, помещений, оборудования и наружных установок по признаку взрывопожарной и пожарной опасности;

– описание и обоснование необходимости размещения оборудования противопожарной защиты, его взаимодействия с инженерными системами зданий;

– расчет пожарных рисков;

– ситуационный план организации земельного участка с указанием въезда (выезда) на территорию и путей подъезда к объектам пожарной техники, схем прокладки наружного противопожарного водопро-

вода, мест размещения пожарных гидрантов и мест размещения насосных станций;

- схемы эвакуации людей и материальных средств из зданий и с прилегающей к зданиям территории в случае возникновения пожара;

- структурные схемы технических систем (средств) противопожарной защиты (автоматических установок пожаротушения, автоматической пожарной сигнализации, внутреннего противопожарного водопровода) и др.

**Раздел 10. «Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов»** должен содержать:

- перечень мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам;

- обоснование принятых конструктивных, объемно-планировочных и иных технических решений, обеспечивающих безопасное перемещение инвалидов, а также их эвакуацию в случае пожара или стихийного бедствия;

- схему планировочной организации земельного участка, с указанием путей перемещения инвалидов;

- поэтажные планы зданий объектов капитального строительства с указанием путей перемещения инвалидов по объекту капитального строительства, путей их эвакуации и др.

**Раздел 10\_1. «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов»** должен содержать:

- потребность, расчетные (проектные) значения нагрузок, объекта капитального строительства в топливе, тепловой энергии, воде, горячей воде для нужд горячего водоснабжения и электрической энергии;

- сведения об источниках энергетических ресурсов, их характеристиках, о параметрах энергоносителей, требованиях к надежности и качеству поставляемых энергетических ресурсов;

- сведения о показателях энергетической эффективности объекта капитального строительства, в том числе о показателях, характеризующих годовую удельную величину расхода энергетических ресурсов на объекте;

- сведения о нормируемых показателях удельных годовых расходов энергетических ресурсов и максимально допустимых величинах отклонений от таких нормируемых показателей;

- сведения о классе энергетической эффективности объекта;

- перечень требований энергетической эффективности, которым здание, строение и сооружение должны соответствовать при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации, и сроки, в течение которых в процессе эксплуатации должно быть обеспечено выполнение указанных требований энергетической эффективности;

- перечень мероприятий по учету и контролю расходования используемых энергетических ресурсов;

- описание и обоснование принятых архитектурных, конструктивных, функционально-технологических и инженерно-технических решений, направленных на повышение энергетической эффективности объекта, в том числе в отношении систем электроснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения (ГВС), оборотного водоснабжения и повторного использования тепла подогретой воды, решений, обеспечивающих естественное освещение помещений;

- описание мест расположения приборов учета энергетических ресурсов, устройств сбора и передачи данных от таких приборов;

- описание и обоснование применяемых систем автоматизации и диспетчеризации, процессов регулирования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

**Раздел 11. «Смета на строительство объектов капитального строительства»** должен содержать пояснительную записку и сметную документацию: сводку затрат, сводный сметный расчет стоимости строительства, объектные и локальные сметные расчеты, сметные расчеты на отдельные виды затрат.

Пояснительная записка к сметной документации должна содержать:

- сведения о месте расположения объекта капитального строительства;

- перечень утвержденных сметных нормативов, принятых для разработки сметной документации, а также обоснование предполагаемой (предельной) стоимости строительства на основе документально

подтвержденных сведений о проектах-аналогах при отсутствии укрупненных нормативов цены строительства;

– обоснование особенностей определения сметной стоимости строительных работ для объекта капитального строительства и др.

Сметная документация на строительство объектов капитального строительства, финансируемых с привлечением средств бюджетов различных уровней, составляется с применением утвержденных сметных нормативов, сведения о которых включены в федеральный реестр сметных нормативов. Разработка и применение индивидуальных сметных нормативов осуществляется по решению Правительства РФ.

Сметная документация составляется с применением базисного уровня цен и цен, сложившихся ко времени ее составления или с применением ресурсного метода определения стоимости строительства. Под базисным уровнем цен понимаются стоимостные показатели сметных нормативов, действовавшие по состоянию на 1 января 2000 г.

**Раздел 12. «Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами»** должен содержать следующую документацию, необходимость разработки которой предусмотрена законодательными актами РФ:

– декларацию промышленной безопасности опасных производственных объектов;

– декларацию безопасности гидротехнических сооружений;

– перечень мероприятий по гражданской обороне, по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера для технически сложных, уникальных объектов, объектов обороны и безопасности.

При подготовке проектной документации для проведения работ по сохранению объектов культурного наследия в случае, если затрагиваются конструктивные и иные характеристики надежности и безопасности таких объектов, содержащиеся в проектной документации решения и мероприятия должны соответствовать требованиям законодательства РФ об охране объектов культурного наследия (ФЗ № 73 от 25.06.2002 «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»).

Проектная документация сложных, уникальных объектов также должна содержать перечень мероприятий по гражданской обороне, ме-

роприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, мероприятий по противодействию терроризму.

Разработанная проектная документация и все изменения, вносимые в нее, утверждаются застройщиком, техническим заказчиком, лицом, ответственным за эксплуатацию здания или региональным оператором.

До утверждения проектной документации застройщик или технический заказчик направляет ее на экспертизу. Проектная документация утверждается застройщиком или техническим заказчиком при наличии положительного заключения экспертизы проектной документации.

### 1.2.2. Требования к разработчику проектной документации

Разработку проектной документации может выполнять сам застройщик, являющийся членом саморегулируемой организации (СРО) в области архитектурно-строительного проектирования, либо привлекаемое застройщиком/заказчиком на основании договора подряда физическое или юридическое лицо, также имеющее членство в СРО [1, ч. 4 ст. 48].

В соответствии с действующим законодательством разработку проектной документации на строительство и реконструкцию объектов капитального строительства могут выполнять также организации, не имеющие членства в СРО в области архитектурно-строительного проектирования. К их числу относятся:

1) государственные и муниципальные унитарные предприятия, государственные и муниципальные казенные предприятия, в случае заключения ими договоров подряда на подготовку проектной документации с федеральными органами исполнительной власти, государственными корпорациями, органами государственной власти субъектов РФ и местного самоуправления, в ведении которых находятся эти предприятия, учреждения;

2) коммерческие организации, в уставных капиталах которых доля государственных и муниципальных унитарных предприятий, государственных и муниципальных автономных учреждений составляет более 50 %, в случае заключения такими коммерческими организациями

договоров подряда на подготовку проектной документации с указанными предприятиями, учреждениями;

3) юридические лица, созданные публично-правовыми образованиями, в случае заключения с ними договоров подряда на подготовку проектной документации в установленных сферах деятельности (в областях, для целей осуществления деятельности в которых созданы указанные юридические лица), а также коммерческие организации, в уставных (складочных) капиталах которых доля указанных юридических лиц составляет более 50 %, в случае заключения такими организациями договоров подряда на подготовку проектной документации или в случае выполнения такими организациями функций технического заказчика от имени указанных юридических лиц;

4) юридические лица, в уставных (складочных) капиталах которых доля публично-правовых образований составляет более 50 %, в случае заключения с ними договоров подряда на подготовку проектной документации с федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления, в установленных сферах деятельности которых указанные юридические лица осуществляют уставную деятельность, или в случае выполнения указанными юридическими лицами функций технического заказчика от имени этих федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления [1].

Лицо, осуществляющее подготовку проектной документации, организует и координирует работы по ее подготовке, несет ответственность за качество и соответствие проектной документации требованиям технических регламентов [1, ст. 48, раздел 5]. Лицо, осуществляющее подготовку проектной документации, вправе выполнять отдельные виды работы по ее подготовке самостоятельно при условии соответствия такого лица установленным требованиям и (или) с привлечением других соответствующих указанным требованиям лиц.

Проектные организации, как правило, специализируются на проектировании объектов конкретной отрасли строительства – промышленного, гидротехнического, мелиоративного, гражданского, сельскохозяйственного, транспортного значения и т.д.

Перед началом проектных работ заказчик заключает договор с проектировщиком и выдает ему техническое задание на проектирование, прилагая к заданию основные документы, подготовленные на предпроектной стадии (в первую очередь, обоснование инвестиций и архитектурно-планировочное задание). В разработке технического задания обычно принимает участие и сам проектировщик, но его роль в основном сводится к конкретизации и уточнению задач, которые ставит заказчик, окончательный текст задания подписывает заказчик.

В отличие от действующих ранее нормативных документов, в настоящее время не обязательно соблюдать стадийность проектирования. На практике используется два понятия – «Рабочая документация» и «Проектная документация». При этом допускается одновременная разработка проектной и рабочей документации по решению заказчика и по согласованию с экспертной организацией.

### **1.3. Согласование и экспертиза проектной документации**

Экспертиза проектных документов представляет собой определенный порядок действий по оценке ее соответствия требованиям технических регламентов, включая экологические, санитарно-эпидемиологические требования, требования радиационной, ядерной, промышленной, пожарной и др. видов безопасности, а также требования государственной охраны предметов культурного наследия.

Экспертиза не проводится в отношении проектной документации следующих объектов капитального строительства:

- 1) объекты индивидуального жилищного строительства, садовые дома;
- 2) жилые дома блокированной застройки, предназначенные для проживания отдельных семей, в случае, если строительство или реконструкция таких объектов осуществляется без привлечения бюджетных средств;
- 3) отдельно стоящие объекты капитального строительства с количеством этажей не более чем два, общей площадью не более 1500 м<sup>2</sup>, которые не предназначены для проживания граждан и осуществления производственной деятельности и не являются особо опасными, технически сложными или уникальными объектами;

4) отдельно стоящие объекты капитального строительства с количеством этажей не более чем два, общей площадью не более 1500 м<sup>2</sup>, которые предназначены для осуществления производственной деятельности и для которых не требуется установление санитарно-защитных зон, которые не являются особо опасными, технически сложными или уникальными объектами [1].

Экспертиза указанных объектов является обязательной в случаях, если:

– строительство, реконструкцию указанных объектов капитального строительства планируется осуществлять в границах охранных зон трубопроводов;

– указанные объекты относятся к объектам массового пребывания граждан [1].

Критерии отнесения объектов капитального строительства к объектам массового пребывания граждан утверждаются федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по формированию и реализации государственной политики, нормативно-правовому регулированию в сфере строительства, архитектуры, градостроительства.

Экспертиза проектной документации не проводится также в случае, если для строительства или реконструкции объекта капитального строительства не требуется получение разрешения на строительство. Экспертиза проектной документации не проводится в отношении разделов проектной документации, подготовленных для проведения капитального ремонта объектов капитального строительства.

Экспертиза проектной документации и экспертиза результатов инженерных изысканий проводятся в форме государственной экспертизы или негосударственной экспертизы.

Застройщик, технический заказчик или лицо, обеспечившее выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации, по своему выбору направляет проектную документацию и результаты инженерных изысканий на государственную или негосударственную экспертизу, за исключением случаев, если в отношении проектной документации объектов капитального строительства и результатов инженерных изысканий предусмотрено обязательное проведение государственной экспертизы.

Основной целью государственной или негосударственной экспертизы разработанной проектной документации является оценка:

- надежности и устойчивости объекта;
- качества архитектурных решений;
- обеспечения безопасности при эксплуатации объекта;
- правильного использования природных ресурсов;
- рациональности затрат материалов, энергии и финансов.

Экспертиза результатов инженерных изысканий позволяет установить, насколько точны итоги проведенных изысканий и в какой мере они соответствуют нормам строительства, эксплуатации будущего объекта. Проведенная экспертиза позволяет разработать рекомендации и сделать объективные выводы о том, насколько условия выбранного земельного участка соответствуют назначению и особенностям конструкции будущей постройки.

В процессе проведения экспертизы проектной документации проверяется соответствие принятых проектных решений требованиям технических регламентов, правилам промышленной и противопожарной безопасности, действующим санитарно-экологическим и санитарно-гигиеническим нормам и др. Экспертиза проектной документации позволяет проверить:

- соответствие проектной документации нормативным требованиям;
- правильность определения сроков строительства;
- правильность применения расценок и коэффициентов при составлении сметы;
- соответствие расчетов в базисных ценах расчетам в текущих ценах;
- наличие ошибок в проектной документации;
- финансовую целесообразность проекта, его социальную значимость и экономическую привлекательность.

Грамотно проведенная экспертиза проектной документации позволяет своевременно определить допущенные в проекте ошибки, неточности, просчеты и вовремя избавиться от них, помогает избежать перерасхода средств из-за выбора неверной схемы финансирования строительства.

Результатом как государственной, так и негосударственной экспертизы результатов инженерных изысканий является заключение о соответствии (положительное заключение) или несоответствии (отрицательное заключение) результатов инженерных изысканий требованиям технических регламентов.

Результатом государственной или негосударственной экспертизы проектной документации является заключение:

– о соответствии (положительное заключение) или несоответствии (отрицательное заключение) проектной документации результатам инженерных изысканий, заданию на проектирование и требованиям, предусмотренным пунктом 1 части 5 ст. 46 ГрК РФ;

– о достоверности (положительное заключение) или недостоверности (отрицательное заключение) определения сметной стоимости строительства объектов капитального строительства.

Отрицательное заключение экспертизы может быть оспорено застройщиком или техническим заказчиком в судебном порядке. Застройщик или технический заказчик вправе направить повторно проектную документацию и результаты инженерных изысканий на экспертизу после внесения в них необходимых изменений.

### 1.3.1. Государственная экспертиза проектной документации

Государственная экспертиза проектной документации проводится с целью установления безопасности проектируемого здания или сооружения, его соответствия предписаниям технического регламента, а также оценки достоверности определения сметной стоимости объектов капитального строительства для обеспечения безопасности граждан, эффективности и целесообразности расходования бюджетных денежных средств, развития инфраструктуры России.

Порядок прохождения экспертизы обусловлен постановлением Правительства РФ № 145 от 05.03.2007 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы...».

Проведением государственной экспертизы проектной документации, результатов инженерных изысканий, проверки сметной стоимости проектов, финансирование которых планируется частично или полностью осуществлять на средства бюджета, занимаются территориальные подразделения ФАУ «Главгосэкспертиза России», которые осуществляют деятельность в рамках установленных полномочий (ч. 4.1 ст. 49 «Градостроительного кодекса РФ, приложения 1–3 к распоряжению № 34-р от 05.04.2007 ФГУ «Главгосэкспертиза России»).

Срок проведения государственной экспертизы определяется сложностью объекта капитального строительства, но не должен превышать сорок два рабочих дня. Указанный срок может быть продлен по заявлению застройщика или технического заказчика не более чем на двадцать рабочих дней [4].

В течение 30 рабочих дней проводится государственная экспертиза:

- результатов инженерных изысканий, которые направлены на государственную экспертизу до направления на эту экспертизу проектной документации;

- проектной документации или проектной документации и результатов инженерных изысканий в отношении объектов капитального строительства, строительство, реконструкция которых будут осуществляться в особых экономических зонах [4].

Государственная экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий в отношении жилых объектов капитального строительства, в том числе со встроенно-пристроенными нежилыми помещениями, не относящихся к уникальным объектам, проводится в течение не более 20 рабочих дней [4].

В обязательном порядке государственной экспертизе подлежат проектная документация и результаты инженерных изысканий в отношении следующих объектов:

- 1) объектов, строительство, реконструкцию которых предполагается осуществлять на территориях двух и более субъектов РФ, посольств, консульств РФ за рубежом, в исключительной экономической зоне

РФ, на континентальном шельфе РФ, во внутренних морских водах, в территориальном море РФ;

2) объектов обороны и безопасности, иных объектов, сведения о которых составляют государственную тайну;

3) автомобильных дорог федерального значения;

4) объектов капитального строительства инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования и объектов капитального строительства инфраструктуры воздушного транспорта (в случае строительства данных объектов в рамках концессионного соглашения);

5) объектов культурного наследия федерального, регионального и местного значения, если при проведении работ по сохранению объекта культурного наследия затрагиваются конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности таких объектов;

б) особо опасных и технически сложных объектов:

а) объектов атомной энергии;

б) гидротехнических сооружений первого и второго классов;

в) сооружений связи, являющихся особо опасными, технически сложными в соответствии с законодательством Российской Федерации в области связи;

г) линий электропередачи и иных объектов электросетевого хозяйства напряжением 330 кВт и более;

д) объектов космической инфраструктуры;

е) объектов инфраструктуры воздушного транспорта (взлетно-посадочные полосы, рулежные дорожки, места стоянок воздушных судов и перроны аэродромов с искусственным покрытием с длиной взлетно-посадочной полосы 1300 м и более, аэровокзалы (терминалы) пропускной способностью 100 пассажиров в час и более, а также объекты инфраструктуры воздушного транспорта, в состав которых входят объекты, относящиеся к особо опасным, технически сложным объектам);

ж) объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования (тоннели длиной более 500 м, мостовые переходы с опорами высотой от 50 до 100 м, железнодорожные вокзалы расчетной вместимостью свыше 900 пассажиров, сортировочные горки с объ-

емом переработки более 3500 вагонов в сутки, а также объекты инфраструктуры, в состав которых входят объекты, относящиеся к особо опасным, технически сложным объектам);

з) портовые гидротехнические сооружения, относящиеся к объектам инфраструктуры морского порта, за исключением объектов инфраструктуры морского порта, предназначенных для стоянок и обслуживания маломерных, спортивных парусных и прогулочных судов;

и) тепловые электростанции мощностью 150 МВт и выше;

к) подвесные канатные дороги;

л) опасные производственные объекты, подлежащие регистрации в государственном реестре: объекты I и II классов опасности, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества;

б) уникальных объектах – объектах капитального строительства, в проектной документации которых предусмотрена хотя бы одна из следующих характеристик:

а) высота более чем 100 м, для ветроэнергетических установок – более чем 250 м;

б) пролеты более чем 100 м;

в) наличие консоли более чем 20 м;

г) заглубление подземной части (полностью или частично) ниже планировочной отметки земли более чем на 15 м;

7) объектов размещения отходов, объектов обезвреживания отходов, иных объектов, определенных Правительством РФ, а также результатов инженерных изысканий, выполняемых для подготовки проектной документации указанных в настоящем пункте объектов;

8) объекты, сметная стоимость строительства, реконструкции, капитального ремонта которых подлежит проверке на предмет достоверности ее определения;

9) объекты, строительство и реконструкцию которых предполагается осуществлять в границах особо охраняемых природных территорий [4].

Порядок проведения государственной экспертизы проектной документации на особо опасные, технически сложные и уникальные объекты определяется Правительством Российской Федерации.

### 1.3.2 Негосударственная экспертиза проектной документации

Целью создания и развития негосударственной экспертизы является формирование альтернативного института проектной экспертизы, конкурентного государственной экспертизе, а также развитие экспертного дела в стране.

Возможность проведения экспертизы проектной документации в органах негосударственной экспертизы закреплена ст. 50 Градостроительного кодекса Российской Федерации, введенной в действие в 2004 г.

Согласно ст. 50 Градостроительного кодекса, лицо (или лица), осуществляющее подготовку проектной документации, может обратиться для проведения экспертизы в негосударственную организацию.

Проведение негосударственной экспертизы также сопровождается заключением договора. Организация, проводящая негосударственную экспертизу проектной документации, должна быть аккредитована в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Порядок проведения негосударственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий регламентируется Постановлением Правительства РФ от 31.03.2012 № 272 «Об утверждении Положения об организации и проведении негосударственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий».

Согласно п. 6 Постановления Правительства РФ № 272 все процедуры негосударственной экспертизы, включая подготовку экспертного заключения и порядок его обжалования, регулируются Положением об организации и проведении государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий [6].

Правовой основой осуществления деятельности в области негосударственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий являются:

– Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2012 № 271 «О порядке аттестации на право подготовки заключений экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий»;

– Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2008 № 1070 «О порядке аккредитации на право проведения негосударственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий» (с изменениями на 15.12.2016).

В большинстве случаев экспертизу проектной документации проводит несколько экспертов – опытных специалистов в области строительства, планирования, монтажных работ, юриспруденции, управления и экономики. Согласно приказу Приказа Минстроя от 29.06.2017 № 941/пр перечень направлений деятельности специалистов по экспертизе проектной документации включает в себя следующие основные направления:

- схемы планировочной организации земельных участков;
- объемно-планировочные и архитектурные решения;
- конструктивные решения;
- охрана окружающей среды;
- пожарная безопасность;
- организация строительства;
- системы водоснабжения и водоотведения;
- системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и холодоснабжения;
- системы газоснабжения;
- системы электроснабжения;
- системы связи и сигнализации;
- ценообразование и сметное нормирование.

## Контрольные вопросы

1. Что такое проектная документация?
2. Что такое рабочий проект?
3. Перечислите состав и содержание разделов рабочего проекта.
4. Что является основанием для проектирования?
5. Опишите порядок подготовки проектной документации.
6. Перечислите виды экспертиз проектной документации и результатов инженерных изысканий, назовите цели и задачи экспертизы.
7. Что является результатом государственной и негосударственной экспертизы проектной документации?
8. Что является результатом государственной и негосударственной экспертизы инженерных изысканий?
9. Перечислите объекты, в отношении которых необходимо проводить государственную экспертизу проектной документации и результатов инженерных изысканий.
10. Перечислите объекты, в отношении которых необходимо проводить негосударственную экспертизу проектной документации и результатов инженерных изысканий.
11. Для каких объектов не требуется проведение экспертизы?
12. В каких случаях разработка проектной документации не требуется на строительство и капитальный ремонт здания?
13. С какой целью проводят экспертизу сметной стоимости строительства?
14. Какие требования к энергетической эффективности зданий должны быть учтены в проектной документации?  
Какие разделы проектной документации содержат обоснования принятых решений в части энергосбережения и повышения энергетической эффективности здания?

## 2. СОВРЕМЕННЫЕ СТАНДАРТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

На протяжении всей истории человечества стандарты к жилью периодически менялись, что связано с объективными социально-экономическими процессами, протекающими в обществе. Если изначально основной функцией жилья была защита человека от внешних погодных условий, враждебных ему существ, и, соответственно, главными требованиями к жилью выступали его прочность, надежность и долговечность, то впоследствии появились такие требования, как обеспечение архитектурно-художественной выразительности здания, его минимальной стоимости (доступности по цене), уровня комфортности.

Для обеспечения доступности жилья возникли типовые проекты зданий и объекты массовой жилой застройки, типичными примерами которых являются здания советской эпохи СССР, так называемые «хрущевки» (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Пример советской массовой жилой застройки («хрущевки») в России

Следует отметить, что массовая типовая застройка стала отличительной чертой послевоенного строительства не только СССР, но и многих стран, пострадавших в ходе Второй мировой войны (рис. 2.2–2.4) [7].



Рис. 2.2. Массовая жилая застройка в г. Марселе (Франция)



Рис. 2.3. Типовые многоэтажные здания, район Марцан-Хеллерсдорф, г. Берлин (Германия)

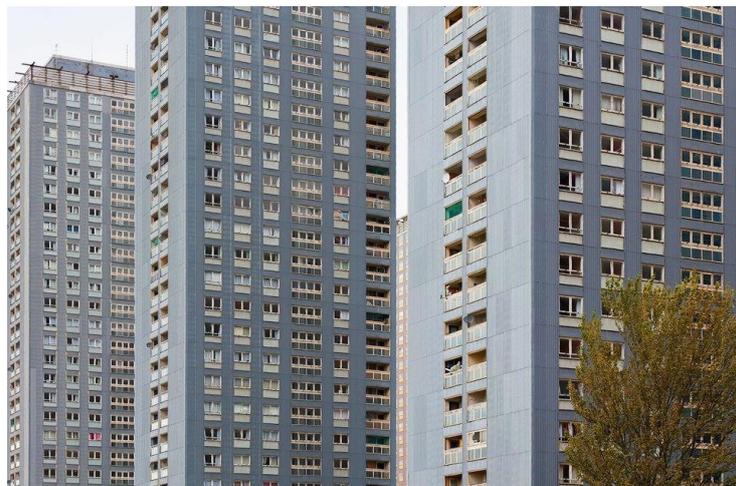


Рис. 2.4. Комплекс Red Road Flats в Глазго (Шотландия)

Несмотря на современную критику объектов массовой жилой застройки, прежде всего, советской эпохи, не стоит забывать, что они решили главную задачу того времени – обеспечение граждан доступным жильем.

Современный этап развития общества диктует свои требования к зданиям, повышает требования к уровню комфортности их внутренней среды, выводит на первый план проблемы взаимодействия человека и природы, необходимости обеспечения устойчивого развития территорий и т.д. С ростом требований к уровню комфортности жилья меняются представления о его внешнем виде, функциональности, конструктивных решениях. Рассмотрим эксплуатационные характеристики современных типов зданий.

## **2.1. Характеристика параметров эксплуатационных качеств современных типов зданий**

С развитием строительной науки происходит становление научной базы проектирования зданий, формируются научно обоснованные характеристики зданий – параметры эксплуатационных качеств (ПЭК), обеспечивающие соответствие зданий действующим требованиям и нормам.

Параметры эксплуатационных качеств – это научно обоснованные эксплуатационно-технические характеристики материала, конструкции, инженерного оборудования, среды обитания и здания в целом, а также их совокупность, отвечающие требованиям функционального назначения и воздействующих на них внешних факторов. ПЭК определяют способность здания выполнять возложенные на него функции и устанавливаются на основе научных исследований и обобщения опыта эксплуатации по СНиПам и другим нормативным документам.

ПЭК устанавливаются на этапе проектирования строительных объектов, материализуются в ходе выполнения строительного-монтажных работ и поддерживаются на заданном уровне соответствующими службами в процессе эксплуатации здания. Каждому зданию в зависимости от его назначения предъявляют свои требования к эксплуатационно-техническим характеристикам, поэтому набором ПЭК и их значениями здания отличаются друг от друга.

Длительное время выделяли всего две группы параметров эксплуатационных качеств жилых зданий:

- параметры, характеризующие физико-техническое состояние здания: долговечность, прочность, деформативность, раскрытие трещин, герметичность, теплозащита и др.;
- параметры, характеризующие моральную долговечность: соответствие здания современному назначению по объемно-планировочным решениям, инженерному оборудованию, архитектурным требованиям и т.п. [8].

Постоянное повышение требований к уровню комфортности среды обитания человека требует обновления и совершенствования набора параметров эксплуатационных качеств: технических, объемно-планировочных, санитарно-гигиенических, экономических и эстетических характеристик здания. Так, например, ужесточение требований к уровню энергосбережения и энергоэффективности зданий привело к тому, что эти показатели были выделены в отдельную учитываемую категорию ПЭК.

Современные здания должны быть экономичными при строительстве и эксплуатации, не оказывать отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, обеспечивать условия для оптимального функционирования протекающих в них процессов, быть доступными по стоимости большей части населения [8, 9]. Параметры эксплуатационных качеств, характеризующие современные типы зданий, представлены на рис. 2.5.

К числу основных ПЭК современных жилых зданий относятся:

- прочность, устойчивость и долговечность конструкций, а также здания в целом;
- комфортность внутренней среды (температура, влажность воздуха, звукоизоляция помещений, воздухообмен, химический состав воздуха и др.);
- функциональная комфортность и эстетичность здания;
- стоимость жизненного цикла здания, характеризующаяся экономичностью строительства и будущей эксплуатации здания.



Рис. 2.5. Классификация параметров эксплуатационных качеств современных жилых зданий

В соответствии с рис. 2.5 современные здания должны отвечать требованиям технической целесообразности, т.е. должны надежно защищать людей от внешних воздействий, воспринимаемых зданием в целом и его отдельными элементами, быть прочными, устойчивыми, долговечными, сохранять нормальные эксплуатационные качества во времени.

Воздействия, оказываемые на здания, подразделяются на две группы: силовые (рис. 2.6) и несиловые (табл. 2.1) [10].

Таблица 2.1

Характеристика не силовых видов воздействий на здания  
и его результатов

Наименование несилового воздействия	Результат воздействия на здание
Температурные воздействия	Вызывают изменение линейных размеров конструкций, влияют на тепловой режим помещений
Воздействие паров, атмосферной и грунтовой влаги	Вызывают изменение свойств материалов конструкций здания
Движение воздуха	Вызывают инфильтрацию воздуха и изменение микроклимата в помещении
Воздействие прямой солнечной радиации	Вызывает изменение физико-технических свойств материалов конструкций, теплового и светового режима помещений
Воздействие агрессивных химических примесей, содержащихся в воздухе, грунтовых водах	Приводят к коррозии материалов конструкций здания
Биологические воздействия, вызванные микроорганизмами, насекомыми	Приводят к разрушению конструкций и ухудшению внутренней среды помещений
Звуковое (шумовое) воздействие	Нарушение акустического режима помещений



Рис. 2.6. Классификация силовых нагрузок на здание

В соответствии с представленной выше классификацией действующих на здание нагрузок и воздействий, к зданиям и их конструкциям предъявляют требования по прочности, устойчивости, жесткости, долговечности.

Прочность – это способность воспринимать нагрузки без разрушения.

Устойчивость – это способность конструкций здания сохранять равновесие при внешних и внутренних нагрузках.

Жесткость – способность конструкций нести нагрузку с минимальными, заранее заданными нормами деформациями.

Долговечность – способность здания и его конструкций выполнять свои функции и сохранять свои качества в течение предельного срока эксплуатации, на который они рассчитаны. Долговечность зданий определяется предельным сроком службы, зависит от долговечности строительных материалов, из которых изготовлены их конструктивные элементы, от условий и качества эксплуатации здания, его конструкций и инженерных систем.

Важным требованием, предъявляемым к зданиям, является его пожарная безопасность – состояние объекта, исключающее с определенной вероятностью возможность возникновения и развития пожара, воздействия на людей его опасных факторов, включая защиту материальных ценностей от уничтожения.

Применяемые материалы и конструкции делятся на три группы:

- негорючие (не горят, не тлеют и не обугливаются под воздействием огня или высокой температуры);

- трудногорючие (под воздействием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются, но после удаления источника огня или высокой температуры горение и тление прекращаются);

- сгораемые (под воздействием открытого огня, высокой температуры горят, тлеют или обугливаются и после удаления источника огня/температуры продолжают гореть или тлеть) [11].

Конструкции здания характеризуются пределом огнестойкости – сопротивлением воздействию огня (в часах) до потери прочности или устойчивости либо до образования сквозных трещин, повышения температуры на поверхности конструкции со стороны, противоположной

действию огня, в среднем более чем на 140° С [11]. Исходя из долговечности здания и степени его огнестойкости в заданных условиях эксплуатации определяют его капитальность (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Классификация зданий по группам капитальности

Группы зданий	Долговечность (срок службы здания)	Степень огнестойкости	Капитальность здания
1	2	3	4
I	Более 100 лет	Несгораемые (несущие и ограждающие конструкции выполнены из камня, бетона, кирпича с применением плитных или листовых несгораемых материалов)	Здания каменные, особо капитальные; фундаменты – каменные и бетонные; стены – каменные (кирпичные) и крупноблочные; перекрытия – железобетонные (срок службы – 150 лет)
II	От 50 до 100 лет	Несгораемые и трудносгораемые (несущие и ограждающие конструкции выполнены из камня, бетона, кирпича с применением плитных или листовых несгораемых материалов, но имеют меньший предел огнестойкости)	Здания каменные, обыкновенные; фундаменты – каменные; стены – каменные (кирпичные), крупноблочные и крупнопанельные; перекрытия – железобетонные или смешанные, а также каменные своды по металлическим балкам (срок службы – 125)
III	От 20 до 50	Несгораемые, трудносгораемые и сгораемые (стены и опоры несгораемые, а перекрытия и перегородки трудносгораемые)	Здания каменные, облегченные; фундаменты каменные и бетонные; стены из облегченной кладки из кирпича, шлакоблоков, ракушечника; перекрытия деревянные, железобетонные или каменные своды по металлическим балкам (срок службы – 100)
IV	До 20 лет (временные здания)	Для всех конструкций допускается применение сгораемых материалов с минимальным пределом огнестойкости 15 мин, кроме стен лестничных клеток	Здания деревянные, рубленые и брусчатые, смешанной конструкции; фундаменты – ленточные бутовые; стены – рубленые, брусчатые, смешанные (кирпич и дерево); перекрытия – деревянные (срок службы – 50)

1	2	3	4
V	–	Временные здания (предел огнестойкости их конструкций не нормируется)	Здания сборно-щитовые, каркасные, глинобитные, саманные; фундаменты – на деревянных стульях при бутовых столбах; стены – каркасные и др.; перекрытия – деревянные (срок службы – 30)
VI	–	–	Здания каркасно-камышитовые, из досок и прочие облегченные (срок службы – 15)

Следующая группа параметров эксплуатационных качеств – комфортность, включающая понятие гигиеничности внутренней среды и функциональной комфортности зданий.

Функциональная комфортность подразумевает уровень удобства пребывания людей и осуществления их деятельности в искусственной среде здания, т.е. здание должно полностью отвечать тому процессу, для которого оно предназначено. К понятию функциональной комфортности также отнесено эстетическое восприятие здания через призму эргономики, так как высокие эстетические свойства объекта создают условия, способствующие появлению чувства удовлетворения от пребывания в данной среде.

Здания должны обладать архитектурно-художественной выразительностью, быть привлекательными по своему внешнему (экстерьеру) и внутреннему (интерьеру) виду, способствовать формированию качественной визуальной среды города, благоприятно воздействовать на психологическое состояние и сознание людей.

Качество внутренней среды здания зависит от следующих факторов:

- пространство для деятельности человека, размещения оборудования и движения людей;
- состояние воздушной среды (температура и влажность, скорость движения воздуха, воздухообмен в помещении);

- звуковой режим (обеспечение слышимости и защита от мешающих шумов);
- световой режим;
- видимость и зрительное восприятие;
- обеспечение удобств передвижения и безопасной эвакуации людей.

Существенное воздействие на формирование у человека ощущения комфортности пребывания в помещении, а также на работоспособность человека и его иммунитет оказывает микроклимат помещений.

Микроклимат – комплекс физических факторов внутренней среды помещений, оказывающий влияние на тепловой обмен организма и здоровье человека.

В соответствии с ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» к параметрам, характеризующим микроклимат в жилых и общественных помещениях, относятся:

- температура воздуха;
- скорость движения воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- результирующая температура помещения;
- локальная асимметрия результирующей температуры [12].

При проектировании зданий следует обеспечивать оптимальные или допустимые параметры микроклимата в его помещениях:

- оптимальные параметры микроклимата – сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении;

- допустимые параметры микроклимата – сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощу-

щение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья [12].

Существенный вклад в обеспечение оптимальных параметров микроклимата вносят инженерные системы здания: системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Вопросы проектирования этих инженерных систем, а также обеспечения оптимальных параметров микроклимата зданий, неразрывно связаны с проблемой энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий.

Энергосбережение – это реализация комплекса мероприятий, технического, организационного, экономического, научного и другого характера, направленных на снижение объема потребляемых зданием ресурсов, прежде всего, энергии и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий являются особенно актуальными на современном этапе развития общества, в условиях непрерывного роста объема энергопотребления на планете, ограниченности запасов ископаемых топливно-энергетических ресурсов и угрозами экологической безопасности планеты, которые несут в себе процессы добычи, передачи, переработки и потребления энергетических ресурсов.

Для снижения объемов ресурсов, потребляемых зданиями, во всех развитых странах мира были разработаны соответствующие нормы и требования, соблюдение которых является обязательным условием ввода в эксплуатацию вновь построенного или прошедшего капитальный здания.

Другой важной характеристикой объекта выступает его экономичность (стоимость жизненного цикла), что подразумевает не только минимальную стоимость 1 м<sup>2</sup> жилья, но и совокупные затраты в ходе будущей эксплуатации и ликвидации здания.

Стоимость жизненного цикла здания (СЖЦЗ) – расчетная величина денежного выражения совокупных издержек владения жилым домом, включающих в себя расходы на выполнение строительно-монтажных работ, последующее обслуживание, эксплуатацию в течение

ние срока его службы, ремонт и утилизацию объекта [13]. Т.е. в стоимость жизненного цикла укрупненно включаются капитальные затраты, стоимость технического обслуживания, эксплуатации, а также расходы на утилизацию объекта.

В основе расчета стоимости жизненного цикла лежит метод Life-Cycle Cost Analysis, который позволяет выбрать среди нескольких вариантов проектных решений наилучший, в данных конкретных условиях, путем сравнения получаемой СЖЦ здания по каждому варианту.

Минимальная стоимость жизненного цикла (экономичность) здания обеспечивается соблюдением ряда условий, основными из которых являются:

- применение рациональных конструкций, изготавливаемых простыми и дешевыми способами, и промышленных методов возведения зданий;

- выбор конструкций и материалов, отвечающих требуемой долговечности, с учетом будущих эксплуатационных затрат на их содержание и ремонт;

- отсутствие излишеств в архитектурно-планировочных решениях и отделке зданий;

- применение эффективных быстрокупаемых энергосберегающих решений и др.

Описанные в этом подразделе эксплуатационно-технические характеристики, отвечающие современным типам зданий, нельзя рассматривать в отрыве друг от друга. Обычно при проектировании здания принимаемые решения являются результатом согласованности и оптимизации с учетом действующих обязательных законодательных, нормативно-технических, а также индивидуальных требований заказчика-застройщика. Эффективным инструментом оптимизации выбора инженерных решений на этапе проектирования здания для обеспечения его наилучших эксплуатационно-технических характеристик и минимальной стоимости ЖЦ выступают технологии информационного моделирования здания.

## 2.2. Стандарты «зеленого» строительства в России и за рубежом

«Зеленое» строительство – это совокупность современных подходов, принципов и технологий строительства и эксплуатации зданий, оказывающих минимальное отрицательное воздействие на окружающую среду при сохранении и (или) повышении уровня комфортности и качества протекающих в здании процессов на протяжении его жизненного цикла.

«Зеленое» здание – объект, прошедший сертификацию в системе «зеленых» стандартов в строительстве.

«Зеленые» стандарты – правила, принципы проектирования и строительства объектов с минимальным уровнем потребления энергетических и материальных ресурсов и негативного воздействия на окружающую среду в течение их жизненного цикла. «Зеленые» стандарты определяют критерии экологичных зданий и формируют условия их создания, эксплуатации и ликвидации. Эти критерии охватывают широкий спектр проблем, связанных с созданием безопасной и комфортной среды обитания человека, включая:

- уменьшение объемов потребляемых зданием ресурсов (энергии и воды) на протяжении его жизненного цикла;
- создание оптимальных параметров микроклимата внутри помещений;
- внедрение в работу инженерных систем здания возобновляемых источников энергии;
- очистку сточных вод;
- использование экологически безопасных материалов, изделий и конструкций и др.

Наиболее распространенными стандартами и системами оценки уровня экологичности зданий являются британский стандарт BREEAM (BRE Environmental Assessment Method, 1990 г.), американский стандарт LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, 1998 г.) и немецкий стандарт DGNB (German Sustainable Building Certification system, 2007 г.).

Эти три стандарта, получившие статус международных, легли в основу многих других, национальных стандартов оценки устойчивости

и экологической безопасности зданий. В настоящее время национальные «зеленые» стандарты разработаны во многих странах мира, например, во Франции действует стандарт HQE (Haute Qualité Environnementale) (1996 г.), в Швейцарии – стандарт Minergie (1998 г.), в Австралии – Green Star (2003 г.), в Сингапуре – Green Mark (2005 г.) и т.д.

В России реализация «зеленых» проектов осуществляется в рамках как международных систем рейтинговой оценки, названных выше, так и на основе отечественных, специально разработанных стандартов (рис. 2.7) [14–16].

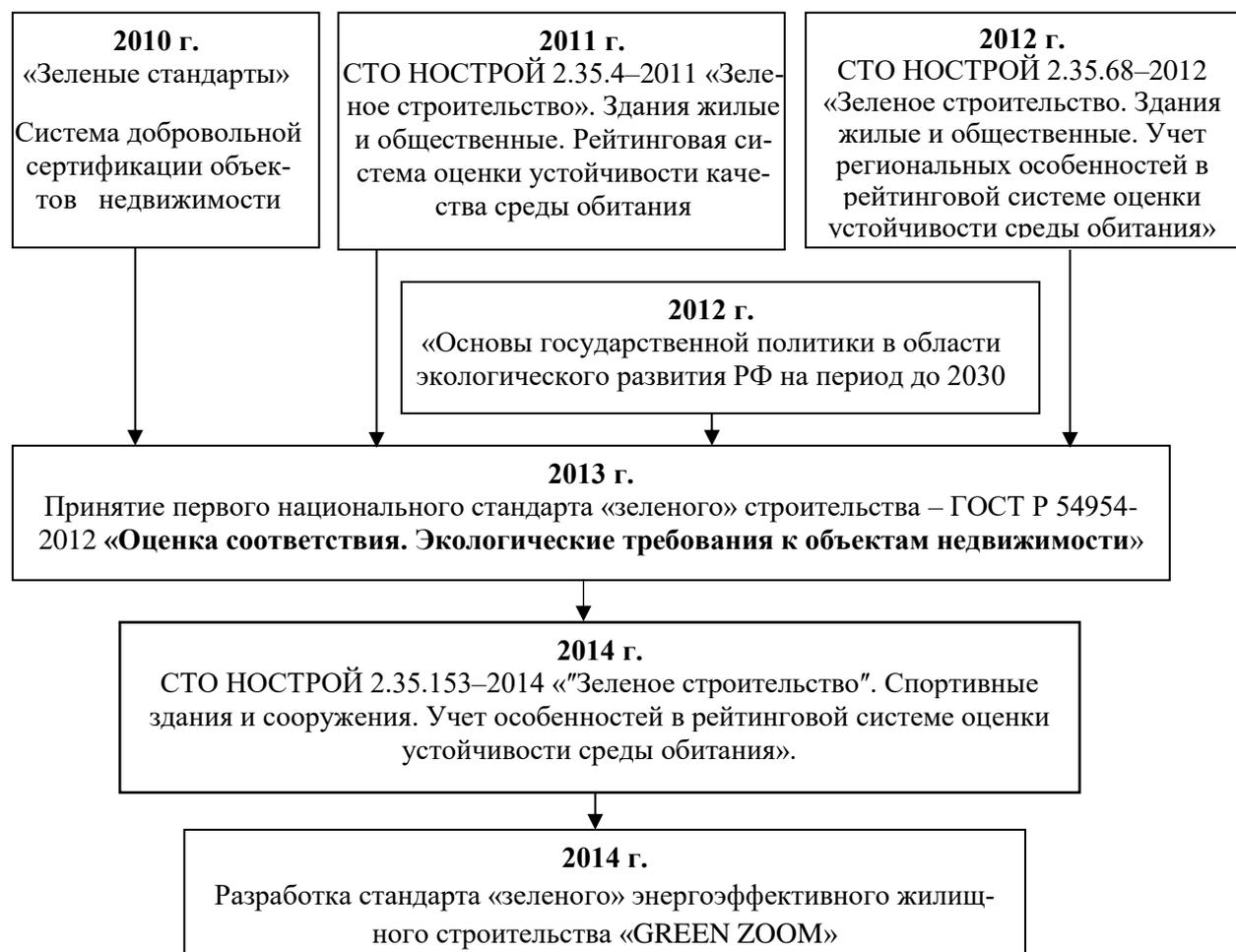


Рис. 2.7. Основные этапы развития системы стандартов «зеленого» строительства в России

Сертификация в системе «зеленых» стандартов предусматривает оценку степени соответствия (в баллах) проекта принятым критериям, суммирование общего количества полученных баллов и присвоение со-

ответствующего сертификата или выдачу заключения об отклонении проекта, если он не набрал минимально необходимое количество баллов для прохождения сертификации.

Каждая система оценки экологичности зданий содержит свой набор критериев и построенную на их основе группу показателей устойчивости здания (табл. 2.3). При этом общими чертами этих систем являются:

- придание больших весов критерию, имеющим наибольшее значение для энергосбережения и охраны окружающей среды той или иной страны;
- применение балльной системы оценки, научное обоснование граничных значений оценочных показателей;
- постоянное совершенствование на основе научных исследований методов оценки, применяемых подходов и инструментария.

Из таблицы видно, что главными отличительными чертами систем рейтинговой оценки зданий являются:

- количество применяемых оценочных категорий или критериев;
- наименование категорий оценки;
- количество баллов, присваиваемых каждой категории (критерию) по результатам оценки;
- используемые системы рейтинга уровней экологичности зданий, определяющих их соответствие «зеленым» стандартам.

Рассмотрим более подробно критерии оценки экологичности и энергоэффективности зданий таких систем «зеленых» стандартов, как LEED версии v.4, BREEAM International 2013, German Sustainable Building Certification system и российского национального стандарта ГОСТ Р 54954-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости».

Немецкая рейтинговая система DGNB system дает оценку уровня экологичности здания на основе оценки его соответствия 6-ти группам критериев (рис. 2.8) [20].

Таблица 2.3

## Сравнительный анализ современных национальных и международных систем оценки «зеленых» зданий

Система	BREEAM [17]	LEED [18]	RGBS (Russian Green Building Standards)	GREEN ZOOM [19]
Страна	Великобритания	США	Россия	Россия
Год создания, разработчики	1990, BRE Global	1998, U.S. Green Building Council	2010, НП «Центр экологической сертификации – зеленые стандарты»	2014, АНО «Научно-исследовательский Институт устойчивого развития в строительстве»
Базовые критерии (категории) оценки уровня экологичности объекта сертификации	– управление; – здоровье; – энергия; – транспорт; – водоэффективность; – материалы; – утилизация отходов; – использование земельного участка; – эффективное управление застраиваемых территорий и экология; – борьба с загрязнением окружающей среды	– устойчивые площадки; – эффективность водопотребления; – энергия и атмосфера; – материалы и ресурсы; – качество внутренней среды; – инновации и проектирование; – региональные бонусы	– экологический менеджмент; – выбор участка, инфраструктура и ландшафтное обустройство; – архитектурно-планировочные и конструкторские решения; – рациональное водопользование, регулирование ливневых стоков и предотвращение загрязнения; – энергосбережение и энергоэффективность; – материалы и отходы; – качество и комфорт среды обитания; – безопасность жизнедеятельности	– расположение застраиваемой территории; – экологичность застраиваемой территории; – энергоэффективность; – водоэффективность; – экологичность строительных и отделочных материалов; – экологичность внутренней среды здания
Виды сертификатов соответствия	– сертифицирован; – хорошо; – очень хорошо; – отлично; – замечательно	– сертифицирован; – бронза; – серебро; – золото	– простой; – серебряный; – золотой; – платиновый	– бронзовый; – серебряный; – золотой; – платиновый

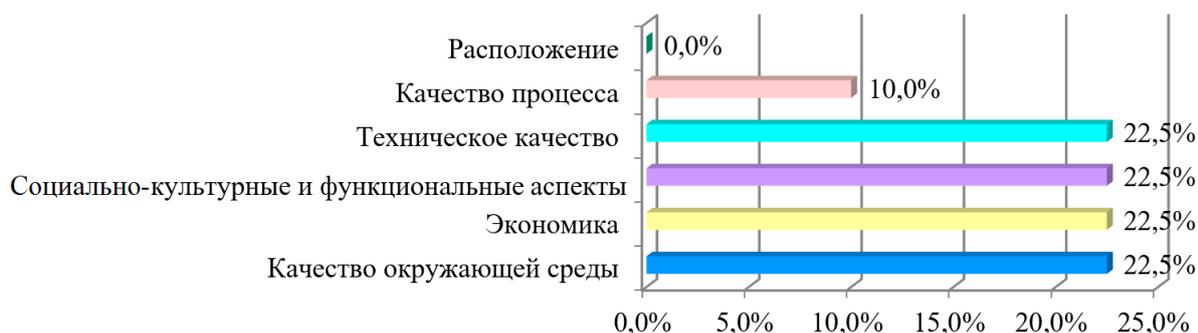


Рис. 2.8. Оценочные категории DGNB system

При этом четыре из 6-ти категорий имеют равный удельный вес значимости в общей устойчивости объекта, а критерий «Расположение» объекта не входит в общую балльную оценку проекта и рассматривается отдельно.

Стандарт DGNB отличается большой гибкостью, позволяющей использовать эту рейтинговую оценку применительно к «зеленым» проектам за пределами Германии. Кроме того, в отличие от других систем «зеленых» стандартов DGNB system содержит в себе следующие требования к зданиям: необходимость создания визуального комфорта, обеспечение удобства демонтажа объекта на этапе его утилизации.

Стандарт «зеленого» строительства LEED v.4 предъявляет высокие требования к качеству применяемых строительных материалов, изделий и конструкций. Оценка соответствия применяемых материалов заявленным требованиям производится на основе анализа экологической декларации продукции – Environmental Product Declaration (EPD). Наличие экологической декларации на применяемую в проекте продукцию рассматривается в рамках такой оценочной категории стандарта LEED, как «Материалы и ресурсная база» (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Удельные веса критериев экологичности жилого здания в системе оценки LEED v4

Также следует отметить наличие ряда требований в системе LEED, несоответствие которым автоматически лишает проект возможности пройти сертификацию в системе «зеленых» стандартов. К таким требованиям относятся:

- контроль уровня табачного дыма в помещениях;
- снижение объемов потребляемой питьевой воды;
- запрет на применение хладагентов;
- наличие экологической декларации на применяемую строительную продукцию (подтверждение отсутствия в ее составе запрещенных токсичных, биологически стойких накапливающихся веществ: ртути, формальдегидов, свинца, фенола, меди, кадмия и др.);
- разработка и внедрение эффективной системы управления строительными отходами, отходами сноса здания.

Среди оценочных категорий, применяемых в системах BREEAM и LEED, наибольшее количество баллов присваивается категории, характеризующей уровень энергетической эффективности проектов, – 22 и 24 % соответственно (рис. 2.9, 2.10).



Рис. 2.10. Критерии экологичности жилых зданий и их вес в общей оценке стандарта BREEAM International New Construction 2013

Российский национальный стандарт ГОСТ Р 54954-2012 «Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости» оценивает вклад показателя «Энергосбережение и энергоэффективность» в общую экоустойчивость здания в размере 17,2 %, что примерно соответствует значимости таких показателей, как «Экологический менеджмент» и «Выбор участка, инфраструктура и ландшафтное обустройство» (рис. 2.11).

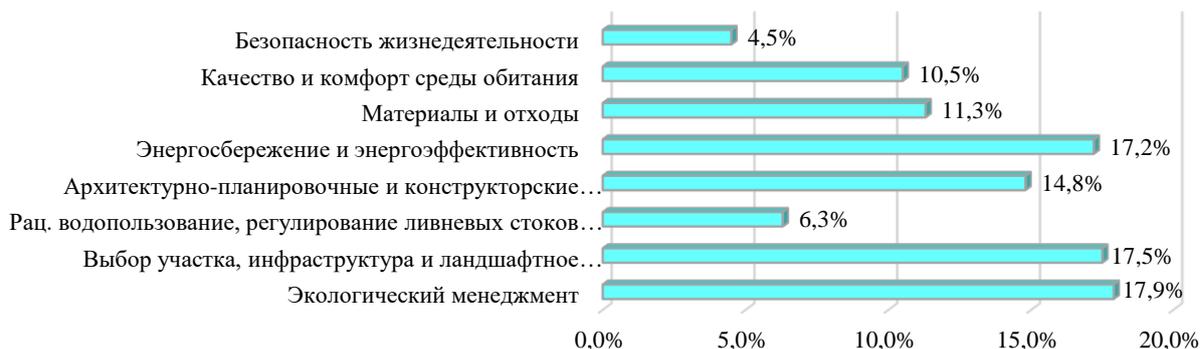


Рис. 2.11. Оценочные категории «зеленых» зданий стандарта Russian Green Building Standards 2.0

Рассматриваемая российская рейтинговая оценка экологических зданий отличается от немецкого стандарта DGNB отсутствием требований к комплексному сетевому менеджменту (процессам планирования, разработки, реализации строительного проекта, последующей эксплуатации, мониторинга и поддержки его функционирования), мониторингу процессов проектирования и строительства объекта.

Важное отличие немецкой системы DGNB от рассматриваемых рейтинговых систем: британской BREEAM, американской системы LEED и российской системы «Зеленые стандарты» заключается в наличии показателей, оценивающих экономическую эффективность жизненного цикла рассматриваемого проекта и стоимость экологического ущерба от его реализации.

Отмеченные выше преимущества, сильные и слабые стороны ключевых систем рейтинговой оценки «зеленых» зданий, а также разработанного на их основе российского национального стандарта в области «зеленого» строительства, позволяют сделать следующий вывод: несмотря на разный подход к оценке устойчивости зданий, применяемые при этом критерии, а также отличное значение количества баллов, присваиваемых оценочным показателям, все рассмотренные системы сертификации ориентированы на обеспечение высоких показателей экологической и социальной устойчивости зданий, а также обладают необходимой инструментально-теоретической базой для оценки устойчивости как отдельных строительных объектов, так и среды обитания в целом.

### 2.2.1. Европейский опыт «зеленого» строительства

Сегодня «зеленые» стандарты – это основополагающие правила ведения проектирования, строительства и эксплуатации объектов, а экологичная недвижимость – ведущий тренд на строительном рынке зарубежных стран.

Ниже на рис. 2.12 представлены примеры «зеленых» зданий, проекты которых успешно реализованы в странах Европы.



*а)*



*б)*



*в)*



*г)*

Рис. 2.12. Примеры проектов «зеленых» зданий, реализованных в Европе: *а* – здание Центра обработки и хранения данных, г. Хельсинки (Финляндия) – золотой сертификат в системе LEED; *б* – коммерческое здание Hybrid House, г. Гамбург, (Германия) – серебряный сертификат стандарта DGNB; *в* – офис компании EREN Group г. Афины (Греция) – серебряный сертификат стандарта LEED; *г* – БЦ Torspla г. Стокгольм (Швеция) – сертификат «Outstanding» стандарта BREEAM

Рассмотрим более подробно проектные решения, реализованные на объектах «зеленого» строительства, прошедших сертификацию по международным стандартам в Италии (рис. 2.13), Франции (рис. 2.14) и Германии (рис. 2.15).



Рис. 2.13. Здание начальной школы в г. Парма (Италия)  
«Racagni Primary School»

*Характеристика проектных решений «зеленого» здания  
начальной школы в г. Парма*

Год и тип сертификации: 2017, LEED Italia NC 2009

Особенности проекта:

– фасад здания выполнен из стеклянной стены, через которую зимой в здание поступает дополнительное тепло от солнца, в летний период защитой от солнца служит карниз крыши;

– отсутствие тепловых мостов;

– теплоизоляция ограждающих конструкций здания;

– установка солнечных батарей мощностью 54 Вт на крыше здания;

– устройство зеленой кровли из многолетних травяных растений – седумов;

– устройство автоматизированной системы управления электропитанием здания;

– установка светодиодных светильников, датчиков включения освещения в зависимости от количества естественного света;

– применение строительных материалов, произведенных из вторичного сырья.

Класс энергоэффективности здания: A+

Уровень «зеленого» сертификата: Gold



Рис. 2.14. Schneider Electric Technopole,  
г. Гренобль (Франция)

*Характеристика проектных решений «зеленого» здания – Центра высокотехнологического производства компании Schneider Electric*

Год и тип сертификации: 2019, LEED v4 BD+C: New Construction

Особенности проекта:

- создание велосипедной сети общественного транспорта (велосипедные дорожки, места хранения);
- установка станций зарядки электромобилей, создание системы совместного пользования (каршеринга) электромобилей для сотрудников;
- внедрение системы сбора и повторного использования дождевой воды;
- установка высокоэффективных кондиционеров и фанкойлов для охлаждения воды;
- применение гибридных тепловых насосов в системе отопления и горячего водоснабжения;
- устройство приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла;
- установка приборов учета тепла, питьевой воды и эл. энергии;
- устройство системы мониторинга уровня потребления ресурсов зданием;
- установка светодиодных светильников;
- обеспечение более 50 % пространства здания естественным освещением;
- внедрение системы управления отходами строительства.

Уровень «зеленого» сертификата: Platinum

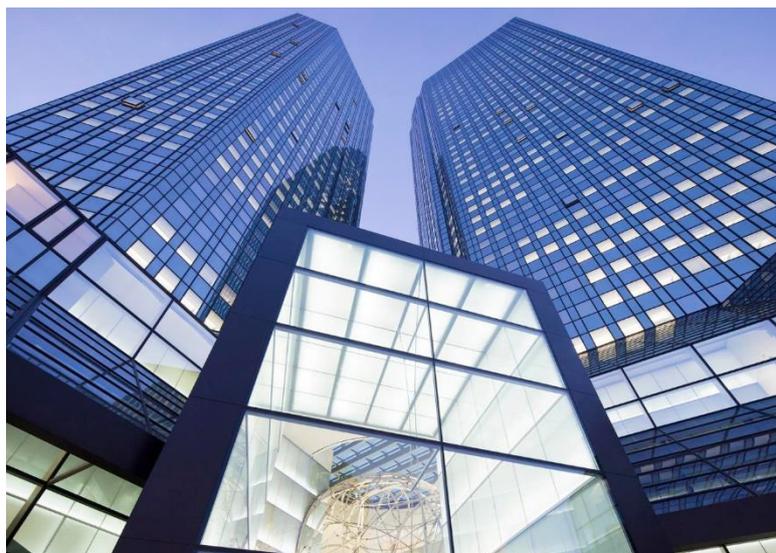


Рис. 2.15. Финансовый центр Дойче Банка – «Зеленые» небоскребы,  
г. Франкфурт-на-Майне (Германия)

*Характеристика проектных решений реконструкции здания Дойче  
Банка*

Год и тип сертификации: 2011,. LEED и DGNB

Особенности проекта:

- рециклинг (повторное использование и переработка 98 % отходов от старых зданий);
- теплоизоляция ограждающих конструкций здания;
- применение двойных стеклопакетов;
- установка датчиков движения и присутствия;
- применение энергосберегающих светильников;
- оптимальное использование естественного освещения;
- применение энергосберегающего офисного оборудование (снижает потребность здания в электрической энергии на 55 %);
- повторное использование дождевой воды и бытовых стоков после их очистки (снижает водопотребление более чем на 40 %);
- установка солнечных коллекторов (обеспечение нагрева более 50 % горячей воды).

Уровень «зеленого» сертификата: Platinum стандарта LEED  
и Gold сертификат DGNB.

Сертификация зданий в системе «зеленого» строительства применяется в Европейских странах и Америке на протяжении более 20 лет. По данным 1-го квартала 2020 г. число объектов, сертифицированных в системе LEED составляет более 124 тыс., в системе BREEAM – 572 тыс. и в системе DGNB – 1730 зданий [17, 18, 20]. Сертификация по стандартам «зеленого» строительства обеспечивает объектам недвижимости конкурентные преимущества на строительном рынке.

### 2.2.2. Российский опыт «зеленого» строительства

В России сертификаты BREEAM, LEED и DGNB имеются у ряда бизнес-центров (БЦ) класса А в г. Москве и Санкт-Петербурге (например, БЦ «Белая Площадь», БЦ Вивальди Плаза, БЦ «Женевский Дом», БЦ San Gally Park), олимпийских объектов (Железнодорожный вокзал «Олимпийский парк» Ледовый дворец «Большой») и промышленных парков (индустриальный парк «Южные врата» в Московской области, логистический парк Радумля в Подмосковье и др.), научно-технического комплекса компании «Ренова» в иннограде «Сколково» и др. Общее количество объектов, прошедших сертификацию по «зеленым» стандартам в нашей стране сравнительно невелико, чуть больше 120. На рис. 2.16 представлены примеры «зеленых» зданий, построенных в городах России.

Развитие «зеленых» стандартов и технологий имеет большие перспективы в нашей стране, что объясняется теми преимуществами, которые получают от их применения инвесторы-застройщики, девелоперы, архитекторы, арендаторы и собственники объектов недвижимости, а также государство в целом.

К этим преимуществам следует отнести:

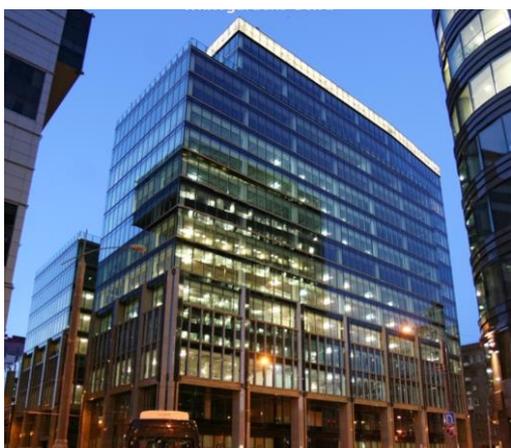
- внедрение в практику проектирования и строительства современных материалов, технологий в области энергосбережения, рационального водопользования, снижения объемов и управления отходами;
- внедрение инновационных технологий и подходов в проектирование, строительство и процесс эксплуатации строительных объектов;
- увеличение продолжительности эффективной службы здания, снижение риска возникновения морального износа объекта;



а)



б)



в)



г)

Рис. 2.16. Примеры «зеленых» зданий в России:

а – бизнес-центр «Жемчужная плаза» (г. Санкт-Петербург) – сертификат «Серебро» стандарта LEED; б – бизнес-центр «Ленинский 119» (г. Москва) – сертификат «Золото» стандарта DGNB; в – бизнес-центр «Ренессанс Правда» (г. Санкт-Петербург) – сертификат «Золото» стандарта LEED; г – бизнес-центр «Белые сады» (г. Москва) – сертификат «Very Good» стандарта BREEAM

- внедрение/совершенствование системы управления эксплуатацией здания;
- снижение эксплуатационных расходов в здании;
- рост стоимости приобретения /арендной ставки объекта;
- получение застройщиком благоприятной и успешной репутации;
- обеспечение благоприятных условий и высокого уровня комфортности протекания в здании функциональных процессов: учебы, работы, жилья;

- производство и широкое применение на практике экологически чистых строительных материалов, изделий и конструкций;
- организация новых рабочих мест в производственной и эксплуатационной сферах;
- повышение уровня экологической безопасности территорий [21].

Наиболее активно направление «зеленого» экоустойчивого строительства реализуется в нашей стране в сфере коммерческой недвижимости и спортивных объектов.

Внедрение «зеленых» стандартов в жилищную сферу ограничено высокой стоимостью «зеленых» технологий на начальном этапе их развития. Однако за последние годы рынок «зеленого» жилищного строительства в России значительно вырос. Примером реализованных проектов «зеленых» жилых зданий могут служить жилой комплекс SkandiKlubb (г. Санкт-Петербург), жилой комплекс комфорт-класса «Ожогино» (г. Тюмень), жилой комплекс «Современник» (г. Казань), сертифицированный по международному стандарту BREEAM, Эко-комплекс «Триумф Парк» (г. Санкт-Петербург) и др.

В 2016 г. в Казани было начато строительство одного из крупнейших в России энергоэффективных «зеленых» жилых комплексов с использованием инновационных ресурсосберегающих технологий и высококачественных материалов – ЖК «Манхэттен» (ВДНХ).

При строительстве зданий жилого комплекса «Современник» была использована система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла, современные энергоэффективные материалы и инженерное оборудование, установлено светодиодное освещение с датчиками движения (рис. 2.17). Это обеспечило зданиям комплекса достижение наивысшего класса энергоэффективности – А+.

На объектах ЖК «Ожогино» (рис. 2.18) реализован целый ряд энергоэффективных решений:

- автоматизированные системы учета водо- и электропотребления;
- системы рекуперации тепла;
- термостатические элементы на отопительных приборах;
- водосберегающее санитарно-техническое оборудование;
- индивидуальные котельные;
- энергоэффективное освещение.



Рис. 2.17. Жилой комплекс «Современник», г. Казань



Рис. 2.18. Жилой комплекс «Ожогино», г. Тюмень

Учитывая опыт европейских стран в развитии «зеленых» технологий и практики «зеленого» экоустойчивого развития, можно сформулировать следующие перспективные направления стимулирования его развития в нашей стране:

- строительство всех объектов, финансируемых за счет средств федерального бюджета, в соответствии с «зелеными» стандартами;
- упрощение процедуры согласования проектной документации на строительство, реконструкцию «зеленых» зданий;
- распространение информации среди широкого круга лиц и специалистов о «зеленых» технологиях, существующих в России и мире, реализованных проектах;

- изменение стратегических подходов к принятию решений по проекту: равный учет коммерческих, социальных и экологических последствий реализации проекта;
- предоставление льгот организациям-производителям и потребителям «зеленых» материалов, изделий, технологий;
- упрощение процедуры выделения земельного участка под «зеленое» строительство, предоставление льгот на приобретение и аренду участков под эти цели;
- вовлечение в строительную практику контракта жизненного цикла на выполняемые работы [22].

Внедрение в российскую практику предложенных выше принципов и мероприятий, будет являться залогом успешного развития «зеленых» стандартов и технологий в отечественной практике строительства и заложит основы перехода строительной отрасли на путь устойчивого развития.

### **2.3. Энергетическая эффективность зданий как основа устойчивого развития городов**

Энергоэффективность – это рациональное потребление энергетических ресурсов зданием. От уровня энергетической эффективности зависит не только стоимость эксплуатации здания и, соответственно, стоимость жизненного цикла объекта, но и уровень его комфортности. Энергоэффективность зданий достигается за счет реализации на практике мероприятий по энергосбережению.

В соответствии с ФЗ № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» энергосбережение – это реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг) [23, 24].

Результатом внедрения энергосберегающих мероприятий является энергоэффективность – показатель, характеризующий рациональное использование зданием ресурсов, прежде всего энергии, за счет сниже-

ния их потребления при сохранении того же уровня комфортности и протекающих в здании технологических процессов.

Актуальность энергосбережения в настоящее время обусловлена ограниченностью запасов топливно-энергетических ресурсов, ростом их потребления на планете, негативным воздействием процессов добычи, переработки, транспортировки и потребления энергетических ресурсов на окружающую среду (рис. 2.19).



Рис. 2.19. Преимущества энергосбережения

Актуальность энергосбережения не вызывает сомнений, однако у многих стран есть свои причины активного развития технологий рационального потребления ресурсов. Так, например, применительно к России актуальность энергосбережения обусловлена, прежде всего, стремлением снизить энергоемкость российской продукции, повысить уровень ее конкурентоспособности в мире, сократить имеющееся технологическое отставание от стран-лидеров в этой области.

Целью энергосбережения в Европе является необходимость обеспечения энергетической безопасности стран-участниц союза, создание экологически чистой, низкоэмиссионной энергетики. Соответственно, к числу причин, способствующих внедрению энергосберегающих технологий в Европе, следует отнести рост стоимости энергоносителей, высокую зависимость от импортных энергетических ресурсов, а также глобальное изменение климата.

Стремление к снижению негативного воздействия энергетического сектора на окружающую среду находит свое подтверждение в программах действий, директивах ЕС, успешно реализуемых в странах-участницах союза. Так, в 2010 г. в Европейском союзе была принята

программа – План «20-20-20», которая предусматривала уменьшение энергопотребления и выбросов парниковых газов на 20 % к 2020 г. по отношению к уровню 1990 г. Одновременно, традиционные источники топлива и энергии на 20 % должны были быть замещены возобновляемыми источниками. Директива «20-20-20» была нацелена на то, чтобы сделать экономику Евросоюза энергоэффективной и при этом снизить потребление топлива. Несмотря на то, что данный План действий не был реализован странами-участницами ЕС в полной мере, нельзя недооценивать его важность и значимость в деле снижения энергоемкости европейской экономики и развития технологий энергосбережения.

В настоящее время энергосберегающие технологии внедряют во все сферы хозяйствования человека. Учитывая высокую энергоемкость строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства, энергоэффективность жилья во многих странах мира признана основой энергетической безопасности государств и комфортности среды обитания человека (рис. 2.20, 2.21). Примером могут служить Россия, а также страны ЕС, которые рассматривают политику повышения энергетической эффективности в жилищном секторе одной из приоритетных задач в области энергосбережения.

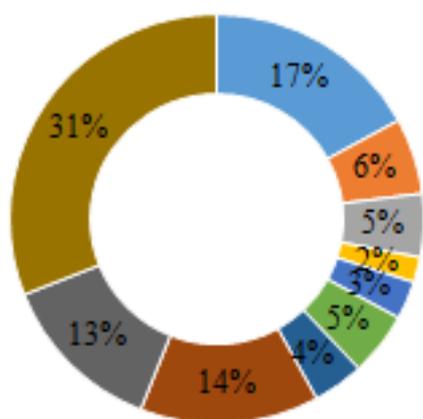


Рис. 2.20. Структура энергопотребления отраслями промышленности России: металлургия – 17 %; машиностроение – 6 %; химическая промышленность – 5 %; газовая промышленность – 2 %; стройматериалы – 3 %; энергетика – 5 %; нефтяная и нефтехимическая промышленности – 4 %; транспорт – 14 %; сельское хозяйство – 13 %; коммунальное хозяйство – 31 %

По данным европейских аналитиков, экономический потенциал, получаемый при внедрении энергосберегающих мероприятий в зданиях, огромен: снижение только на 1 % энергетической интенсивности потребления благодаря энергосбережению позволит сэкономить 55 млн т нефтяного эквивалента энергии (Mtoe) [25]. Это составляет приблизительно 20 % от значения, установленного для ЕС Киотским протоколом. Повышение эффективности использования зданиями ре-

сурсов, и, соответственно, снижение негативного воздействия, оказываемого на окружающую среду на всех этапах их жизненного цикла, закладывает основы устойчивости среды обитания человека, способствует повышению качества жизни граждан.

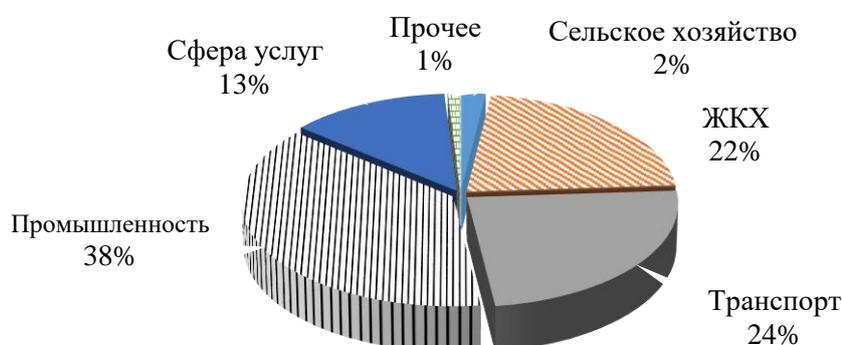


Рис. 2.21. Потребление энергии по секторам экономики в Швеции\*

Под устойчивым развитием понимается такая модель использования ресурсов, взаимодействия между людьми и природой, развития цивилизации на базе инноваций, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения вместе с сохранением окружающей среды, укреплением личного и общественного здоровья, и без лишения такой возможности будущих поколений.

Энергосбережение как один из компонентов устойчивого развития и важнейшая задача, стоящая перед строительной отраслью многих стран мира, должно осуществляться на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта.

Россия приступила к активному решению проблемы энергосбережения значительно позже этих стран, что объясняет имеющееся отставание нашей страны от признанных лидеров в сфере энергосбережения как на нормативно-законодательном, так и на технологическом уровне. В соответствии с законодательством России и Европы запрещается ввод в эксплуатацию зданий, уровень энергетической эффективности которых не соответствует действующим нормам. Эти нормы во всех государствах периодически пересматриваются и ужесточаются.

Стратегическая цель внедрения энергосберегающих технологий и ужесточения нормативных требований в этой области – переход к созданию строительных объектов, энергетически не зависящих от внеш-

\* Энергетическая статистика МЭА. – 2005.

них, централизованных систем энергоснабжения. И хотя в настоящее время эта цель не достигнута ни одним государством на нашей планете, тем не менее, многими странами проделана большая работа в этом направлении. Ее результатом является создание энергоэффективных, экологичных городских кварталов и целых городов, реализация на практике экспериментальных, пилотных проектов зданий с нулевым энергопотреблением, а также активных зданий.

### 2.3.1. Учет требований энергетической эффективности на этапах жизненного цикла здания

Энергосбережение как один из компонентов устойчивого развития и важнейшая задача, стоящая перед нашей страной, должно осуществляться на всех стадиях жизненного цикла строительного объекта.

Эффективность ЖЦЗ, составным элементом которой является уровень энергоресурсосбережения в здании, закладывается при проектировании, реализуется в процессе строительства, поддерживается в течение эксплуатации строительного объекта. Градостроители должны учитывать возможность получения максимального количества тепла от солнца, минимизации энергии на искусственное освещение. Проектировщики должны применять энергосберегающие конструктивные и архитектурные решения, эффективные строительные материалы, строители – тщательно соблюдать требования проекта и качественно выполнять предусмотренные им энергосберегающие мероприятия; эксплуатирующие организации – поддерживать здание, его системы в хорошем техническом состоянии, при необходимости, выполнять ремонтные работы с применением энергоресурсосберегающих технологий. Только так можно обеспечить целостность рассмотрения (решения) вопросов в части энергоресурсосбережения в жилых зданиях, взаимосвязь применяемых энергосберегающих мероприятий, повысить уровень эффективности их реализации.

Каждая стадия жизненного цикла имеет свои особенности, решает свой круг общестроительных задач и задач в части энергосбережения, устойчивого развития.

Для соблюдения требований в части энергоэффективности объектов на всех этапах их жизненного цикла разработаны соответствующие механизмы контроля. Так, например, в России на этапе проектирования контроль уровня энергетической эффективности здания осуществляют органы экспертизы проектной документации. При этом в качестве контролируемых показателей уровня энергетической эффективности объекта выступает расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания и степень его отклонения от нормируемых значений, установленных в зависимости от типа и этажности зданий в СП 50.13330.2012.

Решения, направленные на обеспечение энергетической эффективности проектируемого здания, согласно постановлению Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», должны быть разработаны в составе раздела 10 (1) проектной документации, который называется «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов».

Этот раздел помимо текстовой, содержит графическую часть, которая включает принципиальные схемы электро-, тепло- и водоснабжения дома с указанием мест установки приборов учета и регулирования электрической, тепловой энергии и водных ресурсов. Мероприятия по повышению энергетической эффективности зданий разрабатываются также в двух других разделах проектной документации:

- в разделе 4 «Конструктивные и объемно-планировочные решения» проектной документации содержится обоснование соблюдения требуемых теплозащитных характеристик ограждающих конструкций и чертежи с их изображением;

- в разделе 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений» описаны мероприятия по экономии и учету энергоресурсов в инженерных системах здания.

Основные (минимальные) требования к тепловой защите здания на этапе его проектирования определены в СП 50.13330.2012. В этом нормативном документе установлены требования к:

- приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания;
- удельной теплозащитной характеристике здания;
- ограничению минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодный период года;
- теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций;
- влажностному состоянию ограждающих конструкций;
- теплоусвоению поверхности полов;
- расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий [26].

Разработанные в составе проектной документации решения в части энергосбережения и повышения энергетической эффективности здания проходят экспертизу: государственную или негосударственную. Если заложенные проектом решения не обеспечивают соблюдение минимально необходимых требований в части энергетической эффективности здания, такая документация получает отрицательное заключение и отправляется на доработку.

В ходе строительства контроль за соответствием реализации проектных решений, в том числе направленных на энергосбережение и заложенных в проектной или рабочей документации на вновь строящийся и/или реконструируемый объект, осуществляется в рамках авторского надзора.

При вводе объектов, законченных строительством или прошедших капитальный ремонт/реконструкцию, в эксплуатацию соответствие их уровня энергетической эффективности действующим в России нормам контролируют органы государственного строительного надзора. При этом в качестве контролируемых показателей уровня энергетической эффективности объекта выступают:

- расчетное значение удельного годового расхода энергетических ресурсов на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на электроснабжение на общедомовые нужды;
- оснащенность здания приборами учета энергетических ресурсов;
- класс энергетической эффективности здания.

По величине отклонения расчетного и базового значений показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на электроснабжение на общедомовые нужды определяется класс энергетической эффективности здания.

Класс энергетической эффективности многоквартирного дома указывается в заключении органа государственного строительного надзора о соответствии построенного, реконструированного или прошедшего капитальный ремонт многоквартирного дома требованиям энергетической эффективности [27].

В соответствии с ФЗ № 261 застройщик обеспечивает выполнение требований расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в здании в течение не менее 5 лет с момента ввода в эксплуатацию. А в многоквартирных домах высокого и очень высокого класса энергосбережения – в течение первых десяти лет эксплуатации. При этом во всех случаях на застройщике лежит обязанность проведения обязательного расчетно-инструментального контроля нормируемых энергетических показателей дома как при вводе дома в эксплуатацию, так и последующего их подтверждения не реже, чем один раз в пять лет.

В Германии, например, стандартом EnEV 2009 также установлен 5-летний гарантийный срок сохранения энергетической эффективности вновь построенного, реконструированного или прошедший капитальный ремонт здания. Однако ответственность за соблюдением предписаний EnEV лежит не только на застройщике, но и на тех лицах, которые в соответствии с договором подряда принимают участие в строительстве, реконструкции здания или установке инженерного оборудования [28]. После завершения строительных работ застройщик, проектировщик и строители-подрядчики должны в письменной форме засвидетельствовать, что вновь построенное или модернизированное здание и установленное в нем инженерное оборудование соответствуют требованиям EnEV. Этот документ застройщик должен хранить в течение пяти лет и предъявить его в случае направления претензии к подрядчику в связи с несоблюдением требований EnEV [28].

В России на этапе эксплуатации жилых многоквартирных зданий, в соответствии с ч. 3 ст. 12 ФЗ № 261, класс энергетической эффективности многоквартирного дома устанавливается и подтверждается орга-

ном государственного жилищного надзора на основании декларации о фактических значениях годовых удельных величин расхода энергетических ресурсов. Декларация предоставляется собственниками помещений многоквартирного дома или лицом, осуществляющим его управление. По результатам проверки сведений органом государственного жилищного надзора выдается акт проверки соответствия многоквартирного дома требованиям энергетической эффективности с указанием класса его энергетической эффективности на момент составления акта.

### 2.3.2. Факторы, влияющие на уровень энергетической эффективности здания

Одним из ведущих требований, предъявляемых к зданиям, как уже было отмечено выше, выступает уровень энергетической эффективности здания.

Высокая энергоемкость зданий в мире (для России и Финляндии этот показатель составляет порядка 30 %, для Швеции – 22, а в среднем по Европе – 40) является причиной, по которой многие государства признают задачу повышения уровня энергетической эффективности жилья в качестве приоритетной на пути своего развития.

Энергоэффективность зданий оценивается рядом показателей, ключевым из которых выступает годовой объем энергопотребления. На уровень потребляемых зданием ресурсов оказывают влияние большое число факторов:

- местоположение и географическая ориентация здания;
- размеры здания, зонирование помещений;
- конструктивные решения;
- эффективность инженерных систем здания;
- косвенные факторы.

Географическая ориентация здания влияет на возможность применения солнечной энергии, энергии подземных источников (воды) и ветра. Местоположение здания в системе существующей застройки влияет на наличие затенения, аэродинамику застройки, наличие сквозных ветрообразующих пространств.

Кроме того, местоположение здания характеризуется определенным набором метеорологических характеристик, также влияющих на

уровень энергетической эффективности строительного объекта: скорость и направление ветра, интенсивность солнечной радиации, продолжительность отопительного периода, температура наружного воздуха в летний и зимний периоды и т.д.

Относительно такого фактора, как размеры здания, научно доказано, что изменение количества секций здания с 4 до 10 уменьшает расход тепловой энергии на отопление  $1 \text{ м}^2$  здания до 5–7 %, а увеличение количества этажей в здании с 5 до 9 – на 5 % [29].

Реализация мероприятий по снижению скорости ветра на территории застройки уменьшает потери тепла зданием за счет инфильтрации в 2–3 раза (ежегодная экономия составляет порядка 0,1 кг условного топлива на  $1 \text{ м}^2$  общей площади здания) [30]. Уменьшение на каждые 0,01 м отношения периметра наружных ограждающих стен к общей площади этажа снижает тепловые расходы до 2 %, а изменение ширины корпуса здания с 12 до 15 м – на 9–10 % [31].

Для контроля оптимального выбора соотношений размеров здания введены такие показатели, как коэффициент компактности и остекленности здания. Показатель компактности здания – это отношение общей площади внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания к заключенному в них отапливаемому объему [26].

Коэффициент остекленности фасада здания – отношение площадей светопроемов к суммарной площади наружных ограждающих конструкций фасада здания, включая светопроемы [26].

Рациональное зонирование помещений в здании, т.е. выделение помещений с различным температурным фоном и оптимизация их взаимного размещения на плане также снижает энергетические расходы в здании на отопление.

Конструктивные решения здания определяют выбор типа ограждающих конструкций и используемых строительных материалов, характеризующихся различным коэффициентом теплопроводности, воздухопроницаемостью и соответственно по-разному влияющих на сопротивление теплопередаче здания. Совокупность ограждающих конструкций образует теплозащитную оболочку здания, замкнутый контур, ограничивающий отапливаемый объем здания. Применение в здании эффек-

тивных ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными характеристиками обеспечивает снижение потерь тепла до 25 % [32].

Проектирование и строительство здания, соответствующего определенному уровню энергоэффективности, с учетом мировых достижений по использованию внутренних теплопоступлений и возобновляемых источников энергии, предполагает обязательное наличие высокотехнологичных инженерных систем (таких, как отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, освещение, горячее водоснабжение, системы автоматизации) и их соответствие требованиям энергоэффективности. По оценкам специалистов, применение специализированного оборудования, контрольно-измерительных приборов, реализация мероприятий по совершенствованию работы инженерных систем зданий, позволяет сократить расход тепла на отопление и нагрев воздуха на 25–30 % [32].

К косвенным факторам, влияющим на уровень энергетической эффективности здания, можно отнести уровень естественной освещенности и инсоляцию – облучение прямыми солнечными лучами зданий, помещений и территорий, оказывающее световое, ультрафиолетовое и тепловое (радиационное) воздействие. От этих факторов зависит потребность здания в искусственном освещении и необходимость устройства системы затенения объекта.

К косвенным факторам относится ветровая характеристика территории, влияющая на возможность использования ветрового давления для целей естественной вентиляции, а также численность людей, находящихся в здании и являющихся источником дополнительных, бытовых, теплопоступлений.

Для учета совместного воздействия описанных выше факторов на уровень энергетической эффективности применяется комплексный подход к зданию как к единой системе, включая анализ расположения здания, определение вида его оболочки и систем обеспечения микроклимата, учет взаимосвязей процессов теплопоступлений и тепловых потерь. Выполнение этих задач может быть возложено на современные программные средства энерго моделирования здания, в основе которых лежат BIM-технологии.

## **2.4. Проектирование зданий на основе технологий информационного моделирования**

Информационное моделирование здания (Building information modeling, BIM) – это технология оптимизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации объекта, в основе которой лежат использование единой модели здания и обмен информацией о нем между всеми участниками на протяжении жизненного цикла объекта.

Преимуществом BIM-технологий перед системой автоматизированного проектирования САД является реализуемый на ее основе интегрированный проектный процесс, который объединяет мультидисциплинарную команду архитекторов, проектировщиков, застройщика, подрядные организации, управляющие и ремонтные организации, поставщиков материалов и оборудования, представителей будущих пользователей объекта, которые принимают решения совместно, основываясь на целостном восприятии проекта и разностороннем видении проблем [33]. Работа в едином информационном пространстве помогает предотвратить возможные ошибки, неточности и несогласованность действий, объединяя специалистов, участвующих в проектировании, и существенно упрощая их коммуникацию.

Проектирование зданий на основе их информационного моделирования предполагает сбор, хранение и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями.

Информационная модель здания (BIM) – это предназначенная для решения конкретных задач и пригодная для компьютерной обработки база данных о здании на различных этапах его жизненного цикла, управляемая с помощью специальной компьютерной программы или комплекса таких программ.

Информация, содержащаяся в информационной модели здания предназначена и используется для:

- расчета конструкций и узлов здания;
- энергомоделирования объекта;
- прогнозирования эксплуатационных качеств объекта;
- разработке проектной и иной документации;

- составления смет и строительных планов;
- заказа и изготовления материалов и оборудования;
- управления процессом строительства здания;
- управления эксплуатацией здания в течение жизненного цикла;
- проектирования и управления реконструкцией, ремонтом здания;
- сноса и утилизации здания и др. [34].

Технология BIM направлена на улучшение управления всеми этапами жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта. На каждой стадии процесса информационного моделирования имеется некая результирующая информационная модель, которая отражает объем обработанной на этот момент информации о здании.

К числу преимуществ использования BIM-технологий в строительстве относятся:

- управление процессами строительства в реальном времени, контроль подрядчиков, отслеживание ключевых показателей и сроков строительства в любом нужном масштабе – от стратегического до уровня конкретного рабочего на том или ином участке;
- контроль всех изменений в проекте, оперативный пересчет показателей при редактировании модели, в том числе объем требуемых материалов, трудозатраты, сроки выполнения работ, бюджет;
- автоматизированное управление строительной техникой, вплоть до автоматической регулировки рабочего органа (отвала, ковша и др.) на основе загруженных проектных данных без участия оператора;
- возможность моделирования вариантов проектных решений и оптимизации выбора наилучших из них;
- аналитический инструментарий позволяет на всех этапах получать оперативную аналитическую информацию, обеспечивает заказчика актуальными данными для стратегического мониторинга и планирования;
- точный расчет затрат на эксплуатацию и обслуживание объекта на основе собранной воедино информации из различных источников и данных полученных с этапа строительства;
- создание базы подрядчиков, единое управление договорами, бухгалтерской документацией [35];

– снижение расходов на протяжении всего жизненного цикла объекта (включая затраты на управление финансами, ресурсами, оборудованием и материалами [36]);

– рост индекса рентабельности проектов с применением технологий информационного моделирования за счет автоматизации процессов, повышения производительности труда, качества информации, управленческих решений и эффективности многих производственных процессов [37].

Таким образом, можно сделать вывод, что работа с информационной моделью позволяет:

- существенно сократить время принятия решений;
- упростить процедуру внесения изменений;
- повысить скорость и точность расчетов;
- мгновенно получать доступ к любой информации об объекте и выводить ее в форме отчетов, графиков, чертежей, схем и др.;
- контролировать качество работ на всех этапах;
- исключить влияние человеческого фактора;
- производить детальное планирование.

Проектирование и последующая реализация проекта с использованием BIM – это важнейший и необходимый шаг для развития инвестиционно-строительной сферы России на качественно новом уровне [38].

Первым результатом внедрения технологий информационного моделирования на этапе проектирования является переход от представления проекта на основе чертежей (включая цифровые) к предоставлению имитации проекта на основе параметрических 3D-моделей.

### **Энергомоделирование зданий**

Для учета совместного воздействия различных факторов на уровень энергетической эффективности зданий на этапе его проектирования целесообразно применять современные программные средства энергомоделирования здания (Building Energy Modeling – BEM).

Building Energy Modeling – это комплекс инженерных расчетов на основе математической модели, позволяющих прогнозировать потребление энергии зданием и, как следствие, спрогнозировать окупаемость проектных решений.

Математическая модель здания, используемая для энергомоделирования, включает архитектурную модель, связанную с инженерными системами здания (рис. 2.22) [39]. Эта взаимосвязь заложена в алгоритме расчета специализированного программного средства, основанного на физике процессов (рис. 2.23) [39].

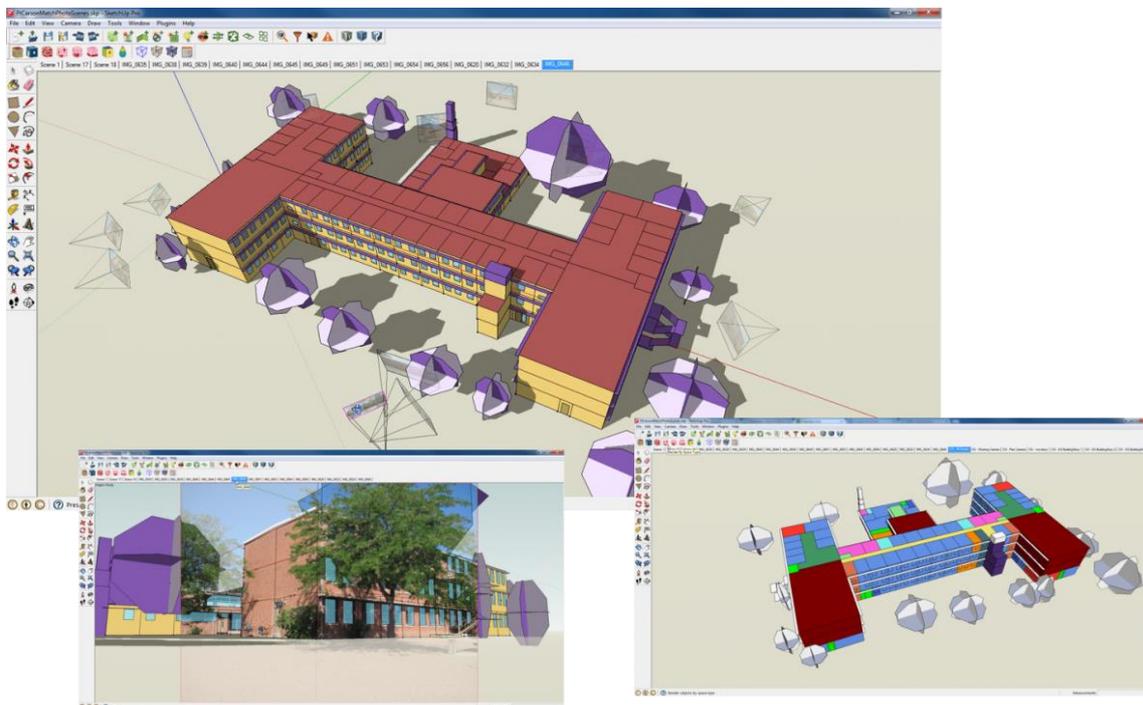


Рис. 2.22. Пример энергетической модели здания

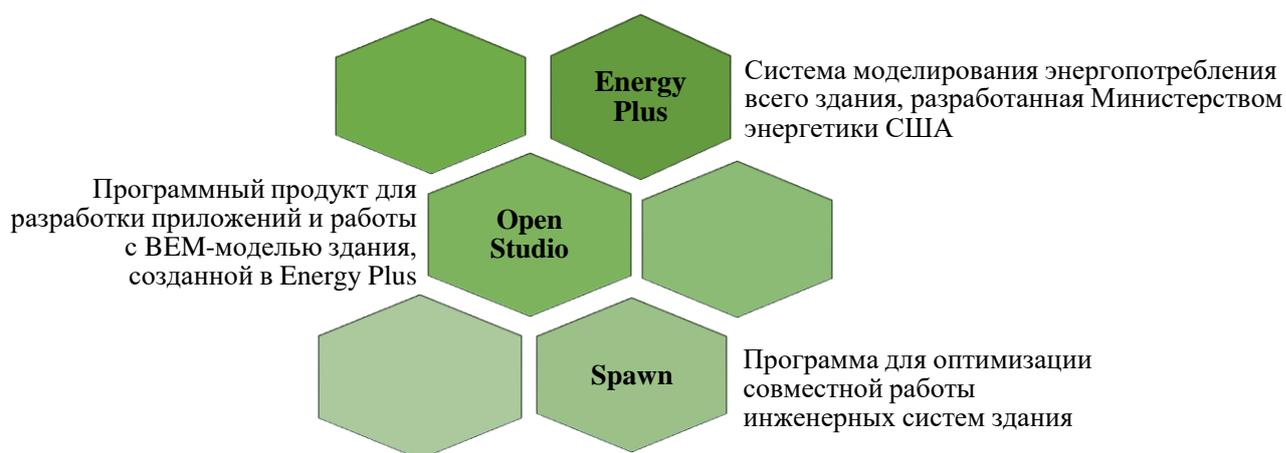


Рис. 2.23. Программные средства для энергомоделирования зданий

Энергомоделирование здания включает:

- создание базовой модели жизненного цикла годового энергопотребления здания;
- создание аналитической модели энергопотребления здания после реализации в нем энергоэффективных решений.

Энергетическая модель здания является инструментом контроля уровня энергетической эффективности зданий от проектирования до эксплуатации, который позволяет оценить:

- энергопотребление и выбросы углерода зданием в течение года, по месяцам, дням и часам;
- теплотехнические характеристики вариантных решений ограждающих конструкций здания;
- структуру теплового баланса здания: объем отопительных и холодильных нагрузок, бытовых теплопоступлений, инфильтрации и тепла от работающего оборудования;
- расход воды в здании;
- инсоляцию и уровень естественного освещения в течение заданного периода;
- радиационную составляющую теплового баланса здания (количество энергии, поступающее в здание от солнечной радиации);
- эффективность применения установок, использующих возобновляемые источники энергии.

Если для России энергомоделирование зданий – это новое, малоизученное и распространенное на практике направление в проектировании, то в Европе и США данные технологии известны достаточно давно и хорошо развиты (см. рис. 2.23). Например, ВЕМ-технологии активно реализуются в рамках «зеленого» строительства. Применение информационных технологий энергомоделирования здания является необходимым условием сертификации зданий в системе «зеленых» стандартов, как международных LEED, BREEAM, так и недавно созданной российской системы GREEN ZOOM.

Применение технологий информационного моделирования позволяет рассмотреть множество вариантов архитектурных, объемно-планировочных, конструктивных и инженерных решений здания, обеспечивающих достижение объектом современных требований энергетической эффективности, комфортности и оптимальной стоимости жизненного цикла здания.

## **2.5. Особенности проектирования зданий на основе оценки стоимости жизненного цикла объекта в России и Европе**

В зарубежной и российской практике для оценки эффективности реализации проектов, направленных на повышение энергоэффективности зданий, широко используют такие методы и индикаторы, как простой и дисконтированный срок окупаемости, показатель чистой дисконтированной стоимости, индекс доходности, внутренняя норма доходности и др.

Помимо указанных выше показателей, характеризующих стоимость инвестиций, при оценке эффективности энергосберегающих проектов следует также учитывать стоимость эксплуатации и содержания объектов недвижимости, которые накапливаются с течением времени. Такой подход успешно реализуется в рамках метода оценки эффективности проекта на основе анализа стоимости жизненного цикла здания, учитывающего не только единовременные инвестиционные затраты на реализацию проекта, но и будущие расходы, связанные с эксплуатацией, содержанием, ремонтом и утилизацией строительного объекта.

Концепция учета затрат жизненного цикла продукции является одним из ведущих инструментов экологического менеджмента в Европейском союзе. Ее широко применяют для оценки эколого-экономических, социальных аспектов реализации проектов в системе производства различной продукции, а также утилизации отходов за рубежом [40]. Наиболее распространен данный подход в машиностроении, электронике, энергетике, производстве продуктов питания, дизайне продукции. По отношению к зданиям и сооружениям данная концепция стала применяться после принятия Директивы 2010/31/ЕС по энергетической эффективности зданий [41].

Определение стоимости жизненного цикла зданий – один из современных, активно развивающихся способов сравнительной оценки альтернативных проектов зданий с различным уровнем энергоэффективности и соотношением начальных и эксплуатационных затрат, в которых реализованы одинаковые требования к техническим характеристикам здания [13]. Затраты на протяжении всего срока службы строительного объекта прямо или косвенно учитываются также при оценке соответствия здания требованиям современных версий стандартов «зе-

ленного» строительства – DGNB, LEED, BREEAM, российской системы GREEN ZOOM и др. [42].

В 2014 г. Национальным объединением проектировщиков России была разработана методика расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат, формула для расчета стоимости жизненного цикла здания имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 \text{СЖЦЗ} = & \sum_{t2}^n \frac{\text{Проектирование} + \text{Строительство} + \text{Материалы и Оборудование} + \text{Издержки} - \text{Налоги}}{(1+r)^n} + \\
 & + Gk \left( \sum_{t3}^n \frac{\text{Содержание} + \text{Коммунальные ресурсы} + \text{Ремонты текущий и капитальный}}{(1+r)^n} + \right. \\
 & \left. + \sum_{t4}^n \frac{\text{Снос} - \text{Вторичные материалы}}{(1+r)^n} \right).
 \end{aligned}$$

В настоящее время указанная методика прошла апробацию при расчетах затрат жизненного цикла энергоэффективных домов, построенных в ряде регионов нашей страны. Одним из таких объектов стал энергоэффективный «Дом Надежды» в Тульской области.

В соответствии с предложенной методикой для учета применения в проекте экологичных и энергоэффективных материалов, технологий, его соответствия экологическим нормам вводится поправочный коэффициент – интегрированный показатель энергоэффективности и «зелености» здания [13]. Данный коэффициент учитывает рейтинг здания, прошедшего сертификацию по стандарту «Зеленое строительство» Здания жилые и общественные – СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011, и класс его энергоэффективности.

На рис. 2.24 и 2.25 представлены основные этапы жизненного цикла здания, расходы на которых учитываются при расчетах его стоимости в России и за рубежом.

Как видно из данных схем, европейская система оценки стоимости жизненного цикла здания в большей степени ориентирована на принятие экологичных ресурсосберегающих решений. Это находит свое выражение, например, в принятии решений о дальнейшем использовании строительных отходов: преимущество отдается их переработке и вторичном использовании для нового строительства, в качестве сырья для производства материалов и изделий; в применении местных строительных материалов, что существенно снижает объемы добычи минеральных ресурсов, транспортные расходы, выбросы парниковых газов и др.



Рис. 2.24. Фазы жизненного цикла, учитываемые при расчете стоимости жизни строительного объекта в Европе [43]

Учет затрат всего жизненного цикла здания решает следующие задачи в строительной отрасли:

- обеспечивает экономически обоснованное внедрение энергоэффективных, экологических технических решений;
- ориентирует инвесторов-застройщиков на реализацию оптимальных с технической, экологической и экономической точек зрения строительных решений при создании объектов;
- обеспечивает точную, достоверную информацию о будущих затратах, связанных с эксплуатацией и последующей ликвидацией строительного объекта;
- создает однородную конкурентную среду;
- способствует принятию взвешенного решения по вопросам реализации проектов энергоэффективных, экологических зданий, приобретения объектов в собственность или взятия в аренду.



Рис. 2.25. Фазы жизненного цикла строительного объекта, учитываемые в расчетах согласно методике Национального объединения проектировщиков России [13]

Кроме того, распространение такой практики на рынке недвижимости мотивирует проектировщиков и застройщиков на повышение качества строительных работ, выбор таких материалов, конструкций, инженерных систем, которые имеют длительные сроки эксплуатации, являются экологически безопасными, могут быть вторично использованы в производстве или утилизированы с минимальными затратами.

Одним из наиболее распространенных подходов к оптимизации стоимости жизненного цикла энергоэффективных, экологичных зданий является их сравнение с базовым вариантом зданий. Такой подход позволяет существенно упростить поиск оптимальных энергосберегающих решений, при которых стоимость жизненного цикла объекта будет минимальна, и ограничивает дальнейшее увеличение расходов на меры по энергоэффективности, которые ведут к повышению затрат цикла жизни здания. Поскольку сравнение вариантов энергосберегающих решений производится с базовым вариантом здания, зачастую достаточным является оценить в первую очередь только те затраты, которые отличают-

ся от базовых затрат или являются дополнительными, приходится на единицу площади или объема [44].

Для расчета стоимости жизненного цикла здания используют специальные программные средства: Environmental Impact Assessment and Whole Life Coast (Envest 2), Integrated Material Profile and Costing Tool (ИМРАСТ), Автоматизированная информационная система анализа стоимости жизненного цикла здания или оборудования и др. Общая цель таких программных продуктов – интеграция оценки затрат жизненного цикла в процесс создания информационной модели здания, что позволяет в конечном итоге сравнивать между собой не отдельные элементы или альтернативные строительные решения, а проекты зданий в целом. Так, например, программная среда ИМРАСТ встроена в систему оценки «зеленых» зданий BREEAM и объединяет процесс информационного моделирования здания с процессом оценки стоимости его жизненного цикла и наносимого экологического ущерба. Данная программа осуществляет моделирование строительных объектов на основе оптимизации совокупных затрат и сравнения показателей устойчивости, достигаемых зданием, при выборе различных материалов, конструкций.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение терминам: «параметры эксплуатационных качеств зданий», «энергосбережение», «энергоэффективность», «видео-экология», «долговечность», «устойчивость здания», «пожарная безопасность здания», «предел огнестойкости конструкций», «микроклимат», «устойчивое развитие», «зеленое» строительство, «стоимость жизненного цикла здания».

2. Перечислите основные параметры эксплуатационных качеств современных типов зданий.

3. Что включает в себя понятие «функциональная комфортность здания»?

4. Перечислите классификационные группы материалов и конструкций здания в зависимости от степени сгораемости.

5. Дайте характеристику группам капитальности зданий.

6. Перечислите параметры, характеризующие микроклимат непроизводственных зданий.

7. Дайте характеристику оптимальным и допустимым параметрам микроклимата производственных зданий.
8. В чем заключается метод оценки стоимости жизненного цикла здания?
9. Перечислите мероприятия, обеспечивающие минимальную стоимость жизненного цикла здания на этапе проектирования.
10. Какие принципы заложены в основе «зеленых» стандартов?
11. Назовите основные этапы становления стандартов «зеленого» строительства в России и мире.
12. Назовите действующие в России системы оценки «зеленых» зданий.
13. Перечислите критерии оценки, используемые в «зеленых» стандартах.
14. Перечислите преимущества внедрения «зеленых» стандартов в практику проектирования и строительства зданий.
15. Что сдерживает активное внедрение «зеленых» стандартов в жилищное строительство России?
16. Какие мероприятия могут стимулировать активное внедрение «зеленых» стандартов в жилищное строительство России?
17. Обоснуйте актуальность энергосбережения для России и стран Европы.
18. В чем заключается взаимосвязь энергосбережения и экологии?
19. Как влияет энергосбережение в зданиях на устойчивое развитие городов и регионов России?
20. В чем заключается причина технологического отставания России в области энергосбережения от европейских стран?
21. Перечислите факторы, влияющие на уровень энергопотребления зданий.
22. В чем заключается преимущество BIM-технологий перед традиционными САД-системами?
23. Что такое энерго моделирование здания, какие задачи оно решает на практике?
24. Назовите преимущества метода оценки стоимости жизненного цикла здания.
25. Какие статьи затрат входят в состав стоимости жизненного цикла здания?

### 3. УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

Важным направлением в области энергоресурсопотребления в России выступает жилищный сектор, являющийся крупнейшим потребителем ресурсов, прежде всего, энергии.

Затраты энергии, потребляемой зданиями, накапливаются в течение жизненного цикла. Так, например, потребность 10-этажного жилого здания в топливе составляет в среднем 19,5 тыс. т усл. т и 3530 тыс. м<sup>3</sup> воды за весь его жизненный цикл [45]. В масштабах всей нашей страны эта цифра приобретает огромное значение, поэтому вопросам повышения эффективности потребления зданиями ресурсов последние годы уделяется пристальное внимание.

По данным экспертов количество энергии, потребляемое в нашей стране многоквартирными жилыми зданиями в процессе их эксплуатации, является чрезмерным, расточительным и почти в 3,5 раза выше уровня потребления энергии в странах со схожим климатом (рис. 3.1).

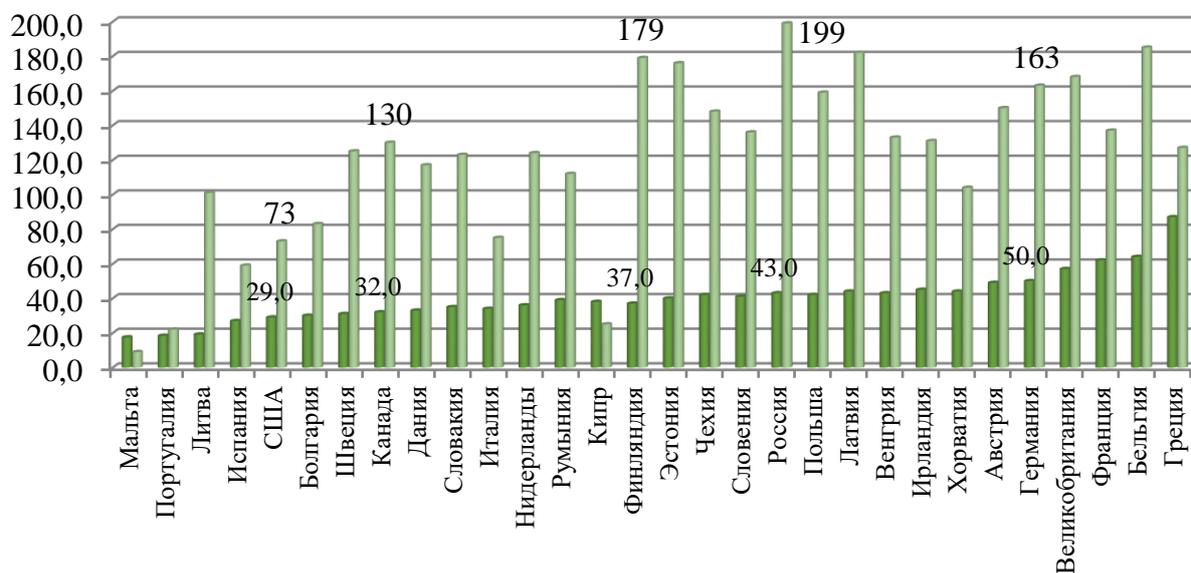


Рис. 3.1. Удельный расход энергии на отопление жилых зданий:

■ – расход энергии, Втч/м<sup>2</sup>/ГСОП\*; ■ – расход энергии, кВтч/м<sup>2</sup> в год

\* По России – оценка ЦЭНЭФ-XXI; по странам ЕС – данные из баз данных Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU. Lessons from the ODYSSEE MURE project. ADEME. September 2012; Entrance database; База данных Buildingsdata. (<http://www.buildingsdata.eu/data-search>); US EIA. DOE. 2014; Comprehensive Energy Use Database на сайте Министерства природных ресурсов Канады

При этом структура потребления энергии жилыми зданиями в России выглядит следующим образом: 62 % приходится на отопление, 20 – на горячее водоснабжение и 18 – на электроснабжение.

Высокая энергоемкость жилищного фонда российских городов обусловлена следующими факторами:

- длительная продолжительность отопительного периода на большей территории нашей страны;
- высокая доля ветхих, аварийных и устаревших зданий в структуре жилищного фонда России, расходы тепла на отопление которых существенно превышают действующие нормативы;
- значительные потери энергии при ее транспортировке из-за изношенности инженерных сетей и оборудования;
- пренебрежительное отношение к экономии со стороны большей части российских граждан;
- низкая профессиональная подготовка специалистов в области энергосбережения и эффективного использования энергетических ресурсов.

Самыми неэффективными в части потребления ресурсов выступают здания советского периода ранних массовых серий, а также здания ветхого и аварийного фонда. Стремление к экономии средств на возведение зданий в период массового советского строительства привело к тому, что ограждающие конструкции этих зданий имеют низкое сопротивление теплопередаче, вследствие чего до 50 % тепловой энергии уходит в виде потерь.

По оценкам специалистов потенциал экономии энергии в российских многоквартирных домах в среднем составляет 40 % для тепловой, 37 % для электрической энергии и 30 % для природного газа. Этот потенциал сосредоточен как в части потребления и учета энергии, так и ее снабжении. В новых зданиях потенциал энергосбережения ниже, в старых – существенно выше. Высокая энергоемкость жилищного фонда российских городов, рост цен на ресурсы, делают актуальной и значимой задачу повышения энергетической эффективности зданий, являющихся конечными потребителями энергии.

## 3.1. Стандарты проектирования энергоэффективных зданий в России и Европе

### 3.1.1. Нормативно-правовая база в области энергосбережения России

В отличие от стран Европы и Америки, Россия приступила к решению вопросов энергосбережения и повышения энергетической эффективности с большим отставанием, в середине 90-х гг. XX в. При этом реально работающие законодательные акты появились лишь в конце 2000-х гг.

Структура современной нормативно-правовой базы РФ в области энергосбережения представлена федеральным, региональным и местным уровнями (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Структура современной нормативно-правовой базы России в области энергосбережения

Ключевым законодательным актом, регулирующим вопросы энергосбережения на федеральном уровне, является ФЗ №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Данный ФЗ ввел запрет на оборот на территории страны не энергоэффективных товаров, требования по установке приборов учета потребления энергетических ресурсов, требования к уровню энергетической эффективности зданий и порядок проведения энергетиче-

ческого обследования, ввел понятие энергосервисного контракта, а также формы государственной поддержки реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в различных отраслях экономики РФ.

Помимо ФЗ № 261 в нашей стране действует также ряд других законов, прямо или косвенно регулирующих вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий:

- ФЗ № 184 от 27.12.2002 «О техническом регулировании»;
- ФЗ № 190 от 27.07.2020 «О теплоснабжении»;
- ФЗ № 416 от 07.12.2011 «О водоснабжении и водоотведении»;
- ФЗ № 382 от 03.12.2011 «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса» и др.

Региональное законодательство в области энергосбережения представлено постановлениями и распоряжениями правительств регионов РФ, областными целевыми программами в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В соответствии со ст. 8 ФЗ № 261 к полномочиям органов местного самоуправления в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности относятся:

- разработка и реализация муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- установление требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций коммунального комплекса, цены (тарифы) на товары, услуги которых подлежат установлению органами местного самоуправления;
- информационное обеспечение мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, определенных в качестве обязательных федеральными законами, иными нормативными правовыми актами или предусмотренных соответствующей муниципальной программой в области энергосбережения;
- координация мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и контроль за их проведением муниципальными учреждениями, муниципальными унитарными предприятиями.

Разработка муниципальных программ в области энергосбережения осуществляется в соответствии с Постановлением Правительством Российской Федерации от 31.12.2009 № 1225 «О требованиях к регио-

нальным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

Рассмотрим более детально законодательные документы, регламентирующие вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности в РФ.

Основу государственного регулирования энергосбережения, как уже было отмечено выше, составляет ФЗ № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Согласно ст. 9 № 261-ФЗ государственное регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности осуществляется посредством установления:

- требований к обороту отдельных товаров, функциональное назначение которых предполагает использование энергетических ресурсов;

- запретов или ограничений производства и оборота в РФ товаров, имеющих низкую энергетическую эффективность, при условии наличия в обороте аналогичных товаров, имеющих более высокую энергоэффективность;

- обязанности по учету используемых энергетических ресурсов;

- требований энергетической эффективности зданий и сооружений;

- обязанности проведения обязательного энергетического обследования;

- требований к проведению энергетического обследования и его результатам;

- обязанности проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме;

- требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг для обеспечения государственных или муниципальных нужд;

- требований к региональным, муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государ-

ства или муниципального образования и организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности.

Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений, устанавливаемые ФЗ-261, должны включать в себя:

- показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении;

- требования к влияющим на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений, архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям;

- требования к отдельным элементам, конструкциям ЗИС и к их свойствам, к используемым в зданиях устройствам и технологиям, позволяющим исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта ЗИС, так и в процессе их эксплуатации.

В соответствии с ч. 2 ст. 13 ФЗ-261 расчеты за энергетические ресурсы должны осуществляться на основании данных о количественном значении энергетических ресурсов, произведенных, переданных, потребленных, определенных при помощи приборов учета ресурсов.

Государство регулирует деятельность в сфере энергосбережения путем правового, организационного и финансово-экономического воздействия.

Государственное регулирование энергосбережения проявляется через систему законодательных актов и нормативных документов, принимаемых на федеральном и региональном уровнях, предусматривающих прежде всего правовую, финансовую поддержку энергосбережения со стороны государства, определяющих границы применения финансово-экономических механизмов, стандартов и сертификации, обязательность проведения энергетических обследований для оценки использования топливно-энергетических ресурсов.

К числу стратегических документов, регламентирующих вопросы энергосбережения, относится Энергетическая стратегия России до 2035 г.

Энергетическая стратегия – это документ, определяющий цели и задачи долгосрочного развития энергетического сектора страны на предстоящий период, приоритеты и ориентиры, а также механизмы и меры государственной энергетической политики на отдельных этапах ее реализации (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Приоритеты Энергетической стратегии России до 2035 г.

Энергетическая стратегия России до 2035 г. содержит в себе:

- оценку положения России на мировых энергетических рынках;
- оценку перспектив социально-экономического развития России и внутреннего спроса на российские энергоресурсы;

- главные стратегические ориентиры РФ: ориентир «энергетическая безопасность», ориентир «энергетическая эффективность», ориентир «бюджетная эффективность энергетики»;

- направления совершенствования государственной политики в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (включая организацию льготного заемного финансирования и предоставление государственных гарантий по кредитам на реализацию энергосберегающих проектов, развитие механизмов налогового стимулирования приобретения энергоэффективного оборудования) и др.

Реализация на практике мер по энергосбережению является одним из эффективных инструментов обеспечения энергетической безопасности государств. Под энергетической безопасностью понимается состояние защищенности страны, ее граждан, общества, государства, экономики от угроз надежному топливо- и энергообеспечению. Эти угрозы определяются как внешними (геополитическими, макроэкономическими, конъюнктурными) факторами, так и состоянием энергетического сектора конкретной страны.

Анализ сложившейся ситуации в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) России свидетельствует, что эти угрозы носят уже вполне реальный характер. Подтверждением этому служат диспропорции в топливо- и энергообеспечении отдельных регионов России, которые становятся «хронической болезнью», неудовлетворительное состояние инженерной инфраструктуры. Проблема усугубляется также географией размещения запасов первичных энергоресурсов, производства нефтепродуктов и электроэнергии по регионам страны, недостаточной

мощностью линий электропередач, связывающих Дальний Восток, Сибирь и европейскую часть страны.

К руководящим документам, регламентирующим вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий в России, относятся:

– Постановление Правительства РФ от 20.09.2014 № 961 «Об организации работы по созданию общедоступного банка данных о наиболее эффективных технологиях, применяемых при модернизации (строительстве, создании) объектов коммунальной инфраструктуры, а также о наиболее эффективных технологиях по энергосбережению и повышению энергетической эффективности МКД, административных и общественных зданий»;

– Приказ Минстроя РФ № 399/пр от 06.06.2016 «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов»;

– Распоряжение Правительства РФ № 1853-р от 01.09.2016 «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений»;

– Приказ Минстроя РФ № 1550/пр от 17.11.2017 «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений»;

– Приказ Минстроя РФ № 98/пр от 15.02.2017 «Об утверждении примерных форм перечня мероприятий, проведение которых в большей степени способствует энергосбережению и повышению эффективности использования энергетических ресурсов в многоквартирном доме» и др.

Порядок установления и подтверждения класса энергетической эффективности зданий на этапе ввода в эксплуатацию вновь построенных, реконструированных объектов, а также эксплуатируемых зданий регламентируется Приказом Минстроя РФ № 399/пр. В данном приказе перечислены показатели, характеризующие класс энергетической эффективности многоквартирного дома (МКД), представлена градация классов энергетической эффективности, установлены базовые значения удельного годового расхода энергетических ресурсов на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и общедомовые нужды, в расчете на 1 м<sup>2</sup> площади помещений, не отнесенных к общему имуществу.

Распоряжение Правительства РФ № 1853-р устанавливает ряд целевых показателей в части энергетической эффективности жилищного фонда страны и содержит целевую установку по разработке типовых проектных решений зданий высокой энергетической эффективности (табл. 3.1) [46].

Таблица 3.1

Ключевые показатели «дорожной карты» по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений в РФ

Показатель	Ед. изм.	Значение базового 2015 г.	Плановый период	
			2020 г.	2025 г.
Уменьшение удельного годового расхода тепловой энергии на 1 м <sup>2</sup> всех площадей МКД	%	100	85	75
Доля МКД наивысшего класса энергетической эффективности в общем числе вводимых в эксплуатацию МКД	%	-	20	30

Минимальные нормативные значения величины расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий для соблюдения требований энергетической эффективности зданий в России установлены Приказом Минстроя РФ № 1550/пр. Данный приказ содержит не только требуемые значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию проектируемых, вновь строящихся и реконструируемых зданий, но и указания по последовательному уменьшению значений этих показателей:

– с 1 июля 2018 г. – на 20 % по сравнению с удельной характеристикой расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, указанной в Приказе;

– с 1 января 2023 г. – на 40 %;

– с 1 января 2028 г. – на 50 % [49].

В табл. 3.2 на примере трех российских городов представлены изменения расчетных значений удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий по периодам реализации Приказа № 1550/пр Минстроя РФ, при которых здания будут соответствовать требованиям энергетической эффективности.

Таблица 3.2

Расчет изменения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий по периодам реализации приказа № 1550/пр

Населенный пункт	Период действия норм	Значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, в зависимости от этажности многоквартирного дома, кВтч/м <sup>2</sup> в год				
		2-эт.	5-эт.	9-эт.	12-эт.	23-эт.
г. Ростов-на-Дону	с 01.07.2018	155,91	338,00	540,61	655,28	1 255,96
	с 01.01.2023	116,93	253,50	405,46	491,46	941,97
	с 01.01.2028	97,45	211,25	337,88	409,55	784,97
г. Омск	с 01.07.2018	279,79	606,56	970,15	1175,94	2253,89
	с 01.01.2023	209,84	454,92	727,61	881,96	1690,41
	с 01.01.2028	174,87	379,10	606,34	734,96	1408,68
г. Краснодар	с 01.07.2018	112,95	244,87	391,65	474,73	909,89
	с 01.01.2023	84,71	183,65	293,74	356,05	682,42
	с 01.01.2028	70,60	153,04	244,78	296,70	568,68

Согласно приказу Минстроя № 1550/пр с 01.01.2023 для проектируемых, реконструируемых, капитально ремонтируемых зданий (за исключением многоквартирных домов) рекомендуется не менее 10 кВт·ч/м<sup>3</sup> в год энергии получать от возобновляемых, альтернативных источников энергии и вторичных энергоресурсов, и не менее 20 кВт·ч/м<sup>3</sup> в год – с 01.01.2028 [47].

Основу нормативно-технической базы энергосбережения РФ занимают государственные отраслевые стандарты (ГОСТ), своды правил (СП), а также правила, стандарты и методики, разрабатываемые саморегулируемыми организациями, и затрагивающие методы энергетического обследования, правила оценки потенциала энергосбережения, оформления энергетического паспорта и др. вопросы.

К действующим отраслевым стандартам и правилам в области энергосбережения РФ относятся:

- ГОСТ Р 51594-2000 «Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения»;
- ГОСТ Р 53905-2010 «Энергосбережение. Термины и определения»;

- ГОСТ Р 54100-2010 «Нетрадиционные технологии. Возобновляемые источники энергии. Основные положения»;
- ГОСТ Р 54856-2011 «Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с солнечными установками»;
- ГОСТ Р 54862-2011 «Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания»;
- СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением № 1)»;
- ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению»;
- ГОСТ Р ИСО 23045-2013 «Проектирование систем обеспечения микроклимата здания. Руководящие указания по оценке энергетической эффективности новых зданий»;
- ГОСТ Р 56295-2014 «Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях» и др.

### 3.1.2. Нормативная база энергосбережения европейских стран

Особенностью энергетической политики европейских стран является разработка и принятие законов, способствующих повышению энергоэффективности жилищного сектора за счет снижения потребления традиционных первичных энергоносителей этим сектором и увеличению в нем доли использования возобновляемых источников энергии.

Первые нормативные документы, направленные на снижение объемов потребления зданиями энергии, приняты в странах Европы в конце 80-х гг. XX века. Первыми на государственном уровне новые энергосберегающие стандарты ввели скандинавские страны: в 1977 г. Дания (Danish BR77 standard), в 1980 г. – Швеция (SBN-80, Svensk Bygg Norm). В результате к 1988 г. Швеция снизила ежегодное потребление тепла в жилых зданиях на 28 ТВтч (по сравнению с уровнем потребления 1978 г.), а Дания уже к 1985 г. потребляла на 28 % меньше тепловой энергии на отопление жилья по сравнению с 1972 г. [48].

В 1989 г. Европой была поставлена задача по повышению энергетической эффективности экономик стран к 1995 г. на 20 %. Для достижения этой цели был разработан ряд программ, таких как «Thermie» (1989 г.), направленная на продвижение новых энергосберегающих технологий, программа «Save» (1991 г.), направленная на повышение энергоэффективности систем производства тепла на основе систем рекуперации, программа «Altener» (1993 г.), направленная на продвижение возобновляемых источников энергии, и др.

С момента возникновения проблемы энергосбережения, ее решение рассматривается странами ЕС в тесной взаимосвязи с вопросами защиты климата и развития нетрадиционных источников энергии.

В 1997 г. Европейскими странами был принят Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Одной из задач этого соглашения стало повышение эффективности использования энергии в соответствующих секторах экономики, а также проведение исследовательских работ, содействие внедрению, разработке и более широкому использованию новых и возобновляемых видов энергии, технологий поглощения диоксида углерода и инновационных экологически безопасных технологий.

Для реализации Киотского протокола в июне 2000 г. Европейской комиссией ЕС была запущена Европейская программа по изменению климата. Ее целью стало выявление, разработка и внедрение всех необходимых элементов стратегии ЕС по реализации Киотского протокола.

Важным элементом энергетической политики ЕС в жилищном секторе является Директива по энергетическим характеристикам зданий (Directive on the Energy Performance of Buildings – EPBD). Впервые этот документ был принят в 2002 г. К ключевым требованиям, установленным во всех государствах-членах ЕС в соответствии с Директивой 2002/91/ЕС EPBD относятся:

- единая методика расчета и оценки интегрированных энергетических характеристик зданий, которые включают в себя показатель выбросов CO<sub>2</sub>;
- стандарты эффективности и энергетическая сертификация (маркировка) широкого диапазона бытовой техники;

– требование по периодической проверке систем отопления и кондиционирования воздуха, оборудование которых имеет срок эксплуатации свыше 15 лет;

– обязательная система сертификации и высокие стандарты энергоэффективности вновь строящихся и эксплуатируемых зданий;

– требования по внесению в проект возможности применения альтернативных систем энергоснабжения, использующих возобновляемые источники энергии или комбинированную выработку тепла и электроэнергии в отношении новых зданий общей полезной площадью более 1 000 м<sup>2</sup> [49].

С введением EPBD энергетическая сертификация зданий была распространена на все страны-члены ЕС, а с 2009 г. она стала обязательной. До 2009 г. ведение энергетической сертификации зданий было самостоятельной инициативой отдельных европейских стран, примером может служить Дания, которая стала первой европейской страной, внедрившей энергетические сертификаты еще в 1997 г.

Сертификат, характеризующий уровень энергетической эффективности здания, в соответствии с EPBD обязателен при строительстве нового здания, продаже или сдаче здания в аренду. Срок действия сертификата не должен превышать 10 лет. Энергетический сертификат зданий должен обязательно включать в себя действующие нормативные значения энергетических характеристик, а также рекомендации по улучшению показателей энергоэффективности, включая экономическое обоснование этих мероприятий.

Для эффективного внедрения EPBD в практику проектирования и строительства зданий в Европе была создана Строительная платформа – Building Platform, которая предоставляет информационные услуги для практиков и консультантов, экспертов энергетических агентств, заинтересованных групп и законодателей стран-членов ЕС.

Последующие правки в директиву EPBD были внесены в 2006 и 2010 гг.

Согласно Директиве 2010/31/EU, энергосбережение в зданиях, энергетические нужды которых составляют 40 % от общего энергопотребления и 36 % выбросов CO<sub>2</sub> в странах ЕС, рассматривается в качестве важнейшего инструмента для достижения энергетических и экологических целей.

гических целей ЕС, среди которых – сокращение до 2020 г. на 20 % выбросов парниковых газов [41].

Кроме того, в редакции Директивы 2010/31/EU появилась ссылка на необходимость внедрения универсального механизма энергетической сертификации, позволяющего сравнивать состояние энергетических характеристик зданий различных европейских стран [41].

Согласно Директиве 2010/31/EU EPBD, с декабря 2020 г. все вновь построенные здания должны иметь уровень энергопотребления менее 45 кВт/м<sup>2</sup> в год, т.е. должны соответствовать показателям зданий с минимальным или нулевым потреблением энергии, при этом в большей степени эта энергия должна будет покрываться из возобновляемых источников [41].

Для реализации положений Директив 2002/91/ЕС и 2010/31/ЕС в части создания единой методики оценки уровня энергетической эффективности зданий разработан перечень стандартов серии EN:

- стандарт EN 15239: 2007 «Ventilation for buildings – energy performance of buildings – guidelines for inspection of ventilation systems» содержит требования в части энергоэффективности систем вентиляции зданий;

- стандарт 15240:2007 «Ventilation for buildings. Energy performance of buildings. Guidelines for inspection of air-conditioning systems» содержит методологию обследования систем кондиционирования воздуха в зданиях ЕС;

- стандарт EN 15603:2008 «Energy performance of buildings. Overall energy use and definition of energy ratings» содержит рекомендации по учету энергопотребления в зданиях и сопоставлению уровней энергетической эффективности в различных системах оценки [50];

- стандарт EN 15232:2012 «Energy Performance of Buildings – Impact of Building Automation, Controls, and Building Management» содержит основные положения по учету влияния автоматизации, контроля и управления инженерными системами здания на уровень их энергопотребления;

- стандарт EN 15217 «Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for the energy certification of buildings» регулирует вопросы разработки сертификата энергетической эф-

фективности зданий, устанавливает требования к энергетическим характеристикам новых и существующих зданий [51];

- стандарт EN 15378-1:2017 «Energy performance of buildings. Heating systems and DHW in buildings. Inspection of boilers, heating systems and DHW, Module M3-11, M8-11» описывает процедуру оценки эффективности работы бойлеров и тепловых насосов в системе отопления зданий;

- стандарт ISO 52016-1:2017 «Energy performance of buildings – Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads – Part 1: Calculation procedures» содержит описание методов расчета потребности здания в энергии на отопление и охлаждение [52] и др.

Остановимся более подробно на содержании стандартов EN. Так, например, целью стандарта EN 15603:2008 является:

- сопоставление результатов других стандартов, которые рассчитывают объем потребляемой зданием энергии на отопление, вентиляцию, электроснабжение и др.;

- учет лишней энергии, вырабатываемой в здании и которая может быть экспортирована для использования в другом месте;

- формирование энергетического рейтинга здания на основе данных об объеме потребления первичной энергии, выбросов углекислого газа или других параметров, определенных национальной энергетической политикой;

- установление общих принципов расчета основных энергетических показателей и коэффициентов выбросов углерода [50].

Стандарт EN 15232:2012 включает в себя следующие положения:

- перечень функций управления и автоматизации инженерных систем здания, которые влияют на энергетические характеристики зданий;

- метод определения минимальных требований к функциям управления и автоматизации систем, реализуемых в различных типах зданий;

- методы количественного определения влияния этих функций на энергетические характеристики здания [53].

Стандарт ISO 52016-1:2017 содержит описание методов расчета для оценки:

- потребности в энергии на отопление и охлаждение здания, основанной на почасовых или ежемесячных расчетах;
  - потребности в скрытой энергии, требуемой для увлажнения воздуха внутри помещений, основанной на почасовых или ежемесячных расчетах;
  - расчетной тепловой нагрузки и нагрузки на охлаждение здания с использованием часового интервала расчета;
  - требуемого объема приточного воздуха;
- в жилых и общественных зданиях ЕС на этапе их проектирования и эксплуатации [52].

В 2018 г. Директивой ЕС 2018/844 была осуществлена очередная переоценка целей ЕС в области энергосбережения, внесены изменения в Директивы 2010/31/ЕС и Директиву 2012/27/ЕС по энергоэффективности. Согласно Директиве ЕС 2018/844 ключевой целью развития энергосбережения в странах Европы является декарбонизации строительного фонда. Приоритетность строительной сферы, жилищного комплекса в решении вопросов энергосбережения связана с высокой энергоемкостью этого сектора экономики: в Директиве отмечается, что почти 50 % конечного энергопотребления составляют расходы на отопление и охлаждение, которое на 80 % используется в жилых зданиях [54].

Для создания условий по развитию устойчивой, конкурентоспособной, безопасной и безуглеродной энергетической системы Директивой ЕС 2018/844 поставлена задача по дальнейшему увеличению доли потребления возобновляемой энергии в зданиях, сокращению выбросов парниковых газов еще как минимум на 40 % к 2030 г. по сравнению с 1990 г., а также совершенствованию финансовых механизмов внедрения энергосберегающих технологий [54].

Помимо стандарта ЕРВД, для реализации энергетической политики в Европейских странах был разработан ряд других энергетических актов:

- Директива по продвижению комбинированной выработки тепла и электроэнергии, основанной на потребности в полезной теплоте на внутреннем энергетическом рынке (Directive on the promotion of

cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market, 2004 г.);

– Директива по созданию критериев для разработки экологических требований по проектированию зданий и энергопотребляющего оборудования (Directive on establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products, 2005 г.);

– Директива по эффективности конечного потребления энергии и энергетическим услугам (Directive on energy end-use efficiency and energy services, 2006 г.);

– Директива по увеличению доли использования возобновляемых источников энергии (Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources, 2009 г. и 2018 г.) и др.

Директивы ЕС, как правило, содержат общие рекомендации и требования для всех стран-участниц, при этом каждая страна формирует и развивает в рамках этих директив свою нормативно-правовую базу, адаптирует методики и стандарты к специфическим климатическим, экономическим, культурным и техническим условиям, определяет новые инициативы для поощрения использования возобновляемых источников энергии в зданиях.

Для стимулирования развития энергосберегающих технологий странами ЕС разрабатываются соответствующие финансовые механизмы поощрения владельцев, внедряющих мероприятия и технологии, направленные на повышение энергетической эффективности зданий: налоговые скидки и льготы, гранты, поддержку в виде займов, «зеленые» сертификаты.

Например, в Словакии ассоциации домовладельцев могут получить льготный кредит из государственного фонда развития жилищного сектора для повышения энергоэффективности многоквартирного дома. Кредиты предоставляются в размере до 80 % от стоимости проекта на срок до 20 лет под низкую процентную ставку (порядка 3,3 %), если проект включен в Программу реконструкции жилищного сектора [55]. Под проекты, не включенные в эту Программу, можно получить кредиты на 10-20 лет под 4,9-6,5 % годовой процентной ставки [55]. Для получения льготных кредитов домохозяйства должны в результате реализации проекта снизить потребление энергии, по меньшей мере, на 20 % по сравнению с допроектным уровнем [55].

Таким образом, можно сделать вывод, что европейскими странами накоплен значительный опыт в нормативно-правовой части энергосбережения, процесс формирования стандартов энергоэффективных зданий прошел несколько этапов своего развития. Европейский союз активно стремится и делает все возможное для снижения общего энергопотребления зданий, повышения энергетической эффективности жилищного сектора, расширения использования возобновляемой энергии в инженерных системах зданий и существенного снижения выбросов парниковых газов.

### 3.2. Оценка энергетической эффективности зданий в России и Европе

Оценка энергетической эффективности зданий во многих странах мира имеет схожий алгоритм, основанный на определении показателей энергетической эффективности зданий в процессе обследования или расчетного моделирования. По результатам энергосертификации зданию присваивают определенную маркировку (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Общая схема разработки энергетического паспорта/сертификата здания

Системы энергетических сертификатов и маркировок зданий разных стран основаны на национальной нормативной и законодательной базе, взаимосвязаны с финансовыми механизмами, льготами и субси-

диями при строительстве новых, ремонте и реконструкции существующих зданий [56].

Отличия систем энергетических паспортов зданий в различных странах заключаются в разном количестве факторов и видов энергии, учитываемых при оценке энергопотребления, а также в продолжительности периода оценки.

В соответствии с российским и европейским законодательством оценка энергетической эффективности зданий производится:

- при проектировании здания – путем расчета показателей энергетической эффективности здания и заполнения энергопаспорта объекта;
- при вводе законченного строительством/капитальным ремонтом или реконструкцией объекта в эксплуатацию – расчетно-аналитическим методом, на основе фактических данных приборов учета энергетических ресурсов;
- на этапе эксплуатации здания – по результатам энергетического обследования строительного объекта.

В России к показателям, характеризующим выполнение требований энергетической эффективности, относят:

- показатель удельного годового расхода энергетических ресурсов на отопление и вентиляцию для всех типов зданий, строений, сооружений;
- показатель удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды и показатель удельного годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение для многоквартирных домов;
- класс энергетической эффективности зданий.

На этапе проектирования зданий в России энергетическая сертификация осуществляется в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012, на этапе эксплуатации – согласно приказу № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

К показателям, характеризующим уровень энергетической эффективности зданий в ЕС относятся:

- удельный годовой расход первичной энергии в расчете на 1 м<sup>2</sup> общей площади здания;
- показатель выбросов CO<sub>2</sub>;

– показатель выработки зданием энергии, излишки которой могут направляться в общегородскую сеть;

– класс энергетической эффективности здания.

Особенностью методических подходов ЕС к оценке энергетической эффективности зданий является:

– принцип оценки и учета экологического воздействия зданий на окружающую среду;

– рассмотрение здания как единой энергосистемы, т.е. в энергобалансе здания учитывается не только вторичное, но и первичное потребление энергии, для которого нормами установлены предельные допустимые значения.

В странах ЕС энергетическая сертификация зданий производится в соответствии с требованиями стандарта EN 15217:2007. Ключевым показателем энергетической эффективности жилого или общественного здания, по которому присваивают класс, является расчетная величина удельного годового расхода первичной энергии в расчете на 1 м<sup>2</sup> общей площади здания.

Класс энергетической эффективности зданий в России и ЕС устанавливается по величине отклонения проектного, расчетного или фактического значения удельного годового расхода энергетических ресурсов от нормируемого значения. В качестве критерия оценки выступает соотношение вида:

$$\frac{q^{fac}-q^{req}}{q^{req}} \text{ или } \frac{q^{des}-q^{req}}{q^{req}},$$

где  $q^{des}$ ,  $q^{fact}$ ,  $q^{req}$  – это проектное (расчетное), фактическое и нормируемое значение расхода энергетических ресурсов зданием соответственно.

В России нормируемое значение потребности в энергетических ресурсах проектируемых зданий определяется по СП 50.13330.2012 в зависимости от типа здания, его местонахождения, отапливаемого объема и этажности. Для эксплуатируемых зданий в качестве нормируемого значения выступает базовый уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов, отражающий суммарный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на общедомовые нужды, многоквартирных жилых домов [27, табл. 1].

Обозначение класса энергетической эффективности эксплуатируемых зданий в России осуществляется латинскими буквами по шкале от «G» (самый низкий) до «A++» (самый высокий) по аналогии с действующей в Европе маркировкой согласно стандарта EN 15217 «Энергоэффективность зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий и сертификация энергопотребления зданий» (табл. 3.3, 3.4).

Таблица 3.3

Пример градации классов энергетической эффективности эксплуатируемых зданий, принятой в России согласно Приказу Минстроя России № 399/пр

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
A++	Высочайший	-60 включительно и менее
A+	Высочайший	от -50 включительно до -60
A	Очень высокий	от -40 включительно до -50
B	Высокий	от -30 включительно до -40
C	Повышенный	от -15 включительно до -30
D	Нормальный	от 0 включительно до -15
E	Пониженный	от +25 включительно до 0
F	Низкий	от +50 включительно до +25
G	Очень низкий	более +50

Таблица 3.4

Маркировка классов энергетической эффективности зданий в Австрии

Класс энергоэффективности	Энергопотребление, кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·год)	Примечание
A++ A+	Менее 10-15	Стандарт пассивного дома
A	Менее 25	Дом с ультранизким энергопотреблением
B	Менее 50	Дом с низким энергопотреблением
C	Менее 100	Дом, соответствующий строительным нормам и правилам
D, E, F, G	150-250 и более	Старые здания, не прошедшие санацию

В странах ЕС оценка энергоэффективности зданий и проверка соответствия значений энергопотребления требованиям норм на стадии проектирования обязательна для проектировщика. При этом в странах ЕС расчет энергоэффективности зданий могут осуществлять только эксперты, имеющие соответствующую лицензию [57]. В Дании, Ирландии, Португалии и Швеции результаты расчетов представляются в виде годового потребления зданием конечной энергии, в Германии, Франции, Голландии, Греции – в виде годового потребления первичной энергии, в Испании и Финляндии – в виде коэффициента теплопередачи отдельных элементов ограждающей конструкции здания [57]. В Норвегии результаты расчетов представляются в виде потребления первичной энергии и коэффициентов теплопередачи [57].

Согласно европейской классификации энергоэффективных зданий, здания и сооружения можно разделить на несколько типов (табл. 3.5) [56].

Таблица 3.5

Классификация зданий ЕС по уровню годового потребления энергии

Классификация зданий	Годовое потребление энергии, кВт·ч/м <sup>2</sup>
Старое здание	300
Новое здание	150
Дом низкого энергопотребления	60
Пассивный дом	15
Дом нулевой энергии	0
Дом плюсовой энергии	Вырабатывает больше энергии, чем потребляет

В ЕС в рамках Директивы 2010/31/ЕС EPBD, начиная с декабря 2020 г., все вновь строящиеся здания должны иметь низкое энергопотребление – менее 45 кВт/м<sup>2</sup> в год. Данное требование является обязательными для исполнения всеми странами-членами Европейского Союза, при этом каждая страна-участница может устанавливать свои (более жесткие) требования в области энергоэффективности зданий. Таким образом, в ЕС действует стратегия минимальных требований к европейским энергетическим характеристикам зданий.

Для сравнения, уровень расхода энергетических ресурсов на отопление, электроснабжение, вентиляцию и горячее водоснабжение

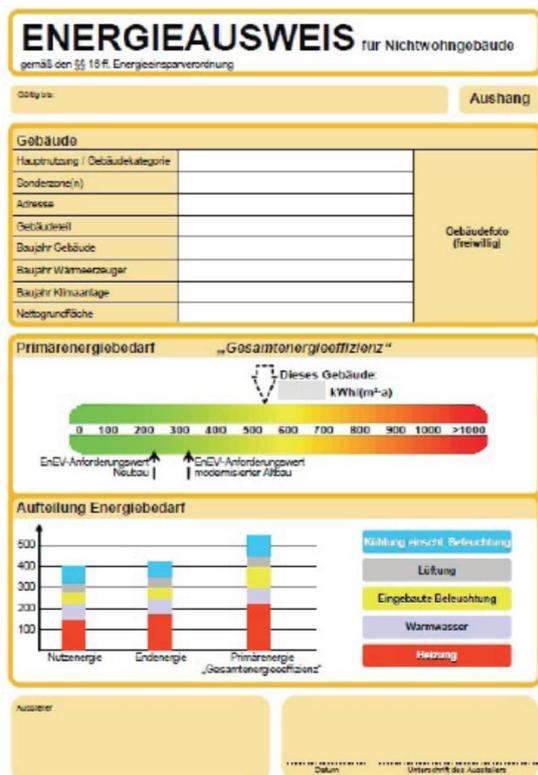
многоквартирных жилых зданий этажностью выше 12 и класса энергетической эффективности А++, расположенных в г. Ростове-на-Дону, согласно действующим российским нормам, в 2020 г. должен составлять не более 85,2 кВт/м<sup>2</sup> в год, для зданий менее 12 этажей этот показатель существенно выше.

При вводе зданий в эксплуатацию класс энергоэффективности присваивается по показаниям приборов учета, причем расчет ведется по ускоренной методике. Поскольку в первые годы эксплуатации новых зданий энергопотребление отличается от энергопотребления при обычной эксплуатации (из-за сушки бетона, частичной заселенности и т.д.), класс энергоэффективности необходимо подтверждать в России – через 5 лет для новых домов, в Европе – через 3 года. Согласно № 261 ФЗ, при высоком классе энергоэффективности здания («В», «А», «А+», «А++») гарантийный срок сохранения показателей энергопотребления составляет не 5, а 10 лет. Для многоквартирных домов ответственность застройщика сохраняется на этот период. До окончания гарантийного срока должно быть проведено подтверждение класса энергетической эффективности здания. Если будут обнаружены значительные отклонения, то собственники могут потребовать от застройщика устранить указанные расхождения.

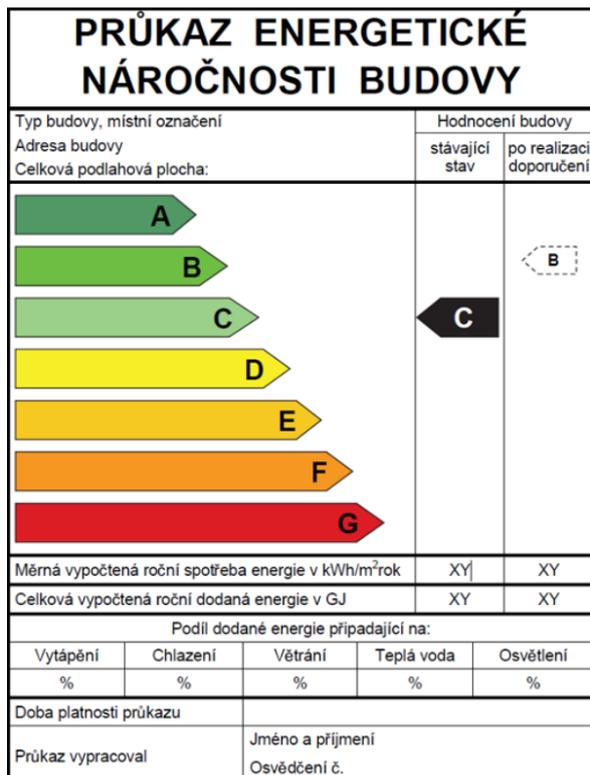
В Германии для всех типов зданий установлен 5-летний гарантийный срок сохранения энергетической эффективности вновь построенного, реконструированного или прошедший капитальный ремонт здания. При этом ответственность за соответствие здания требованиям стандарта EnEV 2009 возложена не только на застройщика, но и на проектировщика, а также подрядчика, выполнившего на объекте строительные работы или работы по монтажу инженерного оборудования.

Результат оценки энергетических характеристик здания оформляется в России в форме многостраничного документа – энергопаспорта, а в странах Европы – энергетического сертификата здания (рис. 3.5).

В России энергопаспорт – это документ, содержащий геометрические, теплотехнические, энергетические характеристики здания и его отдельных элементов, оценку соответствия их требованиям действующего законодательства, а также класс энергосбережения здания.



a)



b)

Рис. 3.5. Пример энергетического сертификата здания Германии (а) и Чехии (б)

Энергетический паспорт здания разрабатывается на этапе проектирования объекта в составе раздела 10-1 проектной документации и корректируется по фактическим значениям сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, которые определяются по результатам натурных измерений. Энергопаспорт в России разрабатывают организации, являющиеся членами СРО в этой области.

Энергетический сертификат зданий, принятый в Европе, в соответствии с Директивой 2002/91/ЕС EPBD является обязательным документом для осуществления сделок с объектами недвижимости. Срок действия сертификата не должен превышать 10 лет. Для жилых многоквартирных зданий энергетический сертификат разрабатывается каждые 3 года на основании данных о реальном потреблении тепловой энергии.

Требования к содержанию и разработке сертификата изложены в ст. 7 EPBD. Энергетический сертификат зданий должен обязательно включать в себя действующие нормативные значения энергетических характеристик, чтобы потребители могли оценивать энергетическую эффективность эксплуатируемого здания, а также рекомендации по

улучшению показателей энергоэффективности, включая экономическое обоснование этих мероприятий.

Энергетический сертификат для общественных зданий (правительственных и иных учреждений) с общей полезной площадью более 1 000 м<sup>2</sup>, должен размещаться в доступном для всех желающих месте. Приветствуется информирование посетителей о рекомендуемых и фактических значениях температуры внутреннего воздуха в помещении и других характеристиках микроклимата здания.

### **3.3. Методы и технологии повышения энергетической эффективности зданий в России и ЕС**

Для определения направлений повышения энергетической эффективности как вновь строящихся, так и эксплуатируемых объектов, изучают структуру энергетического баланса здания, которая включает в себя:

- трансмиссионные теплотери;
- энергозатраты на отопление;
- энергозатраты на подогрев воздуха в системе механической вентиляции, в т.ч. при инфильтрации;
- энергозатраты на подогрев воды для горячего водоснабжения;
- затраты электрической энергии;
- бытовые теплопоступления в здание;
- энергию, поступающую за счет солнечной радиации.

Повышение энергетической эффективности здания достигается за счет своевременной реализации в нем ряда энергосберегающих решений на таких важнейших этапах жизненного цикла здания, как проектирование и эксплуатации (рис. 3.6, 3.7).

Важным направлением энергосбережения в зданиях выступает уменьшение тепловых потерь в зданиях, которые происходят преимущественно:

- в виде дисперсии тепла через наружные ограждения, возникающей при нарастании разницы температур внутреннего и наружного воздуха;
- в результате усиленной инфильтрации наружного (и эксфильтрации внутреннего) воздуха под давлением ветра и вследствие возникновения на территории застройки различных аэродинамических эффектов (эффектов «угла», «вихревого ролика», Вентури и др.) при высоте застройки более 15 м (рис. 3.8).



Рис. 3.6. Примеры энергосберегающих решений, реализуемых на этапе проектирования здания

Эксплуатационная фаза жизненного цикла здания



Рис. 3.7. Примеры энергосберегающих решений, реализуемых на этапе эксплуатации здания



Рис. 3.8. Потери тепловой энергии через ограждающие конструкции здания

Снижение тепловых потерь в зданиях может быть достигнуто рядом объемно-планировочных и ландшафтных мероприятий (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Объемно-планировочные и ландшафтные мероприятия по снижению тепловых потерь здания

Уменьшение площади наружных ограждений при сохранении или увеличении внутреннего объема здания, т.е. повышение его пространственной и объемной компактности – одна из ключевых объемно-планировочных задач при проектировании тепловой защиты зданий. Минимальные соотношения площади поверхности к внутреннему объему имеют шар, цилиндр и куб – именно эти формы обеспечивают предельное снижение дисперсии тепла зданием.

По данным российских исследователей, изменение удельного периметра стен на 0,01 м приводит к изменению удельного расхода тепла на 1,5–2,0 % в зданиях этажностью выше 5 этажей [30, 31].

Компактность формы здания повышается с увеличением ее размеров: так, существенное снижение удельного расхода тепла происходит при увеличении ширины корпуса здания (с 11 до 14 м – на 6–7 %, до 15–16 м – на 12–14 %, до 18 м – на 16–20 %) [32].

Оптимизация площади светопроемов, обладающих высокой теплопроводностью, также влияет на величину теплопотерь в зданиях. Например, при увеличении нормативной освещенности жилых помещений с 1:5.5 до 1:4 (соотношения площадей светопроемов и пола) удельный расход теплоты возрастает в среднем на 5 % в пяти- и на 6–7 % в девятиэтажных зданиях.

Значительный потенциал энергосбережения заключен в тепловом зонировании отапливаемого объема здания и устройстве вокруг него так называемых буферных пространств – неотапливаемых помещений с промежуточной (относительно внутренней и внешней среды) температурой.

Скорость теплопередачи тем выше, чем больше амплитуда температур контактирующих сред, следовательно, тепловое зонирование, предполагающее формирование теплового ядра здания из помещений с максимальными расчетными температурами и теплоемкими конструкциями, и буферных пространств, формирующих двойную оболочку отапливаемого объема создают эффект «энергетического каскада» многоступенчатой теплопередачи от внутренней среды к внешней. Сокращение амплитуды температур контактирующих сред позволяет заметно снизить тепловые потери здания.

Наибольший эффект буферные пространства дают при их размещении в тех частях здания, где наблюдаются максимальные амплитуды температур отапливаемых помещений и внешней среды: в зоне покрытия (где функции буфера выполняет чердак) и у плохо прогреваемых солнцем стен северной ориентации.

Кроме того, буферные пространства защищают ограждения от ветровых воздействий, исключая нежелательную «напорную» инфильтрацию наружного воздуха и переувлажнение ограждающих конструк-

ций здания, влекущее, как правило, резкое снижение их теплотехнических качеств и ускоренное разрушение.

Снижение скорости движения и турбулентности воздушных потоков вблизи зданий достигается использованием растительности в качестве естественных ветрозащитных барьеров. Растительные формы различной плотности и высоты способны значительно снизить скорость ветрового потока, обеспечивая при этом зоны «ветрового затишья». Суммарное снижение тепловых потерь благодаря разумному использованию растительных форм ландшафта может достигать 40 %.

Примерами конструктивных мероприятий, обеспечивающих снижение тепловых потерь в зданиях, являются:

- повышение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций за счет применения современных материалов;
- устранение мостиков холода в местах стыка конструкций;
- создание герметичной оболочки здания.

Мостик холода (температурный мост) – участок ограждающей конструкции, который обладает сниженным термическим сопротивлением и, соответственно, охлаждается сильнее по сравнению с другими частями ограждения. Тепловые мосты могут быть материальными или геометрическими.

Геометрические мостики холода возникают в тех местах, где внутренняя теплопоглощающая поверхность меньше внешней экзотермической поверхности. Такие тепловые мосты встречаются в изгибах поверхности здания: в углах, балконах, навесах и эркерах. Избежать геометрических мостиков холода полностью практически невозможно, но желательно их минимизировать, делая форму здания более простой и компактной. При строительстве энергоэффективных зданий, в том числе пассивных домов, на это следует обращать особое внимание.

Материальные мостики холода проявляются при использовании низко- и высокотеплопроводных материалов.

Примеры мостиков холода: бетонные элементы в кирпичной или блочной кладке, стойки в каркасных домах, оконные и дверные перемычки, стык карниза и стены, элементы крепления теплоизоляции (дюбели), между балконной плитой и плитой перекрытия и др. (рис. 3.10).

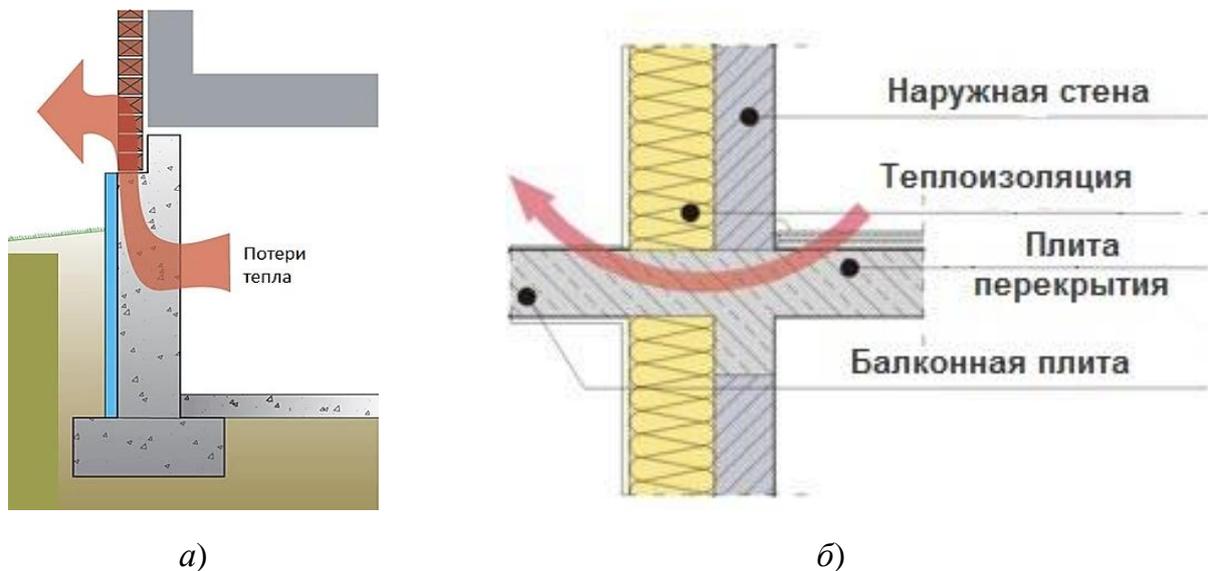


Рис. 3.10. Примеры мостиков холода:  
*а* – опирание кирпичной стены на фундаментную ж/б плиту;  
*б* – опирание бетонной плиты на стену

Негативное воздействие мостиков холода проявляется в виде:

- повышенного потребления энергии на отопление;
- образования и накопления водного конденсата;
- повреждения строительных элементов;
- образования плесневого грибка.

Способы устранения мостиков холода:

- герметизация оконных и дверных блоков;
- создание непрерывного слоя наружной теплоизоляции;
- избегание металлических и высокотеплопроводных элементов в конструкциях ограждений здания;
- предотвращение образование мостиков холода в швах кирпичной кладки (за счет применения менее теплопроводного раствора, используя для этого перлитовый песок) и др.

Рассмотренные выше мероприятия по устранению мостиков холода, снижению скорости воздушных потоков, оптимизации светопрозрачных конструкций и т.д. направлены на снижение тепловых потерь в здании. Однако, как показывает мировая практика, для обеспечения высокой энергетической эффективности здания порой недостаточно реализовать мероприятия по снижению тепловых потерь.

Важным направлением энергосбережения, реализуемым в зданиях, является повышение эффективности инженерных систем здания, включая:

- модернизацию систем отопления и вентиляции здания;
- установку рекуператоров тепла в системе механической вентиляции;
- применение светодиодных светильников, датчиков присутствия и других энергоэффективных осветительных устройств;
- установку радиаторных регистраторов тепла;
- применение приборов и оборудования высокого класса энергоэффективности;
- применение нетрадиционных, возобновляемых источников энергии (тепловых насосов, солнечных батарей и коллекторов и др.);
- установку систем автоматизированного управления процессами, протекающими в здании (например, системы «Умный дом»).

Устройство рекуператора в системе вентиляции является непременным условием строительства энергоэффективных зданий, в т.ч. пассивных зданий в странах Европы. Рекуператор – это теплообменник поверхностного типа для использования теплоты отходящих газов, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделяющую их стенку (рис. 3.11).

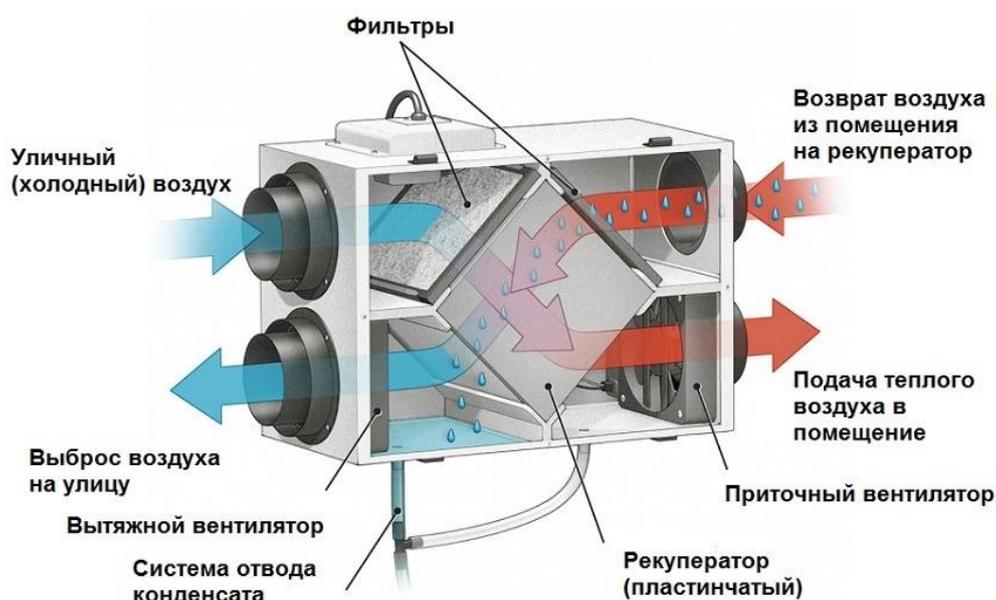


Рис. 3.11. Схема работы рекуператора в системе вентиляции здания

Установка радиаторных регистраторов расхода тепла позволяет определить долю потребления тепла комнатным отопительным прибором в общедомовом потреблении тепла (рис. 3.12) [58]. Электронное устройство регистратора фиксирует разность температуры поверхности отопительного прибора и окружающего воздуха и интегрирует ее по времени. Показания регистратора пропорциональны количеству тепла, отданного отопительным прибором [58].

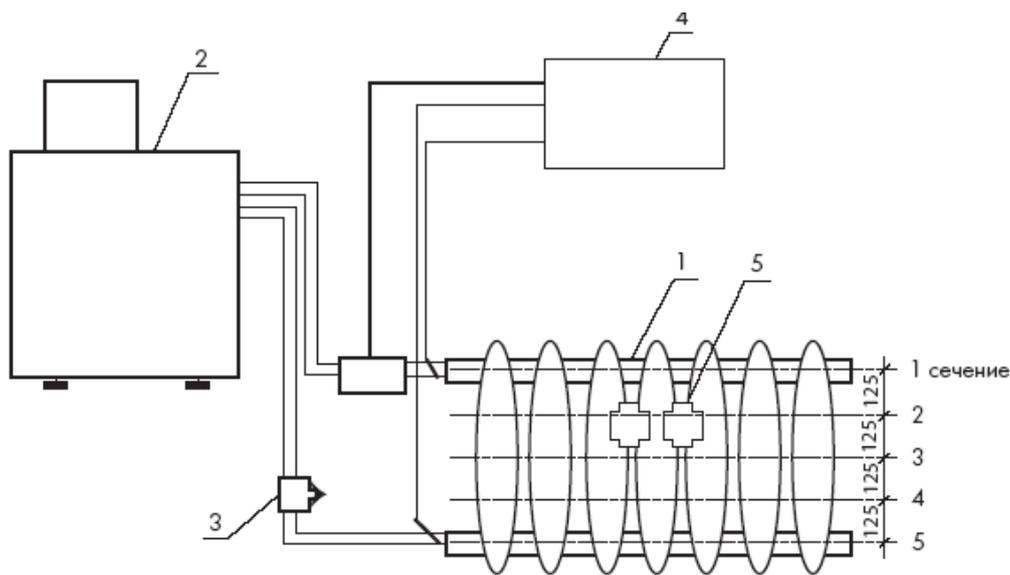


Рис. 3.12. Схема экспериментального стенда:  
 1 – отопительный прибор; 2 – циркуляционный термостат;  
 3 – шаровый кран; 4 – теплосчетчик; 5 – регистратор

Применение регистраторов расхода тепла для определения фактического потребления отдельными потребителями в конкретном здании лежит в основе метода поквартирного учета потребления тепла, используемого во многих европейских странах [59].

Возобновляемая (нетрадиционная) или «зеленая энергия» – энергия из источников, которые, по человеческим масштабам, являются неисчерпаемыми. Основной принцип использования возобновляемой энергии заключается в ее извлечении из постоянно происходящих в окружающей среде процессов и предоставлении для технического применения.

Применение возобновляемых источников энергии в зданиях в настоящее время ограничено, так как требует разработки и совершенствования методов и технологий добычи, переработки, транспортировки и накопления этих видов энергетических ресурсов, что повышает их себестоимость.

Значительный вклад в развитие возобновляемой энергетики вносят европейские страны: Германия (солнечная энергетика), Дания (ветровая энергетика), Швеция (биотопливо, тепло грунтов), Финляндия (солнечная и ветровая энергетика) и др.

В жилых зданиях европейских стран наибольшее распространение получили солнечные коллекторы и фотоэлектрические батареи, а также установка тепловых насосов (рис. 3.13).

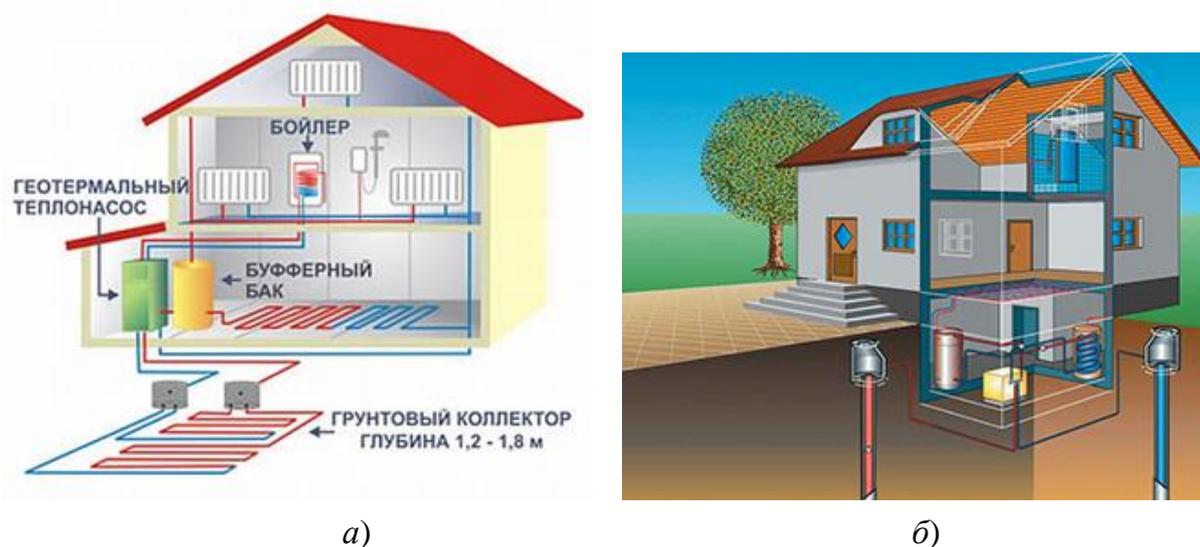


Рис. 3.13. Схема работы теплового насоса с горизонтальным (а) и вертикальным (б) грунтовым теплообменником

В Швеции, например, для производства тепла и электричества применяют преимущественно возобновляемые источники: энергия сточных вод, солнечные панели, расположенные на крышах и стенах домов, энергия от сжигания мусора. Системы отопления, основанные на солнечных батареях, обеспечивают выработку половины энергии, необходимой для горячего водоснабжения зданий Швеции, 35 % энергии поступает от избыточного тепла, вырабатываемого системами очистки сточных вод, остальное тепло производится из биотоплива.

Биотопливо – это органические соединения (растительное или животное сырье, продукты жизнедеятельности организмов, органические промышленные отходы), из которых получают энергию. Жидкое биотопливо может использоваться в двигателях внутреннего сгорания и реактивных двигателях, заменяя топливо из нефтепродуктов.

Автоматизация процессов управления работой инженерных систем здания, в том числе на основе технологий «Умный дом», также вносит вклад в создание энергоэффективных зданий.

«Умный дом» – система автоматического управления инженерными системами здания на основе применения информационно-технических систем и технологий, которая обеспечивает интеграцию в единую систему управления всех инженерных систем здания.

«Умный дом» осуществляет контроль за протечками в коммуникациях, обеспечивает бесперебойное питание, экономию тепловой энергии за счет рационального использования температуры среды, экономию электроэнергии за счет рационального использования естественного освещения и др.

### 3.4. Управление энергосбережением здания в процессе его эксплуатации

Эксплуатация здания как наиболее длительный этап жизненного цикла строительного объекта вносит существенный вклад в общую энергоемкость здания (рис. 3.14) [45].

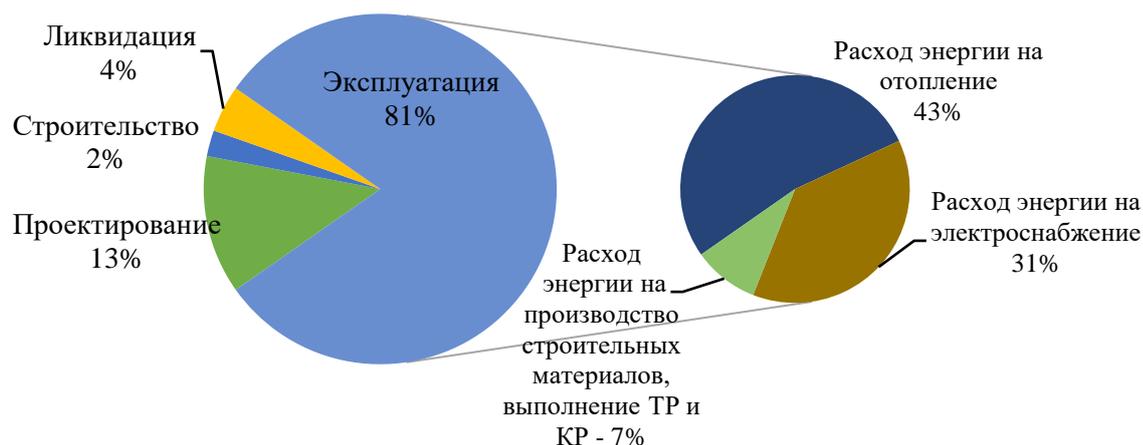


Рис. 3.14. Структура энергопотребления в жилых зданиях на этапах жизненного цикла

Повышение уровня энергетической эффективности эксплуатируемых зданий осуществляется в рамках ремонтных работ (текущих и капитальных ремонтов) и реконструкции.

Большое внимание вопросам повышения уровня энергетической эффективности уже существующих объектов уделяется в европейских странах. Например, в Германии в отношении этих зданий проводится энергетическая реконструкция, которая в зависимости от возраста и типа здания, позволяет добиться экономии энергии в размере от 50 до 80 % от исходного энергопотребления. На энергоэффективную реконструкцию зданий в Германии уже потрачено более 1,5 млрд евро.

Владельцам жилья, желающих провести реконструкцию дома, предоставляются налоговые льготы в размере 20 %, а также банковские кредиты с низкой процентной ставкой.

В комплексную энергосберегающую санацию в европейских странах обязательно входят следующие мероприятия:

- замена покрытия крыши и утепление чердачного помещения;
- дополнительная изоляция фасада;
- замена окон и балконных дверей;
- изоляция потолка подвала;
- обновление отопительной системы, а также стояков холодной и горячей воды, обновление вентиляционной системы;
- интегрирование систем регенерации тепла;
- обновление входной двери, подъезда и лестничных пролетов.

В России в соответствии с № 261-ФЗ и № 384-ФЗ, капитальный ремонт и реконструкция жилых домов также должны осуществляться в соответствии с повышенными требованиями к тепловой защите ограждающих конструкций зданий и уровню их энергетической эффективности.

Согласно п. 3.2 ст. 15 ФЗ № 185, капитальный ремонт многоквартирных домов, включенных в муниципальные и региональные адресные программы, обязательно должен включать в себя выполнение работ по повышению энергоэффективности этих объектов, в том числе установку коллективных (общедомовых) приборов учета потребления ресурсов и узлов управления (тепловой энергии, горячей и холодной воды, эл. энергии, газа).

Примерный перечень работ, производимых при капитальном ремонте жилого фонда, установленный ч. 3 ст. 15 ФЗ-185:

- ремонт внутридомовых систем электро-, тепло-, газо-, водоснабжения, водоотведения;
- ремонт или замена лифтового оборудования, признанного непригодным для эксплуатации, ремонт лифтовых шахт;
- утепление и ремонт фасадов, крыш;
- ремонт подвальных помещений, относящихся к общему имуществу в многоквартирных домах;
- установка общедомовых приборов учета ресурсов и узлов управления (тепловой энергии, горячей и холодной воды, электрической энергии, газа);
- ремонт фундаментов, в том числе на свайном основании.

При комплексном подходе формирование наиболее приемлемых вариантов энергоэффективных решений, планируемых к реализации в эксплуатируемом здании, должно происходить с учетом факторов, влияющих на энергетический баланс здания. Мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности, можно разделить на организационные и технологические (рис. 3.15).

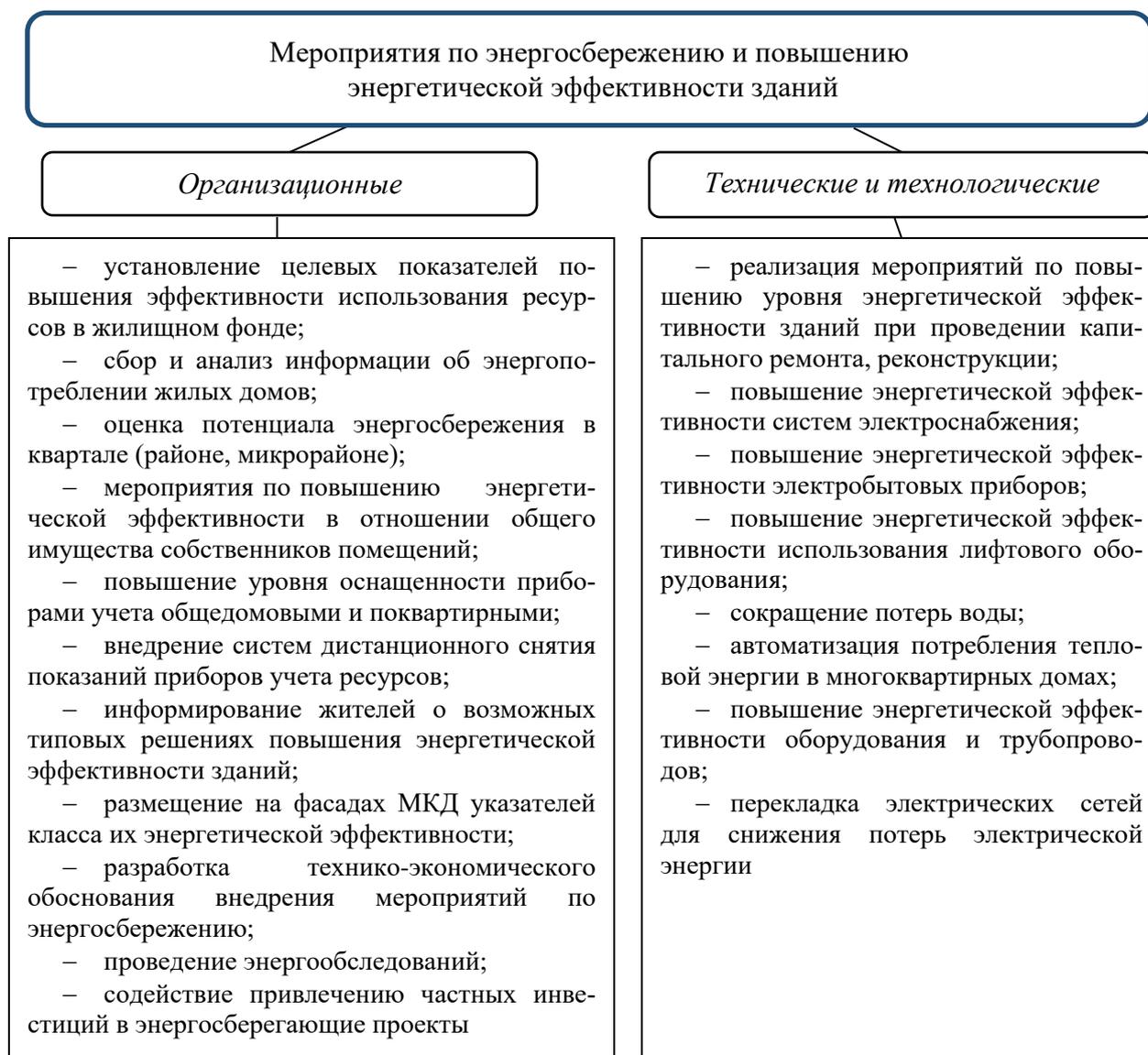


Рис. 3.15. Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности жилищного фонда

Для реконструируемых и капитально ремонтируемых жилых зданий варьируемыми факторами, влияющими на уровень энергетической эффективности объектов, являются характеристики оболочки здания и инженерных систем (рис. 3.16, 3.17).

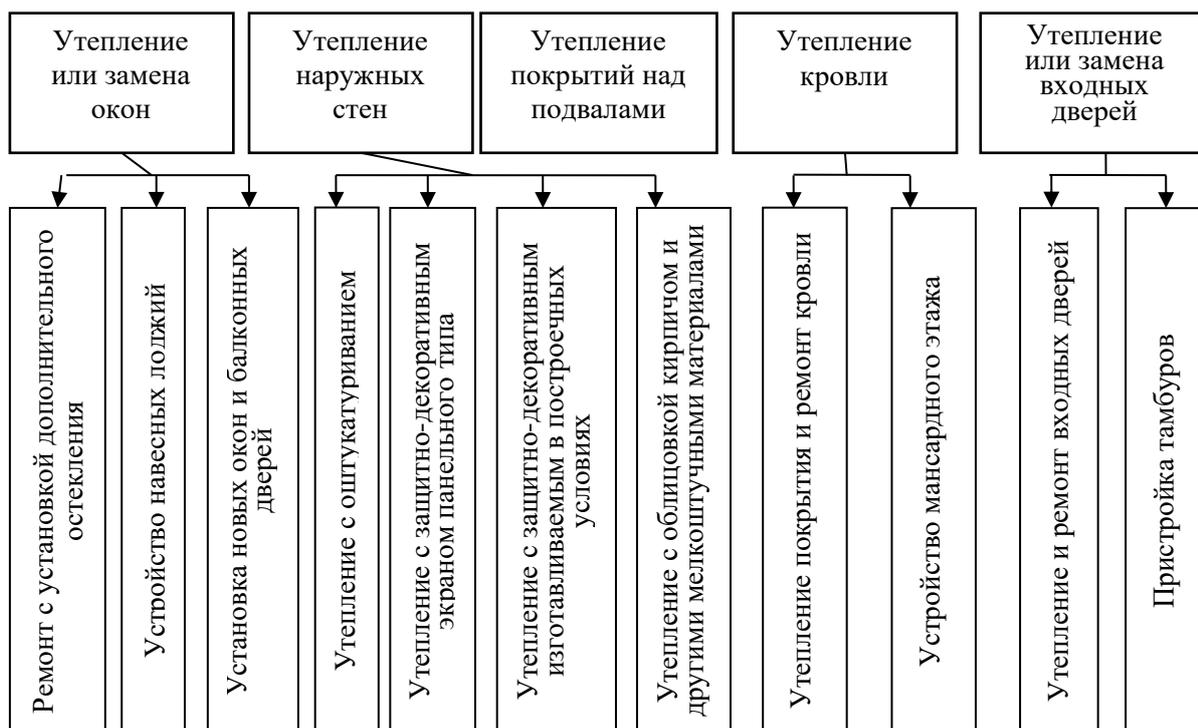


Рис. 3.16. Средства по повышению теплозащиты оболочки здания



Рис. 3.17. Мероприятия по повышению энергоэффективности инженерных систем в жилых зданиях

Ключевым звеном повышения энергоэффективности, учитывая неудовлетворительное техническое состояние значительной части жилых зданий в России, является реализация комплексной энергетической санации жилищного фонда – капитального ремонта с проведением энергосберегающих мероприятий. Обобщая богатый практический опыт Германии в вопросах энергетической санации зданий, все мероприятия по капитальному ремонту, с точки зрения экономии энергии, разделяют на две группы: энергетически обязательные и энергетически необязательные. Энергетически обязательные мероприятия непосредственно влияют на уровень потребления энергии в здании, что подтверждается анализом методики расчета удельного расхода тепловой энергии на отопление.

### **Моделирование жизненного цикла жилого дома с учетом энергосберегающих мероприятий**

Учет закономерностей и изменения параметров качественных характеристик зданий во времени является важнейшим следствием особенностей циклического развития объектов недвижимости под влиянием многих разнохарактерных факторов. Существует непосредственная взаимосвязь технического состояния здания с его временными характеристиками: фактическим возрастом здания (сроком эксплуатации), его долговечностью (предельным или нормативным сроком службы) и сроком эффективной эксплуатации.

Анализируя графики изменения физического износа отдельных конструктивных элементов здания, можно предположить, что закономерность нарастания физического износа является общей величиной для всех конструктивных элементов, а динамика физического износа, является функцией от периода эксплуатации конструктивного элемента (рис. 3.18) [60]. Таким образом, в процессе развития объектов жилой недвижимости можно выделить критические точки и фазы общего процесса физического износа.

Критические точки характеризуют типичные для любых объектов переломные моменты процесса воспроизводства. Они имеют универсальный характер для объектов любой природы, но конкретное их месторасположение на оси времени может быть различным. Положение

критических точек дает четкую характеристику основных особенностей физической динамики рассматриваемого конкретного процесса и удобно формализованную базу для его анализа.

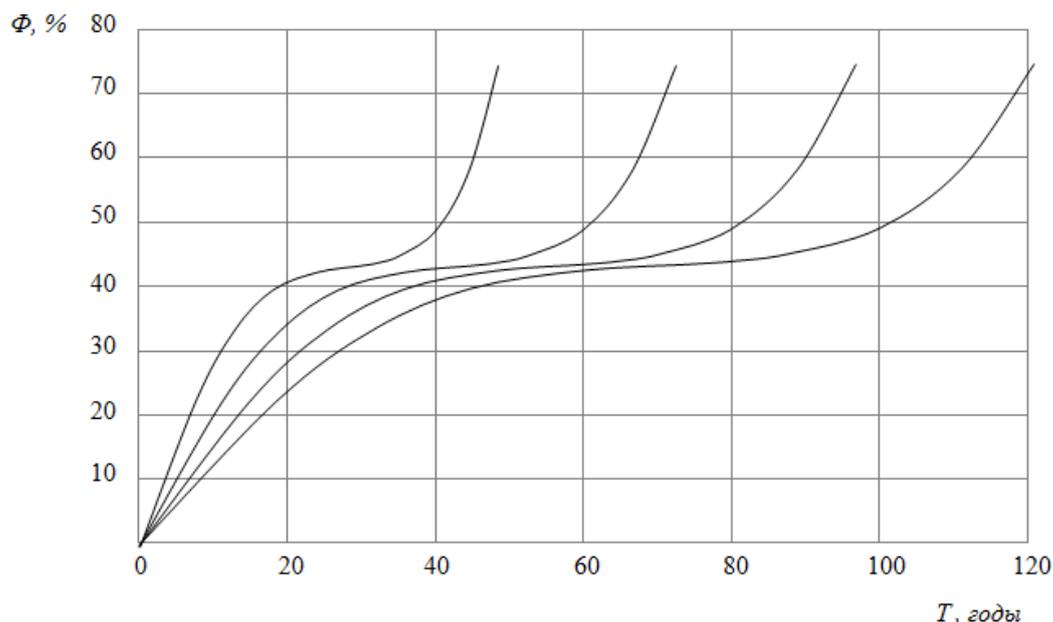


Рис. 3.18. Физический износ конструктивных элементов здания с различными сроками службы

В течение периода эксплуатации можно выделить три основные фазы общего процесса физического износа здания:

- первая фаза характеризуется усиленным нарастанием износа вследствие дефектов, связанных с качеством материалов, изделий и конструкций (25 % от периода эксплуатации);

- во второй фазе процесс износа конструктивных элементов в целом замедляется в результате проведения текущих и капитальных ремонтов (50 % от периода эксплуатации);

- третья фаза соответствует периоду, когда конструктивные элементы здания подвержены усиленному разрушению, величина физического износа резко нарастает.

Снижение физического износа в различные периоды эксплуатации обуславливается своевременным проведением капитальных ремонтов здания, а также полной заменой отдельных сменяемых конструктивных элементов в случае окончания их срока службы.

Системы планово-предупредительных ремонтов, представляющих собой последовательное чередование профилактических осмотров, те-

кущих и капитальных ремонтов, будут различны для зданий разных групп капитальности. Несвоевременное проведение капитального ремонта приводит к существенному дополнительному износу, и, соответственно, к увеличению средств на его устранение. При задержке ремонта на 7-10 лет стоимость его проведения увеличивается в несколько раз.

Важной задачей в рамках эксплуатационной фазы здания выступает моделирование изменения жизненного цикла объектов жилой недвижимости при различных условиях эксплуатации.

Решение данной задачи выполняют на основе современных информационных технологий, примером которой может служить программный комплекс «Информационно-аналитическая система ЖКХ» («ИАС ЖКХ»). Программа выполнена в виде модульной структуры, содержит базу данных жилищного фонда Ростовской области и позволяет моделировать изменение технического состояния здания с учетом различных факторов, включая:

- прогноз изменения технического состояния отдельных конструктивных элементов и инженерного оборудования во времени с учетом процесса естественного старения;
- прогноз старения объекта в целом на протяжении его жизненного цикла и прогноз изменения стоимости ремонтных работ.

Для совместного учета физического и морального износа в ИАС ЖКХ заложена специальная методика, основанная на определении коэффициента износа (К), равного отношению стоимости ремонтных работ по устранению физического и морального износов к восстановительной стоимости здания. В зависимости от величины коэффициента износа определяют вид требуемого ремонта (комплексный капитальный, выборочный капитальный, текущий) (рис. 3.19).

Анализируя данные изменения физического износа здания в течение всего периода эксплуатации, можно выделить области, соответствующие минимальным и максимальным значениям физического износа для различных периодов службы здания при следующих режимах эксплуатации (рис. 3.20).

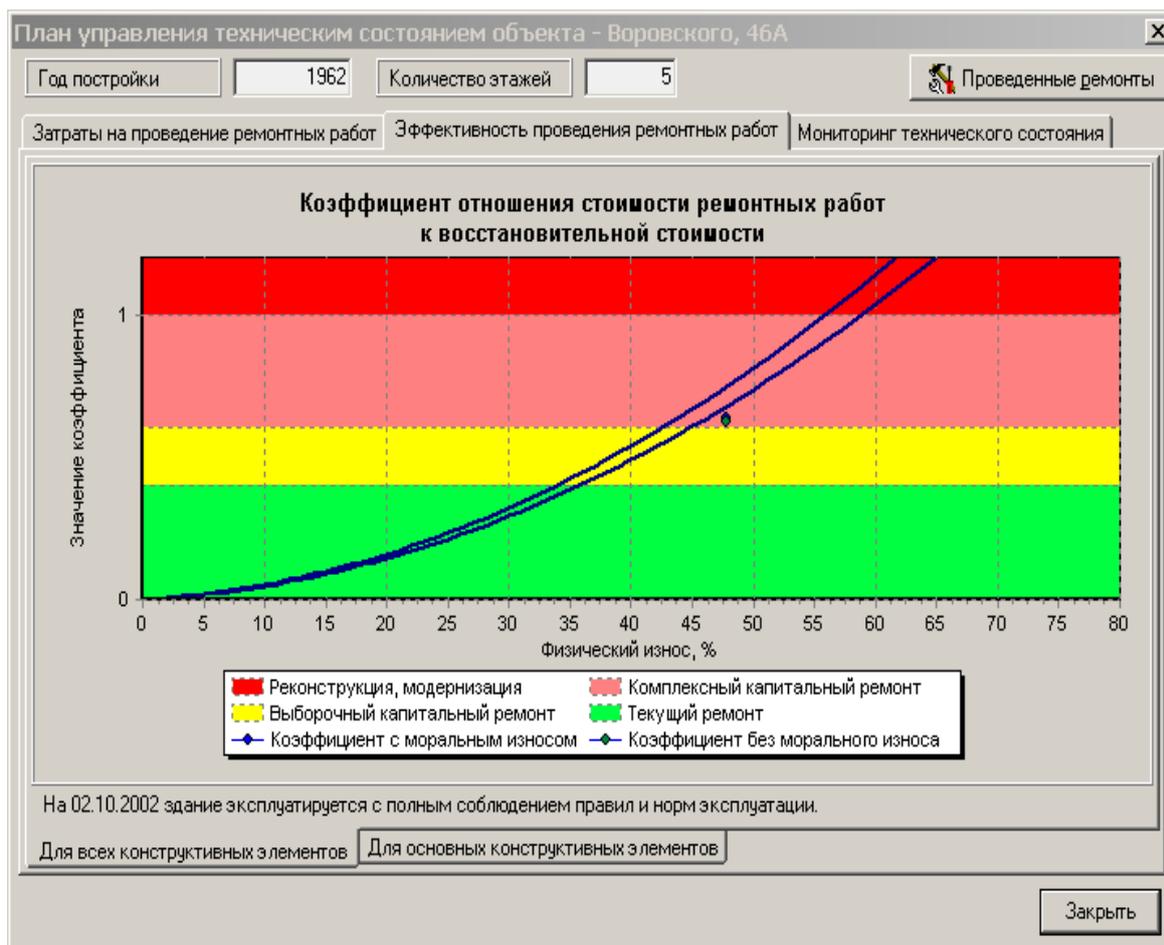


Рис. 3.19. Коэффициент отношения стоимости ремонтных работ к восстановительной стоимости здания (для всех конструктивных элементов):  
■ – при  $K < 0,4$  – текущий ремонт; ■ – при  $0,4 \leq K < 0,6$  – выборочный капитальный; ■ – при  $0,6 \leq K < 1,0$  – комплексный капитальный; ■ – при  $K \geq 1,0$  – капитальный ремонт экономически нецелесообразен, требуется комплекс мер по реконструкции и модернизации объекта либо снос здания

Для оценки обеспечения нормативной эксплуатации зданий важным является прогноз значений физического износа его элементов, а также срока их службы.

Сроки службы элементов жилых зданий являются средними. Истечение указанных сроков не является основанием для замены конструкций и элементов здания. Средние сроки службы конструкций и элементов зданий должны учитываться при планировании ремонтных работ в процессе эксплуатации жилищного фонда, при проектировании капитального ремонта и разработке норм материально-технического обеспечения жилищных организаций.

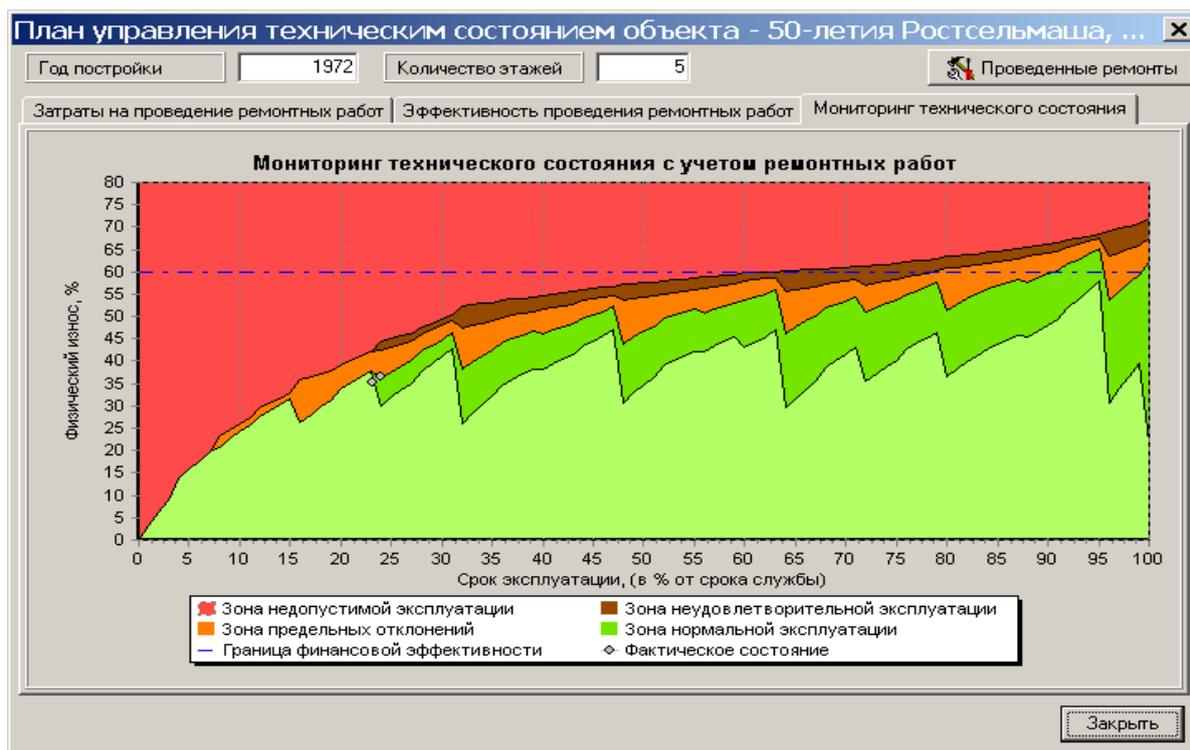


Рис. 3.20. График зависимости изменения физического износа здания от периода и качества эксплуатации:

■ – зона нормативной эксплуатации, при своевременном проведении капитальных ремонтов и замене элементов; ■ – зона нормальной эксплуатации, при своевременном проведении ремонтных работ на основных конструктивных элементах и инженерных системах здания: кровле, ХВС, ГВС, канализации, отоплении и др.; ■ – зона предельных отклонений, при своевременном проведении ремонтных работ на двух из основных конструктивных элементах здания; ■ – зона неудовлетворительной (недопустимой) эксплуатации, без проведения каких-либо ремонтов и замен элементов

Для исследования влияния энергосберегающих мероприятий на сроки эффективной эксплуатации объектов недвижимости предложена методика численного моделирования жизненного цикла жилых домов (рис. 3.21).

В методику включены только три периода строительства из классификации зданий, так как они составляют наибольшую часть жилого фонда Ростовской области (60 % общей площади всех многоквартирных домов). На сегодняшний день практически все из них нуждаются в капитальном ремонте.



Рис. 3.21. Методика численного моделирования жизненного цикла жилых домов

На втором этапе было рассмотрено 2 варианта прогнозирования жизненного цикла:

1) выполнение ремонтных работ основных конструктивных (кровля, холодное водоснабжение, горячее водоснабжение, канализация, отопление, разные элементы);

2) выполнение комплексного капитального ремонта с энергосберегающими мероприятиями через каждые 30 лет.

В первом варианте количество замен основных конструктивных элементов рассчитывался делением срока службы здания на срок службы данного элемента.

Второй вариант разработанной методики включал проведение комплексной санации через каждые 30 лет (приблизительный срок долговечности утеплителя) и проведение текущих ремонтов.

Стоит отметить, что в комплекс энергетически обязательных мероприятий входит утепление стен, кровли и подвального перекрытия, что приводит к изменению конструктивной схемы ограждающих кон-

струкций и общего физического износа здания. Для слоистых конструкций – стен и покрытий следует применять системы двойной оценки физического износа: по техническому состоянию и сроку службы конструкции.

Стоимость капитального ремонта напрямую зависит от физического износа жилого здания и его восстановительной стоимости. Выполнение комплекса энергосберегающих мероприятий при капитальном ремонте несет дополнительные финансовые вложения и должно быть учтено при определении эффективности ремонтных работ, поэтому коэффициент эффективности проведения энергетической санации,  $k$ , рекомендуется определять по формуле:

$$k = \frac{C_{рем.раб} + C_{энерг.мер}}{C_{восст}} \leq 1,$$

где  $k$  – коэффициент эффективности энергетической санации;  $C_{энерг.мер}$  – стоимость проведения энергосберегающих мероприятий;  $C_{рем.раб}$  – стоимость проведения ремонтных работ;  $C_{восст}$  – полная восстановительная стоимость здания.

Общие затраты на ремонт зданий можно разделить на две группы – затраты на ремонт несменяемых элементов и затраты, связанные с заменой сменяемых конструктивных элементов. Расчет стоимости капитального ремонта будет зависеть от количества замен элементов в течение жизненного цикла здания.

С учетом вышеизложенного, в программном комплексе «ИАС ЖКХ» было выполнено моделирование и анализ изменения жизненного цикла зданий I группы капитальности для периодов строительства 1958–1970 гг., 1971–1980 гг. и 1981–2000 гг.:

– при своевременном проведении ремонтных работ только на основных конструктивных элементах (кровля, ХВС и ГВС, канализация, отопление, разные элементы);

– при своевременном проведении комплексных капитальных ремонтов через каждые 30 лет, включающих энергосберегающие мероприятия).

Результаты моделирования жизненного цикла зданий в графическом виде с обозначением динамики естественного износа здания, износа здания с учетом реализации мероприятий по энергетической санации представлены на рис. 3.22–3.25.

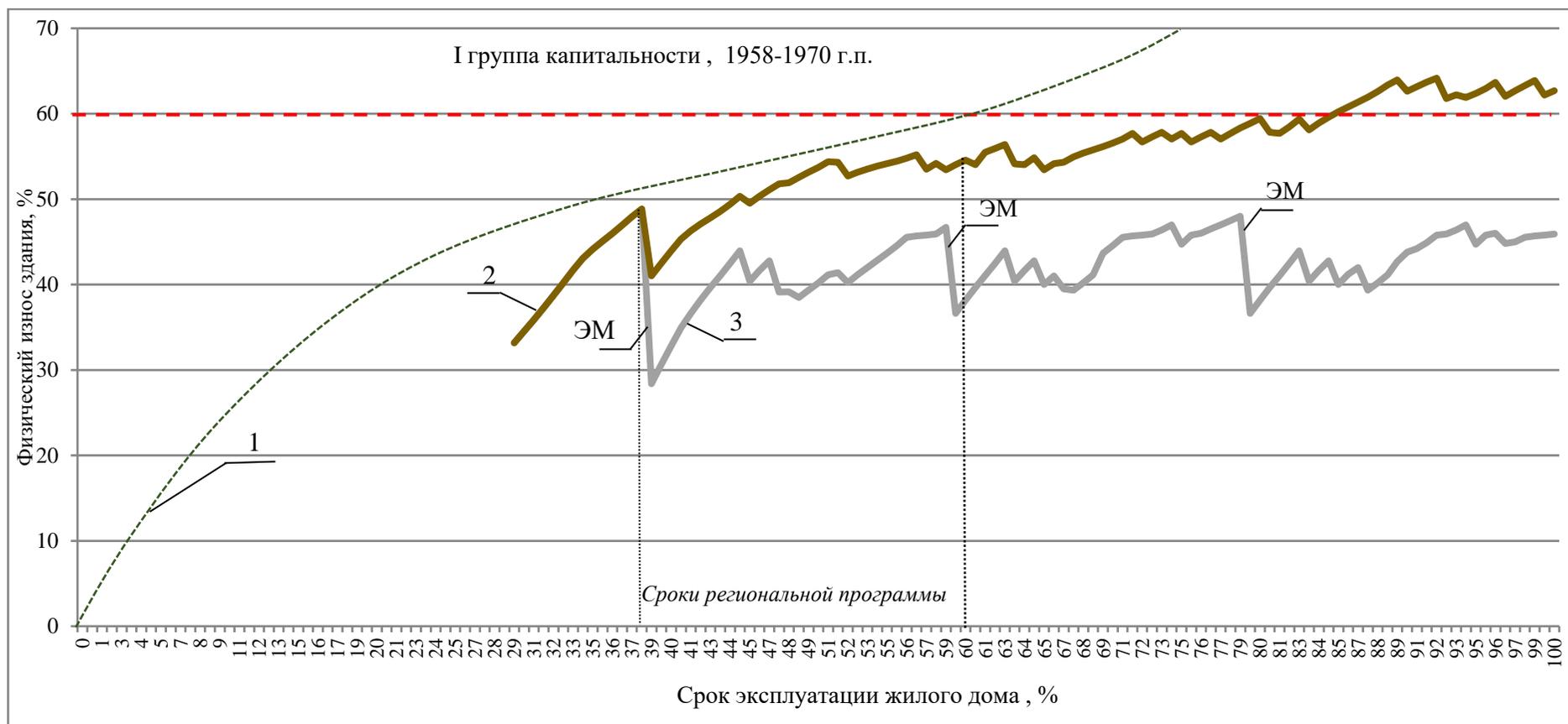


Рис. 3.22. Моделирование жизненного цикла жилого дома 1958–1970 года постройки по трем вариантам:

- 1 – динамика естественного износа здания;
- 2 – динамика ФИ с учетом выполнения ремонта основных конструктивных элементов;
- 3 – динамика ФИ с учетом выполнения энергетической санации;
- ЭМ – срок выполнения энергосберегающих мероприятий

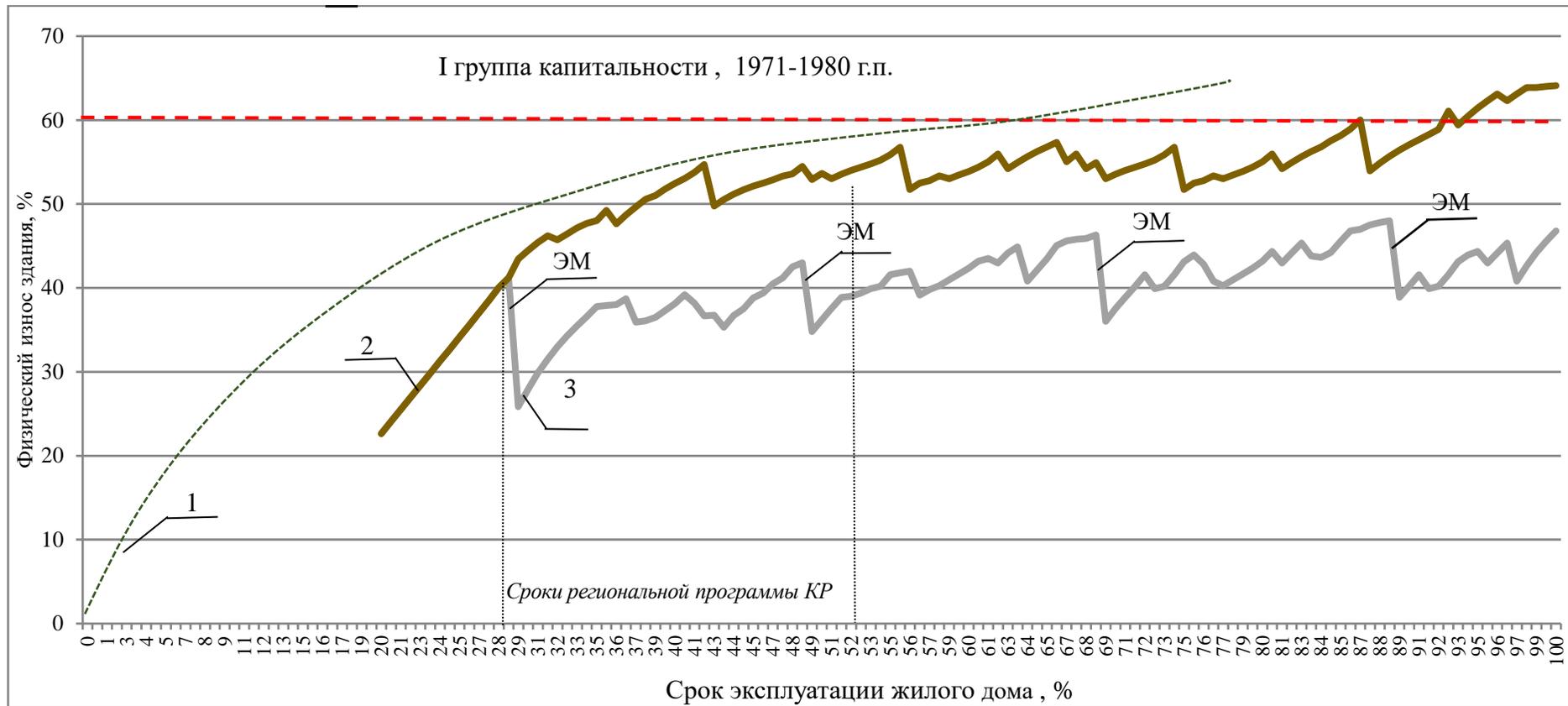


Рис. 3.23. Моделирование жизненного цикла жилого дома 1971–1980 года постройки по трем вариантам:

- 1 – динамика естественного износа здания;
- 2 – динамика ФИ с учетом выполнения ремонта основных конструктивных элементов;
- 3 – динамика ФИ с учетом выполнения энергетической санации;
- ЭМ – срок выполнения энергосберегающих мероприятий

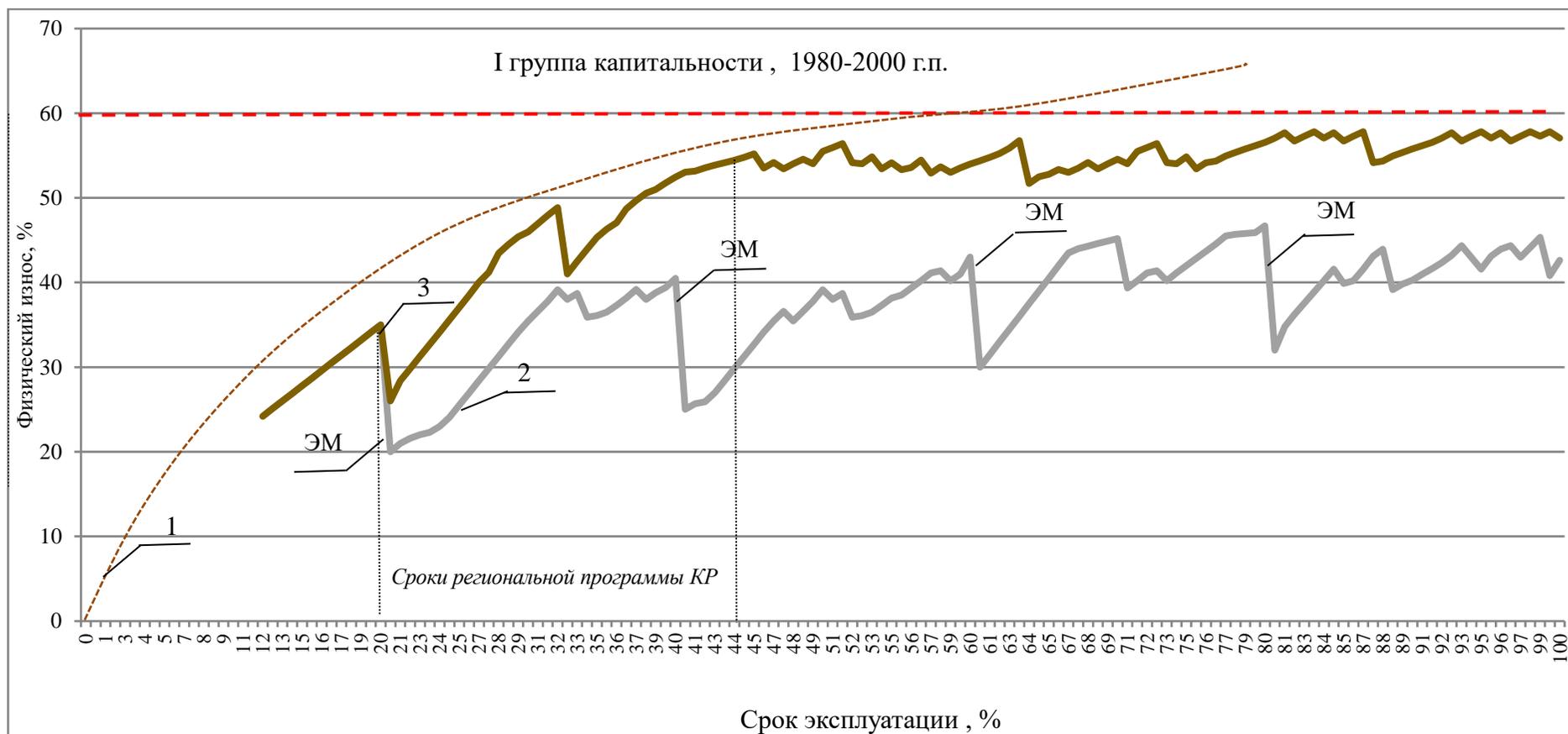


Рис. 3.24. Моделирование жизненного цикла жилого дома 1981–2000 года постройки по трем вариантам:

- 1 – динамика естественного износа здания;
- 2 – динамика ФИ с учетом выполнения ремонта основных конструктивных элементов;
- 3 – динамика ФИ с учетом выполнения энергетической санации;
- ЭМ – срок выполнения энергосберегающих мероприятий

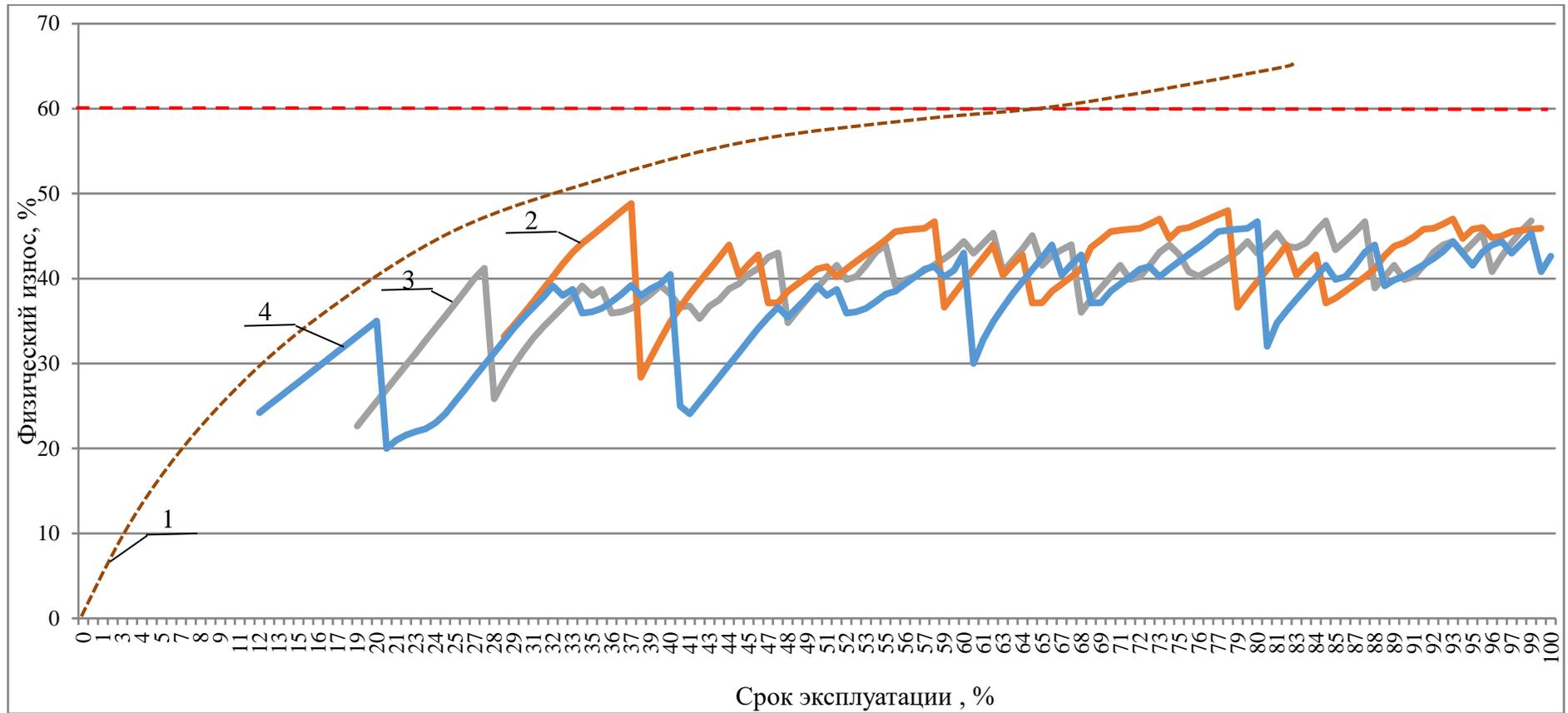


Рис. 3.25. Моделирование жизненного цикла жилых домов различных периодов строительства с учетом ККР, включающих энергосберегающие мероприятия:  
 1 – динамика естественного износа здания; 2 – динамика ФИ здания 1958 г.п.;  
 3 – динамика ФИ здания 1972 г.п.; 4 – динамика ФИ здания 1985 г.п.

Проведенные исследования показали, что во всех случаях при выполнении комплексных капитальных ремонтов с энергетически обязательными мероприятиями сроки эффективной эксплуатации превышают нормативный срок службы зданий, на протяжении которого показатель общего физического износа зданий остается менее 60 % (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Результаты моделирования изменения жизненного цикла здания  
в ИАС ЖКХ

Период постройки	Срок эффективной эксплуатации здания в процентах от нормативного срока, %		Количество комплексных ремонтов при варианте 2	Максимальное значение ФИ на начало ремонтных работ при варианте 2, %
	Вариант 1	Вариант 2		
1958–1970	80–85	100	3	47
1971–1980	85–90	100	4	45
1980–2000	90–95	100	4	40

В частности, для зданий периода строительства 1958–1970 гг. моделирование показало, что:

- при своевременном проведении ремонтных работ только на основных конструктивных элементах (кровля, ХВС и ГВС, канализация, отопление), нормативный срок службы здания снижается на 15–20 %;

- при своевременном проведении комплексных капитальных ремонтов через каждые 30 лет, включая энергосберегающие мероприятия, срок эффективной эксплуатации здания не снижается.

При использовании основного модуля программы ИАС ЖКХ был так же выполнен прогноз старения электронной модели 6-этажного крупнопанельного здания с ленточным железобетонным фундаментом и рулонной кровлей, при реализации следующих видов ремонта:

- ремонт одного элемента – кровли в срок первого капитального ремонта;

- ремонт кровли и отопления;

- ремонт кровли, отопления, ГВС и ХВС;

- ремонт всех основных конструктивных элементов в срок первого капитального ремонта;

- ремонт всех основных конструктивных элементов и утепление фасада здания (рис. 3.26).

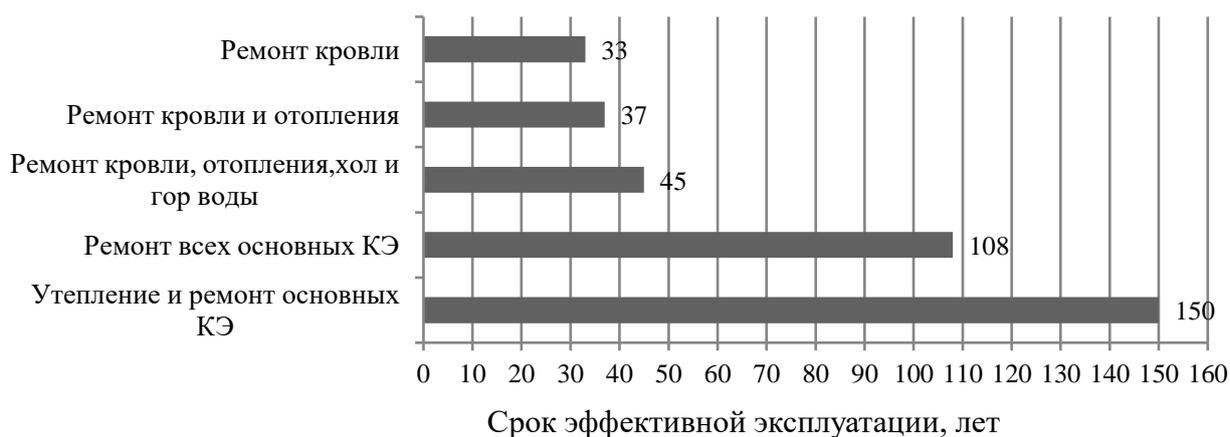


Рис. 3.26. Изменение сроков эффективной эксплуатации жилого здания с учетом проведения ремонта отдельных конструктивных элементов

Доказано, что использование современных теплоизоляционных материалов продлевает срок эффективной эксплуатации жилого здания (в рассмотренном случае на 38 %). Одновременно происходит повышение долговечности, прочности и стойкости к климатическим и температурно-влажностным воздействиям ограждающих конструкций здания. Улучшаются их эксплуатационные свойства, в частности теплотехнические характеристики.

Исследования показывают, что эффективная эксплуатация зданий может быть обеспечена только проведением комплексных капитальных ремонтов с применением энергосберегающих технологий. Повышение теплофизических свойств ограждающих конструкций приводит не только к обеспечению требуемого микроклимата помещений, но и к увеличению срока эффективной эксплуатации объекта недвижимости в целом, а в будущем – к снижению эксплуатационных затрат.

### 3.5. Анализ особенностей современных концепций энергоэффективных, экологичных зданий

Вновь строящиеся здания должны быть экономичными при строительстве и эксплуатации, не оказывать отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье человека, обеспечивать условия для оптимального функционирования протекающих в них процессов, быть доступными по стоимости большей части населения.

Как уже было отмечено выше, уровень энергетической эффективности зданий влияет не только на эксплуатационные затраты здания, но и на уровень комфорта проживания, уровень негативного воздействия здания на окружающую среду.

Развитие научно-исследовательской базы в области энергосбережения в западных странах, в т.ч. в странах Европы, позволило разработать концепции энергоэффективных, экологических типов зданий, максимально независимых от внешних источников энергии и стремящихся к гармонии с окружающей средой. Примерами таких зданий являются успешно реализуемые на практике уже длительное время технологии пассивного, мультикомфортного, умного, активного дома, а также «зеленых» зданий и зданий с нулевыми выбросами парниковых газов (рис. 3.27).

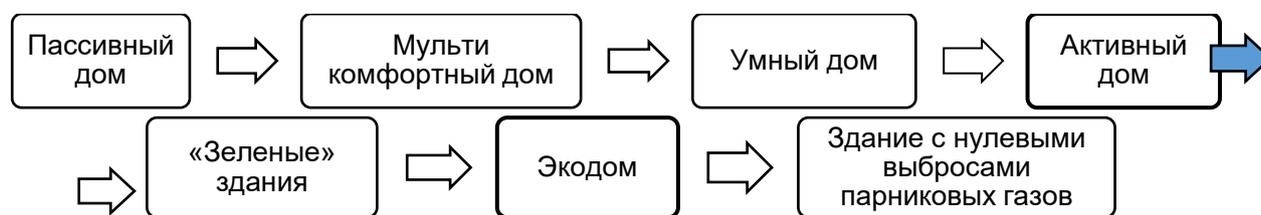


Рис. 3.27. Эволюция развития концепций энергоэффективных, экологических зданий

Основные положения современных концепций энергоэффективных зданий приведены в табл. 3.7 [61–63].

Одной из первых технологий энергоэффективного строительства является технология «пассивный дом», разработанная в 1988 г. профессором Бо Адамсоном и Вольфгангом Файстом. Для проверки их идеи в 1991 г. был построен первый пассивный дом в г. Дармштадт, Германия.

Пассивный дом – это здание с расходом тепловой энергии на отопление менее  $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год, для которого не требуются регулярные системы отопления и кондиционирования [64]. Общий объем потребляемой зданием энергии составляет  $80\text{--}100 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год. Разработку и совершенствование требований к проектированию и строительству пассивных домов, а также проверку соответствия им строительных объектов осуществляет Институт пассивного дома в г. Дармштадте Германии.

## Сравнительный анализ концепций экологических типов зданий

Пассивный дом	Мультикомфортный дом	Активный дом	Экодом
Форма и ориентация здания по сторонам света снижают потери тепла зданием, обеспечивают максимальное поступление энергии от солнца			
Снижение тепловых потерь здания за счет тщательной теплоизоляции его ограждающих конструкций, применения многокамерных стеклопакетов, герметизации стыков, рекуперации тепла в системе вентиляции			
Герметичность оболочки здания подтверждена тестом Blower Door test	Применение альтернативных источников в энергоснабжении здания	Автономность здания от внешних источников энергии за счет применения возобновляемых и альтернативных источников	Автономность здания от внешних источников энергии за счет применения возобновляемых и альтернативных источников энергии
Применение альтернативных источников в энергоснабжении здания	Повышенные требования к звукоизоляции, качеству внутреннего воздуха	Установка системы Smart-house «Умный дом» для автоматизации процессов управления инженерными системами здания	
Максимальная требуемая мощность системы отопления должна быть $\leq 10 \text{ Вт/м}^2$	Использование экологически безопасных строительных материалов, имеющих экологическую декларацию (EPD) и экомаркировку Eco-Material Absolute, изоляции ISOVER		Применение экологически чистых местных строительных материалов, малозатратных по способу производства. С возможной их будущей утилизацией естественным образом на месте
Удельный расход тепловой энергии на отопление $\leq 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^2$ в год	Максимальная требуемая мощность системы отопления $\leq 10 \text{ Вт/м}^2$		Применение методов пермакультуры и биоинтенсивных технологий для переработки и утилизации органических отходов, повышения плодородия почвы на участке экодома
Общий показатель потребления первичной энергии (отопление, эл. энергия, горячее водоснабжение) $\leq 120 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^2$ в год	Удельный расход тепловой энергии на отопление $\leq 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^2$ в год		Доступность по цене большей части населения
	Выбросы углекислого газа в атмосферу не превышают $2 \text{ кг/м}^2$ в год		

Исследование существующего опыта реализации проектов пассивных зданий [61, 63, 64] позволило выделить основные принципы их проектирования и строительства, обеспечивающие достижение зданиями высокого уровня энергетической эффективности (рис. 3.28).



Рис. 3.28. Принципы проектирования и строительства пассивных зданий

Принципы проектирования и строительства пассивных зданий.

1. Ландшафтно-планировочная организация территории строительства (функциональное зонирование территории, оптимальное размещение зеленых насаждений, обеспечивающих ветрозащиту и затененность фасадов здания).

2. Применение оптимальных объемно-планировочных решений:  
 – обеспечение компактности здания (минимальное отношение площади ограждающих конструкций к отапливаемому объему);

– по возможности отсутствие эркеров, балконов и других выступающих элементов здания, максимальное приближение его формы к полушару;

– разделение пространства внутри здания на буферные (нежилые) и жилые зоны;

– устройство наружных архитектурных солнезащитных элементов в здании (крупноразмерных козырьков, специальных экранов, профильных фасадных систем и др.);

– оптимальная ориентация по сторонам света светопрозрачных конструкций (для зданий Северного полушария рациональным является размещение с южной стороны до 70–80 % окон, с восточной стороны – 20–30 %, с западной – до 10 % и полное их отсутствие с северной).

3. Аккумулирующие принципы:

– устройство теплоаккумулирующих элементов внутри помещений (например, массивные стены из материалов высокой плотности) и тромб-стен для сохранения тепловой энергии и снижения температурных колебаний.

4. Изоляционные принципы:

– снижение тепловых потерь через внешнюю оболочку здания: фундамент, стены, перекрытия, крышу за счет применения теплоизоляционных материалов необходимой толщины с ультранизким коэффициентом теплопроводности и качественного выполнение работ по изоляции;

– применение высококачественных многокамерных стеклопакетов с высоким коэффициентом сопротивления теплопередаче;

– устранение мостиков холода в местах стыка конструкций;

– снижение потерь тепла в системе вентиляции.

5. Принцип автономности (применение альтернативных источников энергии):

– устройство системы грунтовых теплообменников для нагрева и охлаждения воздуха, воды;

– применение тепловых, солнечных коллекторов для нагрева воды;

– установка фотоэлектрических панелей для выработки эл. энергии.

Описанные принципы проектирования и строительства пассивных зданий в большинстве своем не требуют значительных дополнительных

затрат на реализацию, обеспечивая при этом высокий уровень энергосбережения в зданиях, легли в основу многих других технологий энергоэффективных зданий.

За время своего существования концепция «пассивного дома» претерпела изменения. Так, на международной конференции пассивных домов в Ванкувере в 2015 г. были представлены две новые категории зданий: «Пассивный дом +» и «Пассивный дом Премиум» (табл. 3.8) [61].

Таблица 3.8

Градация классов современных пассивных зданий,  
применяемая в системе сертификации Институтом пассивного дома

Класс пассивного здания	Объем вырабатываемой энергии от возобновляемых источников, кВтч/м <sup>2</sup> в год	Объем потребляемой первичной энергии от возобновляемых источников, кВтч/м <sup>2</sup> в год
Passive House Classic	–	≤ 60
Passive House Plus	≥ 60	≤ 45
Passive House Premium	≥ 120	≤ 30

На рис. 3.29 представлены примеры пассивных зданий, построенных в Европе.



а)



б)

Рис. 3.29. Примеры пассивных домов в Германии:

а – первая деревня пассивных домов, г. Висбаден;

б – 19-квартирный жилой пассивный дом, г. Франкфурт-на-Майне

Частным случаем концепции пассивного дома является мультикомфортный дом – технология создания энергоэффективного, эколого-

гичного дома повышенной комфортности и безопасной внутренней среды за счет реализации принципов пассивного дома и применения материалов группы «ISOVER» (рис. 3.30) [62]. Технология мультикомфортного дома «ISOVER» разработана группой «Сен-Гобен» и Институтом «пассивного» дома.



*а)*



*б)*

Рис. 3.30. Примеры мультикомфортных зданий в Австрии:

*а* – жилой дом, г. Ройтам; *б* – жилой дом, г. Штайр

Потребление энергии на отопление в таком доме составляет менее  $15 \text{ кВтч/м}^2$  в год. Объем выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу не превышает  $2 \text{ кг/м}^2$  в год. Требуемая мощность системы отопления  $10 \text{ Вт/м}^2$  [62].

Преимущества мультикомфортного дома:

- хорошая теплоизолирующая способность ограждающих конструкций: фундамента, стен, кровли и окон;
- потребление энергии в 10 раз ниже по сравнению с обычными зданиями;
- эмиссия  $\text{CO}_2$  снижена в 10 раз;
- хорошая звукоизоляция (приглушение звука ударного шума шагов, отсутствие остаточного звучания (реверберации звука)) и освещение;
- противопожарная защита и долговечность конструкций;
- высокое качество воздуха внутри помещений, в т.ч. за счет применения рекуперации тепла;
- гибкий подход к проектированию зданий;
- экологичность применяемых изоляционных строительных материалов [62].

«Умный дом» – система автоматического управления инженерными системами здания на основе применения инновационных технологий и информационных систем. «Умный дом» интегрирует в единую систему управления все инженерные системы здания: водоснабжение и водоподготовка, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, освещение, электроснабжение, управление процессами дома, связь и телевидение, безопасность, видеонаблюдение, домофония, компьютерная связь, wi-fi, мультирум, обеспечивает надежное, экономичное и согласованное их функционирование, а также комфорт, безопасность и ресурсосбережение для пользователей.

Активный дом (дом плюс энергия) – это здание с положительным энергобалансом, вырабатывающее энергию от альтернативных и возобновляемых источников в количестве, превышающем собственное потребление (рис. 3.31). Излишки энергии могут быть направлены в общегородскую сеть другим потребителям.



а)



б)

Рис. 3.31. Примеры активных зданий:

а – первый активный дом, г. Люstrup (Дания);

б – первый активный дом в Западной Долине, г. Наро-Фоминск (Россия)

Концепция активного дома объединяет в себе решения, разработанные институтом Пассивного дома и предусмотренные системой «Умный дом». Схема работы активного дома в Дании представлена на рис. 3.32 [63].

«Зеленое» здание – объект, прошедший сертификацию в системе «зеленых» стандартов, ориентированных на создание экологически безопасных, энергоэффективных объектов повышенного уровня комфортности.

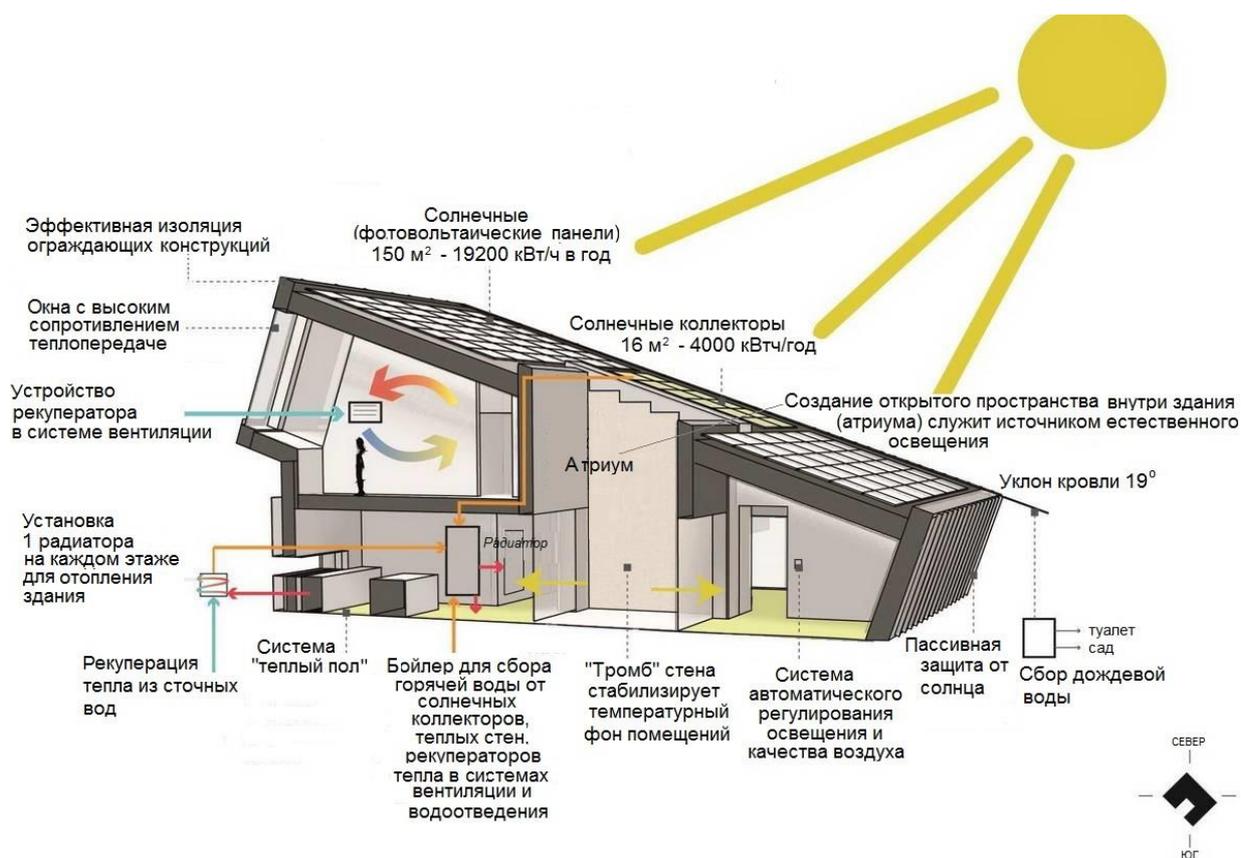


Рис. 3.32. Схема работы активного дома в Дании

Экодом – это малоэтажное здание с низким уровнем энергопотребления, самостоятельно вырабатывающее энергию для своих нужд, и имеющее приусадебный участок, предназначенный для биологической переработки и утилизации органических отходов, а также выращивания сельскохозяйственной продукции с помощью биоинтенсивных методов и пермакультуры.

Требования, предъявляемые к экодому:

- экодом должен обеспечивать себя теплом, горячей водой и электричеством главным образом за счет возобновляемых источников энергии;

- для строительства экодому должны применяться строительные материалы преимущественно местного производства, мало затратные по способу производства, утилизации, а также строительные конструкции, позволяющие отказаться от тяжелой техники на строительной площадке;

- применение методов пермакультуры и биоинтенсивных технологий для переработки и утилизации органических отходов, повышения

плодородия почвы на участке экодому и удлинения вегетационного периода.

К числу современных концепций зданий можно также отнести здания с нулевыми выбросами парниковых газов – Zero carbon building (ZCB) или Zero emissions building (ZEB) [65]. В соответствии с этим определением выбросы углерода, возникающие при использовании ископаемого топлива в здании, уравниваются объемом производства им возобновляемой энергии. Иногда в понятие Zero emissions building включают не только выбросы углерода, создаваемые зданием, но также и выбросы, возникающие при его строительстве и производстве строительных материалов, конструкций [66].

В ноябре 2011 г. Международный институт жизнеспособного будущего (The International Living Future Institute) разработал систему сертификации зданий с нулевыми выбросами парниковых газов.

На рис. 3.33 представлены фасады экспериментального здания Zero Emission Building, построенного в 2014 г. в Норвегии в рамках исследовательского проекта строительства зданий с отсутствием углеродного следа в процессе строительства, эксплуатации и ликвидации объекта [67].



Рис. 3.33. Zero Emission Building в г. Ларвик (Норвегия)

Здание Zero Emission Building было построено с учетом передовых конструктивных, инженерных и технологических решений. Оптимальное размещение в конструкции здания стеклянных поверхностей является источником естественного освещения здания и дополнительного тепла от солнечной радиации. На крыше дома установлены солнечные батареи, ограждающие конструкция здания выполнены из мате-

риалов с высокими теплозащитными характеристиками. Здание полностью обеспечивает себя необходимой энергией и производит в три раза больше электричества, чем ему может понадобиться. Излишки электрической энергии направляются на зарядку электромобилей или в общегородскую сеть.

### 3.6. Лучшие европейские практики энергосбережения в жилищном строительстве

#### 3.6.1. Опыт энергосбережения в зданиях Германии

Признанным лидером в области энергосбережения и развития энергосберегающих технологий в строительной сфере выступает Германия.

Помимо общеевропейских директив, Германия активно развивает собственную, национальную нормативно-правовую базу в области энергосбережения, последовательно ужесточая требования к тепловой защите зданий, объемам потребляемых зданиями ресурсов, в том числе первичных, не возобновляемых источников энергии.

Жилищный сектор Германии является крупным потребителем энергетических ресурсов, поэтому вопросам повышения уровня энергетической эффективности жилых и общественных зданий в Германии уделяется большое внимание. При этом в структуре энергопотребления так же, как и в российских зданиях, существенную долю составляет затраты энергии на отопление (рис. 3.34) [68]. Почти 40 % конечного потребления энергии в Германии приходится на сектор зданий.

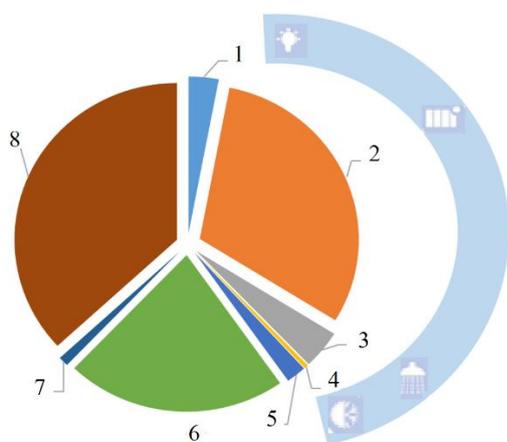


Рис. 3.34. Структура энергопотребления в зданиях Германии:

1) освещение – 3 %; 2) отопление – 31 %; 3) горячая вода – 4 %; 4) климатизация – 0,4 %; 5) ИТ и телекоммуникационные технологии – 2 %; 6) иные виды технологического тепла – 22 %; 7) технологический холод – 1 %; 8) механическая энергия (включая транспорт) – 37 %

Не обладая собственными запасами топливно-энергетических ресурсов, Германия, как и многие другие европейские страны, активно развивает возобновляемую энергетику. Особое внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии в инженерных системах зданий.

Классификация жилищного фонда Германии по уровню энергопотребления представлена на рис. 3.35 [68].



Рис. 3.35. Состав общего фонда зданий Германии и уровень его энергопотребления

Так, например, в Германии эксплуатируется порядка 8 млн отопительных систем на основе низкотемпературных газовых бойлеров, из них 13 % работает в комбинации с возобновляемыми источниками энергии. Для производства горячей воды в Германии активно используют солнечные коллекторы и тепловые насосы. В 2018 г. в Германии введено около 7 ГВт генерирующих мощностей фотоэлектрических батарей, общая мощность солнечных батарей составила порядка 15 ГВт.

С 2011 г. в Германии вступил в силу закон (EeWärmeG 2011) о продвижении возобновляемых источников энергии в секторе отопления. Целью этого закона является обеспечение устойчивого развития энергоснабжения и содействие дальнейшему развитию технологий производства тепла и холода из возобновляемых источников энергии, в интересах защиты климата, сохранения ископаемых ресурсов и уменьшения зависимости от импорта энергии [69].

Другим нормативно-законодательным актом, регламентирующим вопросы энергосбережения в строительной отрасли Германии, является

Закон об энергосбережении – Energieeinsparverordnung (EnEV). Впервые этот документ был разработан в 2002 г. Очередные правки в EnEV были внесены в 2004, 2007, 2009 и 2014 гг.

С помощью стандартов EnEV Германия стремится обеспечить достижение действующих в рамках ЕС стратегических целей, направленных на защиту окружающей среды, и заключающихся в снижении энергетических затрат и выбросов углекислого газа в атмосферу зданиями.

Рассмотрим основные положения стандарта EnEV 2009 (рис. 3.36).

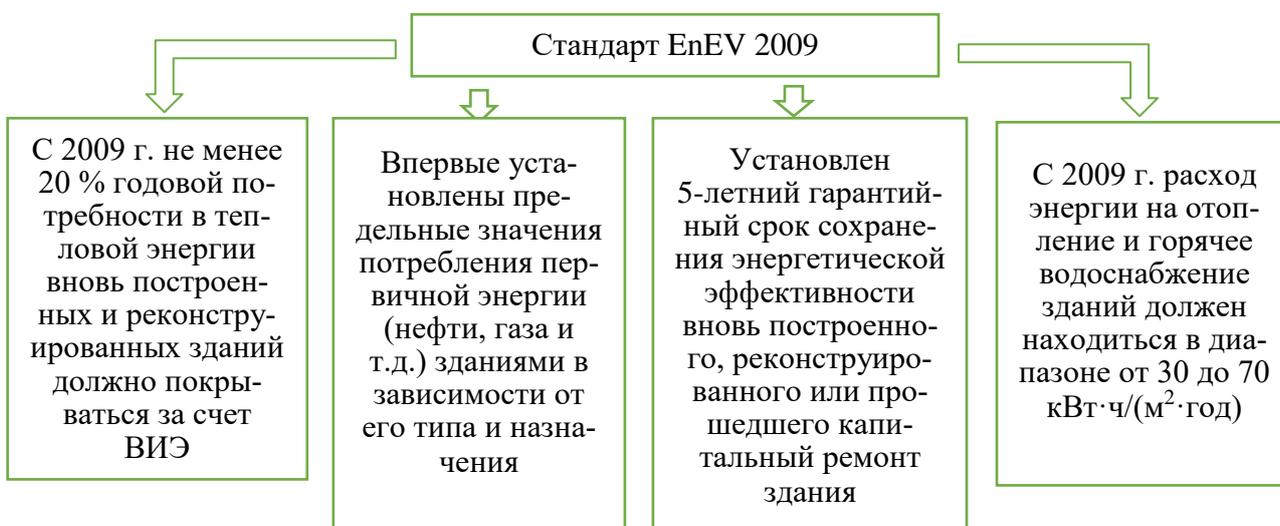


Рис. 3.36. Основные положения немецкого стандарта EnEV 2009

Стандартом EnEV 2009 в Германии введена обязательная энергетическая сертификация зданий с выдачей энергопаспорта. Для жилых многоквартирных зданий энергетический паспорт разрабатывается каждые 3 года на основании данных о фактических объемах потребления тепловой энергии. Энергетический паспорт является основанием для заключения сделок с недвижимостью.

Отдельное внимание в EnEV 2009 уделяется вопросам повышения уровня энергетической эффективности эксплуатируемых объектов за счет проведения энергетической реконструкции:

- теплоизоляции межэтажных перекрытий верхних этажей;
- замены отопительных котлов со сроком службы более 30 лет на новые энергоэффективные модели;

- установки в отапливаемых помещениях термостатических вентиляций;
- изоляции трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения.

Потенциальные возможности реконструкции фонда жилых зданий Германии оцениваются следующим образом (табл. 3.9) [68].

Таблица 3.9

Потенциал энергосбережения в эксплуатируемых зданиях Германии

Направления энергосбережения	Потенциал снижения энергоемкости здания
Внешняя оболочка: – фасады	Около 65 % фасадов не изолированы и 20 % не отвечают современному уровню развития технологий
– крыши	Около 30 % крыш не изолированы и 35 % не отвечают современному уровню развития технологий
– оконные блоки	Около 60 % окон находятся в энергетически неудовлетворительном состоянии
Инженерное оборудование	Около 80 % систем отопления газом и жидким топливом не отвечают современному уровню развития техники
Использование ВИЭ	Около 13 % домов отапливается древесным топливом или при помощи тепловых насосов
	Около 9 % домов оснащены солнечными коллекторами

На энергоэффективную реконструкцию зданий Германии уже потрачено более 1,5 млрд евро. Для реализации требований EnEV 2009 г. в Германии разработаны специальные финансовые программы по стимулированию энергоэффективной реконструкции зданий. Владельцам жилья, желающим провести реконструкцию дома, предоставляются налоговые льготы в размере 20 %, а также банковские кредиты с низкой процентной ставкой.

В 2014 г. были внесены очередные правки в Закон об энергосбережении (EnEV), в частности была обновлена градация классов энергетической эффективности зданий, введен новый класс – Н (табл. 3.10). Появилось требование о необходимости размещения информации об уровне энергопотребления здания в рекламе коммерческой недвижимости.

Таблица 3.10

**Сравнительный анализ градации классов энергетической эффективности зданий в России и Европе**

Германия (стандарт EnEV 2014)		Россия (Приказ Минстроя РФ №399/пр)	
класс энергетической эффективности	конечное потребление энергии, кВт·ч/м <sup>2</sup> в год	класс энергетической эффективности	конечное потребление энергии, кВт·ч/м <sup>2</sup>
A+	< 30		
A	30-50		
B	51-75	A++	<82
C	75-100	A+	82-103
D	100-130	A	103-124
E	130-160	B	124-144
F	160-200	C	144-175
G	200-250	D	175-207
H	> 250	E	207-258
		F	258-310
		G	>310

Из таблицы видно, что немецкие нормы в части энергетической эффективности зданий более жесткие, чем принятые в России. Здания, соответствующие требованиям энергетической эффективности и имеющие класс – «А ++» «высочайший» по российским действующим нормам, будут соответствовать классу «В» немецких норм.

На рис. 3.37 представлено распределение зданий Германии по классам энергетической эффективности [68].

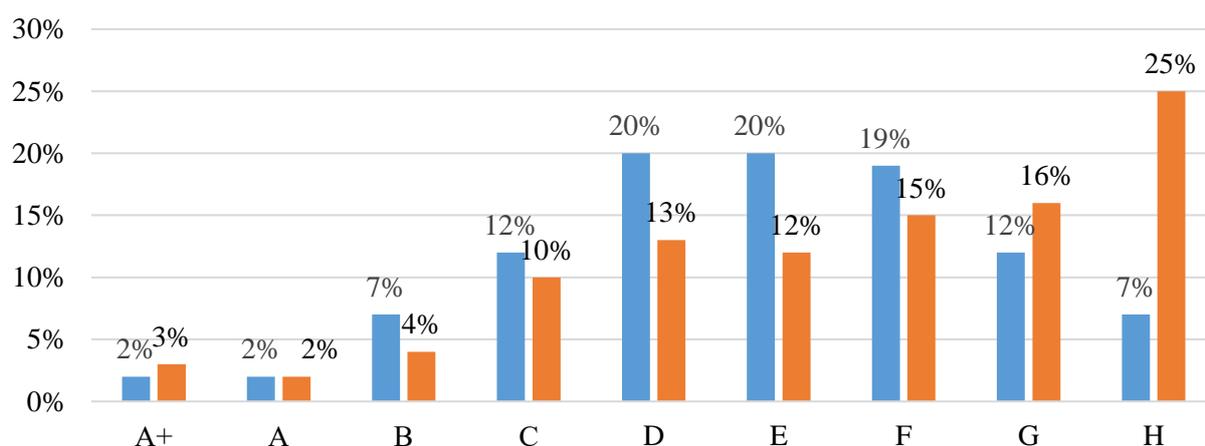


Рис. 3.37. Распределение классов энергоэффективности в Германии (Отчёт DENA о фонде зданий – 2016):

- – энергопаспорт по данным потребления (инструментальный метод);
- – энергопаспорт на основе энергетической потребности здания (расчетный метод)

Внесенные изменения в Закон об энергосбережении (EnEV) ориентированы на повышение энергетической эффективности эксплуатируемых зданий за счет проведения энергетической реконструкции систем отопления, кондиционирования и вентиляции, а также утепления перекрытий верхних этажей. Также стандартом EnEV 2014 введено с 2016 г. повышение требований к уровню энергетической эффективности вновь строящихся жилых и общественных зданий, прежде всего, в части уменьшения допустимого расхода первичной энергии (рис. 3.38).

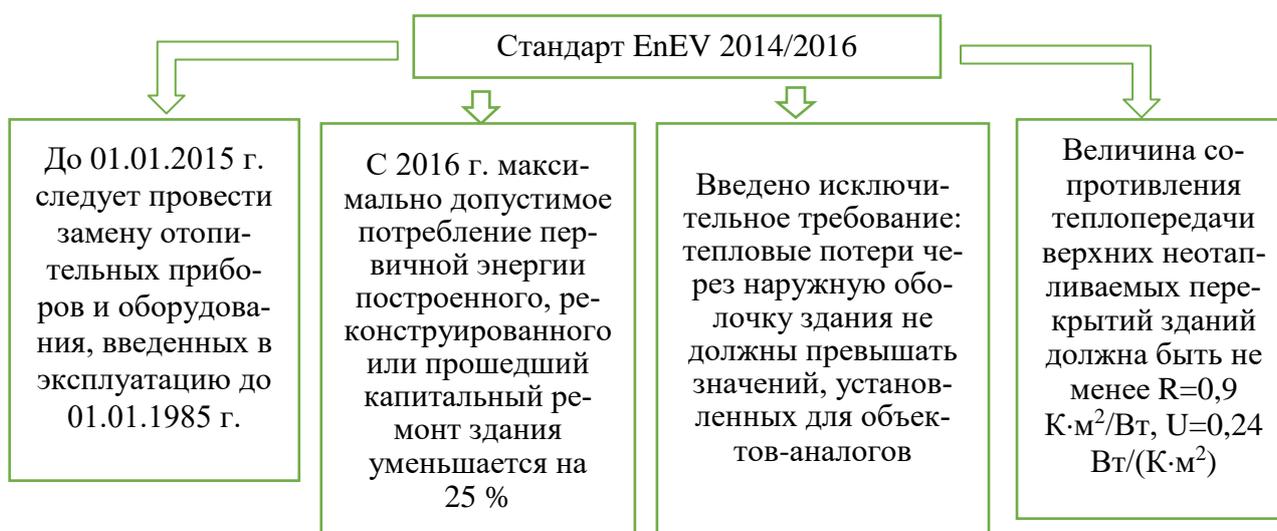


Рис. 3.38. Основные положения стандарта EnEV 2014/2016

Стандартом EnEV 2014/2016 введено исключительное требование в части величины тепловых потерь через наружную оболочку здания, превышение значение которых ведет к нарушению стандарта EnEv в целом, даже если по другим критериям здание соответствует стандарту.

Для объединения Закона об энергосбережении (EnEV) и Закона о тепловой энергии из возобновляемых источников энергии (EEWärmeG), параллельно регулирующих вопросы энергосбережения, Федеральное правительство Германии разработало проект нового закона об энергетике зданий GEG 2020. Он предусматривает очередное уменьшение допустимого уровня энергопотребления с 2020 г. для новых общественных зданий и с 2021 г. для частных зданий.

Последовательное ужесточение в Германии норм энергосбережения в зданиях направлено на достижение целей Энергетической кон-

цепции Федерального правительства Германии в части снижения потребления энергии из ископаемых источников на 80 % до 2050 г. за счет экономии энергопотребления в жилом секторе (на отопление и горячее водоснабжение) до 60 %. Оставшаяся часть конечной энергии будет восполняться за счет возобновляемых источников энергии. То есть к 2050 г. жилищная сфера ФРГ должна стать климатически нейтральной.

Успешность реализации политики энергосбережения в жилищном фонде Германии объясняется не только развитой нормативно-правовой базой, но и разработанными, реально работающими механизмами финансового стимулирования реализации энергосберегающих проектов. Финансирование энергосберегающих проектов в Германии существует не государство, а крупные корпорации, банки. Инициатором и организатором инновационных проектов в области энергосбережения в Германии выступает Немецкое Энергетическое Агентство (DENA).

Среди проектов, реализуемых DENA, следует отметить:

- пилотный проект «Дом с низким потреблением энергии в жилом фонде» для опробования и вывод на рынок инновационных стандартов энергопотребления зданий;
- проект GreenBuilding – энергоэффективное санирование жилых зданий;
- программа «Солнечные элементы на крышах немецких школ и учреждений за рубежом» и др.

### 3.6.2. Опыт энергосбережения в зданиях Финляндии

Одной из самых эффективных стран ЕС в области энергосбережения и повышения энергоэффективности жилищной сферы является Финляндия. Эта страна не только занимает первое место в мире по использованию биоэнергии, но и имеет один из самых низких в Европе объем выбросов парниковых газов.

Финляндия – самая северная европейская страна, треть которой находится за Полярным кругом. Из-за холодного климата проблема экономного и эффективного потребления энергетических ресурсов стоит в этой стране достаточно остро, прежде всего, при строительстве зданий, организации городского освещения, проектировании систем водоснабжения и т.д.

Доля энергии, потребляемой зданиями в Финляндии составляет порядка 30 % в общей структуре энергопотребления страны, поэтому вопросам энергосбережения в строительной сфере уделяется пристальное внимание.

С целью снижения объемов потребления энергетических ресурсов зданиями, в Финляндии проводится планомерная работа по ужесточению строительных норм в области энергосбережения. Так, например, Указ № 4/2013 ужесточает требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий, проходящих капитальный ремонт. В частности, для наружных стен и кровли удельные значения потерь теплоты U-value следует уменьшить на 50 %, при этом значение U-value не должно превышать 0,17 Вт/ (м<sup>2</sup>·°С) для стен, для чердачного перекрытия – 0,09 Вт/ (м<sup>2</sup>·°С), для оконных блоков – 1,0 Вт/ (м<sup>2</sup>·°С).

Для сравнения, российскими нормами для условий г. Мурманска значение U-value для жилых стен не должно превышать 0,27 Вт/ (м<sup>2</sup>·°С), для чердачных перекрытий – 0,23 Вт/ (м<sup>2</sup>·°С), для окон – 1,35 Вт/ (м<sup>2</sup>·°С).

Также Указом № 4/2013 установлены предельные значения удельного расхода энергетических ресурсов различными типами зданий, прошедших ремонт или модернизацию. Например, для многоквартирных жилых домов удельных расход энергетических ресурсов не должен превышать  $\leq 180$  кВт·ч/м<sup>2</sup>, для многоквартирных домов  $\leq 130$  кВт·ч/м<sup>2</sup>, для офисных зданий  $\leq 145$  кВт·ч /м<sup>2</sup>, детских садов  $\leq 150$  кВт·ч / м<sup>2</sup> и т.д.

Каждое здание в Финляндии так же, как и в других странах ЕС, должно иметь сертификат об энергоэффективности, который необходимо предъявить при вводе здания в эксплуатацию, его продаже или аренде. Срок действия сертификата – 5 лет. Сертификат должен содержать данные о сопоставлении фактического уровня энергопотребления здания с контрольными (нормируемыми) параметрами, а также указания о том, каким образом можно повысить энергоэффективность здания.

Важным направлением финских программ энергоэффективности является применение возобновляемых источников энергии в инженерных системах зданий. Многие граждане Финляндии в своих домах используют гибридное отопление – солнечную энергию, биотопливо, тепло воздуха и грунтов.

Ключевыми документами, регламентирующими вопросы энергосбережения и развития в Финляндии альтернативных источников энергии, являются:

- План действий по возобновляемым источникам энергии 1999 г.;
- Национальная стратегия по вопросам изменения климата 2005 г.;
- Директива 2009/28/ЕС «О стимулировании использования энергии из возобновляемых источников».

В соответствии с Директивой 2009/28/ЕС странами ЕС была поставлена цель к концу 2020 г. производить 20 % энергии с помощью ВИЭ. Финляндия, в отличие от других европейских стран, повысила установленный Директивой целевой показатель на 18 %, установив на национальном уровне своей целью доведение доли ВИЭ в структуре энергетического баланса страны до 38 %. В 2016 г. Финляндия успешно достигла этой цели: объем энергии, произведенной с помощью ВИЭ, составил 45 %, из которых 23 % – гидроэнергетика, оставшаяся часть распределяется между био- и ветроэнергетикой.

Более 53 % общей мощности ВИЭ Финляндии составляет биоэнергетика, основанная на механической, биологической, химической переработке отходов лесопромышленного комплекса и деревообрабатывающей промышленности с целью получения тепловой и электрической энергии, биотоплива, биодизеля и др. продуктов.

Ветроэнергетика стала рассматриваться в качестве потенциального источника энергии Финляндии сравнительно недавно, начиная с 2013 г. По данным 2018 г. общее количество ветропарков Финляндии – 204, их мощность составляет 4,1 ГВт.

Развитие энергосберегающих технологий и проектов в строительной сфере финансируется в Финляндии за счет средств муниципалитетов и Жилищного фонда Финляндии. Инструментами поддержки развития ВИЭ в Финляндии являются государственные субсидии, налоговые льготы для производителей электрической энергии на основе ВИЭ, финансирование научных исследований и разработок, направленных на развитие энергосберегающих технологий и возобновляемой энергетики, а также введение системы «зеленых сертификатов».

В Финляндии действуют налоговые льготы и субсидии для предприятий, которые покупают и внедряют энергоэффективные технологии. Активно осуществляется пропаганда энергосбережения, экологичного образа жизни и хозяйствования среди конечных потребителей энергии, действуют высокие тарифы на энергоносители.

### Энергоэффективное здание «EKONO-house»

Примером энергоэффективных зданий в Финляндии может служить здание EKONO-house, построенное в 1979 г. и ставшее первым энергоэффективным зданием в Европе.

Авторами проекта стали инженеры фирмы «EKONO», которая занимается исследованиями в области сохранения и оптимального использования энергии, в том числе для отопления зданий, еще с 1950 г. В начале 1970-х гг. накопленный специалистами фирмы опыт был реализован в инновационном проекте здания, получившем название «EKONO-house» (рис. 3.39) [70].



Рис. 3.39. Первый энергоэффективный дом в Европе («EKONO-house»)

К числу инновационных энергосберегающих решений, реализованных в здании «EKONO-house», относятся:

- эффективное использование внутреннего объема здания для минимизации площади ограждающих конструкций и уменьшения теплотерь через них;
- высокая теплоемкость ограждающих конструкций для накопления тепла и повышения теплоустойчивости здания;
- эффективная теплоизоляция ограждающих конструкций;
- аккумулялирование тепла солнечной радиации в основании здания для снижения нагрузки на систему отопления (рис. 3.40);
- эффективное освещение для снижения затрат электрической энергии;
- герметичность здания и низкий расход наружного воздуха в системе вентиляции;
- система автоматического управления системами климатизации и освещением для оптимизации и учета потребления энергии зданием [70].

Для выбора оптимальных энергосберегающих решений и расчета их параметров в здании «EKONO-house» было использовано компьютерное моделирование в программе «DOE», разработанной Министерством энергетики США.

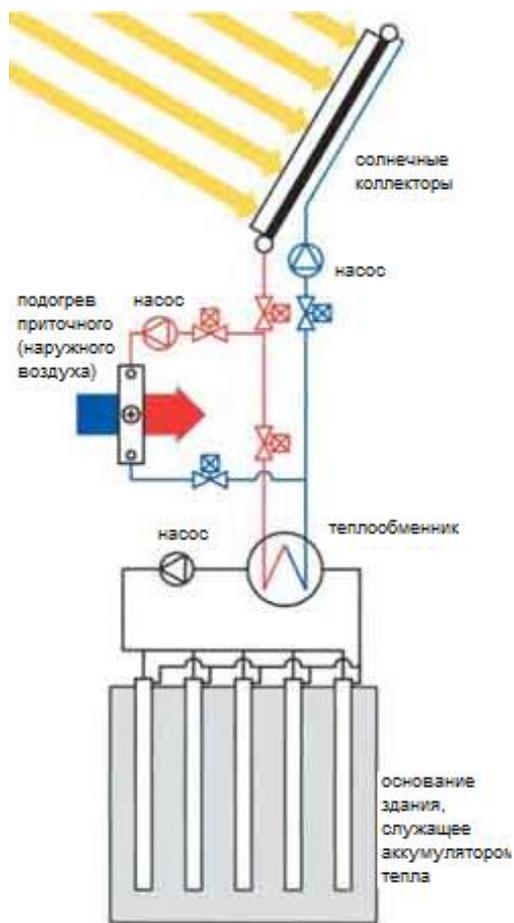


Рис. 3.40. Схема работы системы отопления здания «EKONO-house»

В здании оборудована лаборатория площадью 140 м<sup>2</sup>, в которой проводятся исследования мероприятий, направленных на экономию энергии и улучшение параметров микроклимата помещений.

На крыше здания «EKONO-house» установлены солнечные коллекторы. В летнее время тепло солнечной радиации собирается в этих коллекторах и посредством жидкого теплоносителя направляется в теплообменник. В массивном основании здания расположены полости, в которых также циркулирует жидкий теплоноситель, нагревающийся теплом солнечной радиации.

Таким образом массивное основание, на котором построено здание «EKONO-house», служит естественным аккумулятором тепла. Тепло солнечной радиации, накопленное в основании, также используется в системе вентиляции для подогрева приточного воздуха в зимний период и охлаждения – летом.

Ежегодное удельное теплотребление здания «EKONO-house» на 50 % ниже уровня энергопотребления зданий, возведенных в Финляндии в то время.

### Экспериментальный энергоэффективный жилой район Eсо-Viikki

В середине 90-х гг. XX в. на северо-востоке г. Хельсинки началось сооружение экспериментального жилого энергоэффективного района Эко-Виикки (Eсо-Viikki) (рис. 3.41). Этот район стал образцовым примером эффективного использования энергосберегающих, экологически чистых технологий в строительстве.



Рис. 3.41. Жилые здания в районе Eco-Viikki

Территория, использованная под застройку, площадью 1 132 га до этого использовалась для научных и экспериментальных целей Технологическим университетом Хельсинки. В настоящее время на территории экологического района Эко-Виикки располагается новый университетский кампус, научно-исследовательский центр биотехнологий, жилой район на 13 000 жителей, городская библиотека, «Парк науки», общественные службы и коммерческие предприятия [70].

При проектировании района Eco-Viikki учитывались местные климатические особенности, способствующие повышению комфорта застройки и снижению энергетической нагрузки на системы тепло- и электроснабжения зданий.

Ориентация фасадов зданий выбиралась так, чтобы максимально использовать энергию солнечной радиации и естественное освещение.

В процессе проектирования района энергоэффективных зданий Eco-Viikki изучалось также влияние формы и расположения зданий на интенсивности ветровых потоков и уровня тепловых потерь за счет инфильтрации. Результатом исследования стала оптимизация ориентации зданий на местности относительно друг друга. Для защиты от ветра были устроены переходные галереи между зданиями.

При строительстве зданий в районе Eco-Viikki использованы ограждающие конструкции с повышенными требованиями к теплозащите, энергоэффективные теплоизоляционные материалы.

Конструкция пола представляет собой комбинацию системы напольного отопления с сохраняющим теплоту бетонным основанием.

Система тепло– и электроснабжения жилых зданий – комбинированная, предусматривает как подключение к централизованным городским сетям, так и автономный источник – систему солнечных коллекторов и фотоэлектрических батарей (рис. 3.42).



Рис. 3.42. Примеры жилых зданий в районе Eco-Viikki:  
*a* – жилые дома с встроенными в конструкцию крыши солнечными коллекторами, установленными под углом 47–60°; *б* – многоэтажный дом с установленными на балконах фотоэлектрическими панелями

Жилые здания оборудованы центральными и поквартирными системами механической вентиляции. В центральной механической системе вентиляции теплообменник располагается на чердаке здания, в поквартирной – в каждой квартире. В ряде зданий предусмотрена естественная вентиляция. 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. Удаление воздуха осуществляется через вытяжной канал, оборудованный на конце дефлектором.

Квартиры в районе Eco-Viikki оборудованы ограничителями расхода воды и отдельными водосчетчиками. Дождевая вода с крыш фильтруется и направляется в резервуары для полива.

В отдельных зданиях применяются технологии разделения и повторного использования сточных вод. Для очистки сточных вод перед

их повторным использованием, между зданиями проложена сеть биологических каналов, включающая фильтрационные пруды для сточных вод и резервуары для полива.

В жилой зоне района Eсо-Viikki применяются технологии повторного использования отходов, например, использование биологических отходов в форме компостирования.

В 2011 г. экорайоне Eсо-Viikki построен экодом Центр окружающей среды Хельсинки, который считается одним из самых инновационных офисных зданий Финляндии. Экономия энергии в здании составляет порядка 70 % и достигается за счет хорошей изоляции ограждающих стен, применения энергоэффективного термостекла в оконных блоках, устройства рекуперации в системе вентиляции, оснащения здания новейшей системой охлаждения, создания световых шахт для использования естественного освещения.

Особое внимание в здании Центра окружающей среды Eсо-Viikki уделено использованию возобновляемых источников энергии: солнечных панелей и ветряных турбин. Площадь солнечных батарей составляет 600 м<sup>2</sup>, за счет их работы удастся получать до 20 % необходимой электроэнергии. Кроме того, солнечные панели работают как затемнители фасадов.

### 3.6.3. Опыт энергосбережения Дании

Импульс развитию энергосберегающих технологий и нормативно-правовой базы в этой области в Дании придал энергетический кризис 1970-х гг. На момент возникновения кризиса доля нефти при производстве тепла в Дании составляла порядка 90 % [71]. Рост цен на энергоресурсы привел к осознанию зависимости экономики Дании от внешних импортируемых источников энергии и необходимости проведения государственной политики, направленной на более эффективное их использование. Основой такой политики стала система планирования энергоснабжения, включающая ряд взаимосвязанных между собой этапов.

Если на первом этапе реализуемой политики в области энергосбережения Дании основной целью было обеспечение надежности энергоснабжения, то второй этап, реализуемый с 1981 г., был направлен на

снижение стоимости производства энергии, уменьшение доли нефти в общем объеме энергопотребления и переход на местные виды топлива: биогаз, древесную щепу, бытовой и промышленный мусор, побочное тепло от промышленных предприятий и др. В настоящее время в Дании сжигается около 80 % всех отходов, получаемая при этом энергия используется в качестве дополнительного источника тепла [71].

Для реализации политики энергосбережения Дания одной из первых в Европе ввела энергетический налог на определенные виды топлива с целью оказания влияния на количество выбросов углекислого газа, оксидов азота и серы в атмосферу, а также с целью стимулирования плательщика к позитивному, с точки зрения охраны окружающей среды, ведению хозяйственной деятельности. Ставки налога были установлены в зависимости от степени загрязнения атмосферы при сжигании данного энергоносителя, а полученные средства направлены на ремонт и модернизацию инженерной инфраструктуры энергетики Дании.

К моменту принятия в 1990 г. третьего Энергетического плана инфраструктура теплоснабжения в Дании была модернизирована, поэтому основной целью этого этапа стало охрана окружающей среды и уменьшение негативного воздействия на нее со стороны энергетической системы при добыче, производстве и потреблении энергии. В 2010 г. Дания совместно с другими странами ЕС одобрила программу – План «20-20-20», направленный на уменьшение энергопотребления и выбросов парниковых газов на 20 % к 2020 г. по отношению к уровню 1990 г.

Важным направлением современной энергосберегающей политики Дании является перевод централизованных систем теплоснабжения зданий на установки одновременного производства теплоты и электроэнергии – когенерации, а также развитие возобновляемой энергетики.

Контроль за реализацией правовых основ энергосбережения в Дании осуществляет Датское энергетическое агентство (DEA – Danish Energy Agency), созданное в 1975 г. Агентство отвечает за обработку национальных и международных соглашений, связанных с производством, поставкой и потреблением энергии, и является ответственным за реализацию усилий по сокращению выбросов парниковых газов.

В 2011 г. в Дании было создано Министерство климата, энергетики и строительства. Объединение в рамках одной правительственной структуры этих направлений наглядно подтверждает реализуемый в

стране комплексный подход к проблеме экологичного, «зеленого» строительства.

В феврале 2011 г. правительство Дании запустило реализацию Энергетической стратегии – 2050, направленной на формирование к 2050 г. «зеленой» энергетики, полностью независимой от ископаемого топлива. Для реализации этой цели в 2012 г. правительство Дании приняло следующий план действий по увеличению доли производства энергии от ВИЭ:

- обеспечить 55 % конечного потребления энергии за счет возобновляемых источников до 2035 г.;
- обеспечить выработку электроэнергии от ветра до 50 % к 2020 г. и до 84 % в 2035 г.

Поставленная цель успешно реализована Данией: в 2015 г. доля электрической энергии, произведенной за счет ветроэлектростанций составила 42 %, а в 2019 г. – 48 %.

В июне 2019 г. Правительство Дании достигло Энергетического соглашения о поддержке перехода к 100 % «зеленой» энергетике к 2030 г. за счет масштабных инвестиций в развитие морской ветроэнергетики и биоэнергетики в течение следующего десятилетия (рис. 3.43).

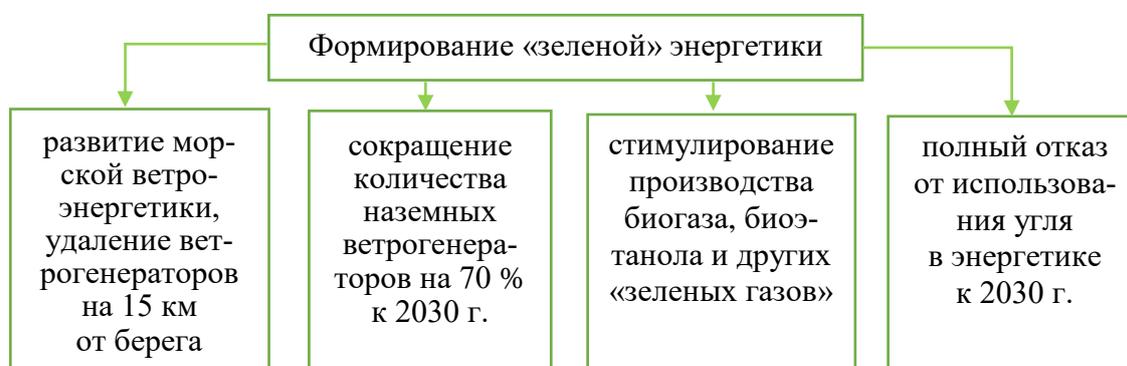


Рис. 3.43. Направления развития «зеленой» энергетики Дании в соответствии с Энергетическим соглашением 2019 г.

В декабре 2019 г. в Дании принят Закон о климате (Climate Act), основной целью которого является сокращение выбросов парниковых газов на 70 % к 2030 г. (по сравнению с уровнем 1990 г.) и достижение нулевого уровня выбросов к 2050 г.

В соответствии с принятыми в 2019 г. соглашениями, Правительством Дании будет выделено более 1 млрд крон до 2024 г. на исследования в области энергетики и изменения климата, и порядка 4 млрд крон на развитие производства биогаза.

Важным направлением в области энергосбережения Дании по-прежнему остается повышение энергетической эффективности зданий, конечных потребителей энергии. Датское правительство регулирует энергоэффективность зданий через строительные нормы и правила, которые периодически ужесточаются как для новых зданий, так и прошедших капитальный ремонт или реконструкцию.

Для стимулирования развития энергосберегающих проектов в Дании активно применяются энергосервисные контракты, предусмотрены налоговые льготы собственникам зданий, проводящих энергетическую реконструкцию. В период с 2010 по 2011 гг. в Дании была реализована компания по замене неэффективных жидкотопливных котлов на современные тепловые насосы и солнечные установки отопления [72]. Под эту программу также были выделены субсидии частным домохозяйствам и ТСЖ Дании.

К числу наиболее распространенных мероприятий, реализуемых в зданиях Дании, относятся:

- замена старых окон блоков на стеклопакеты с повышенными теплозащитными характеристиками;
- дополнительная теплоизоляция наружных ограждающих конструкций стен и чердаков;
- устройство механической системы вентиляции с рекуперацией теплоты;
- применение конструкции «солнечных» стен для подогрева приточного воздуха в системе вентиляции;
- использование на крыше солнечных коллекторов для ГВС;
- установка низкотемпературных радиаторов для отопления помещений;
- остекление балконов;
- установка водосберегающей арматуры;
- использование системы контроля и управления работой инженерных систем здания.

Рассмотрим примеры энергоэффективных зданий, построенных в Дании.

## Энергоэффективная реконструкция жилого дома в Остербро (г. Копенгаген)

Мероприятия по энергоэффективной реконструкции 5-этажного здания реализованы в 1994–1995 гг. при поддержке EU Thermie – европейской комиссии по исследованию, развитию, демонстрации и внедрению неядерных энергетических технологий.

Энергоэффективные решения, реализованные на объекте:

– установка солнечных коллекторов площадью 238 м<sup>2</sup> на крыше с восточной, западной и южной сторон здания под углом 45°, для подогрева приточного воздуха в системе вентиляции и воды в системе ГВС;

– устройство «солнечной» стены – покрытие южного фасада здания прозрачными теплоизоляционными панелями (наружный воздух поступает в здание через воздушный промежуток между ограждающими конструкциями и прозрачными панелями стены, дополнительно подогреваясь энергией солнца);

– утепление стен теплоизоляционным материалом Rockwool толщиной 200 мм и чердачного перекрытия слоем минеральной ваты толщиной 300 мм;

– замена оконных блоков на новые трехслойные стеклопакеты с приведенным сопротивлением теплопередаче 0,80 м<sup>2</sup>·°С/Вт;

– установка механической системы вентиляции с подогревом приточного воздуха в противоточных теплообменниках-утилизаторах с эффективностью работы 80 % для улучшения качества микроклимата в квартирах;

– реконструкция системы теплоснабжения (установка терморегуляторов на отопительных приборах, использование низкотемпературных отопительных приборов, работающих на обратной воде централизованного теплоснабжения).

Вклад солнечной радиации в подогрев наружного воздуха здания составляет 105 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. Годовая производительность 1 м<sup>2</sup> солнечных коллекторов составляет 354 кВт·ч, общая производительность – 84 252 кВт·ч [72]. Солнечные коллекторы на 60–65 % обеспечивают ежегодную потребность здания в ГВС.

До реконструкции затраты энергии на отопление и горячее водоснабжение здания составляли 125 кВт·ч/м<sup>2</sup>. В первый год эксплуатации здания (1996 г.) затраты энергии, получаемой от централизованного теплоснабжения, на отопление составили 61 кВт·ч/м<sup>2</sup>, что на 56 % ни-

же по сравнению с типовыми зданиями. Затраты энергии на отопление уменьшились на 54 %, затраты энергии на горячее водоснабжение – на 37,5 %. Общее снижение энергопотребления составило 51 % [72].

Срок окупаемости проекта составил 33,5 лет, без учета дорогостоящей «солнечной» стены – 12,5 лет. Наилучшие энергосберегающие мероприятия, реализованные в данном проекте, в настоящее время используются во многих других реконструируемых зданиях Дании, демонстрируя возможный потенциал повышения энергетической эффективности строительной отрасли.

### **Энергоэффективное здание Ратуши в г. Выборг**

В 2011 г. в г. Выборг был реализован проект строительства новой Ратуши с применением современных энергосберегающих технологий и решений, включая многокамерные оконные энергоэффективные блоки и утепление ограждающих конструкций.

Источником тепла в здании служат тепловые насосы, которые используют в работе тепло грунтовых вод и энергию системы центрального теплоснабжения. Для управления, регулирования и мониторинга энергетической системы здания применяется интеллектуальная информационная технология – ICT (Intelligent Communication Technology) [71].

Общее потребление энергии зданием на 50 % ниже аналогичных зданий города [71].

### **Активный дом в г. Орхус**

В 2009 г. в Люструпе, в административном центре Орхус был построен первый в Дании активный дом – здание с положительным энергобалансом, которое получает энергию из окружающей среды с помощью альтернативных источников, в количестве, превышающем собственные нужды (рис. 3.44).



Рис. 3.44. Первый активный дом, г. Орхус (Дания)

Для отопления здания применяются тепловые насосы, для выработки электрической энергии – солнечные батареи. Оптимизация работы инженерных систем здания обеспечивается автоматизированной системой «Умный дом».

### **Проект ProjectZero в г. Сённерборг**

В Дании в качестве пилотных энергоэффективных проектов выступают не только отдельные здания или кварталы, но и целые города.

Приблизительно 75 % муниципалитетов в Дании подписали контракт с Датским Обществом охраны природы, согласно которому муниципалитеты приняли на себя обязательство о ежегодном 2%-ом снижении потребления энергии [73]. Кроме того, ряд муниципалитетов Дании также приняли на себя обязательства согласно европейскому проекту – Пакт Мэров (Covenant of mayors – СОМ) о сокращении выбросов углекислого газа.

Примерами таких энергоэффективных муниципалитетов являются Копенгаген, имеющий целью стать «карбонейтральным» к 2025 г. и Сённерборг, реализующий план Project Zero, рассчитанный до 2029 г. [73].

Проект ProjectZero, реализуемый в г. Сённерборг, является примером сотрудничества между государственным и частным секторами с целью развития возобновляемых источников энергии, обеспечения CO<sub>2</sub>-нейтрального роста экономики и устойчивого развития города. В городе внедрена система повторного использования бытовых отходов, разработана программа энергоэффективной реконструкций зданий жилищного фонда города. В настоящее время порядка 5 % зданий г. Сённерборг имеют солнечное электроснабжение, излишки вырабатываемой энергии направляются в общегородскую сеть.

#### **3.6.4. Опыт энергосбережения Швеции**

Швеция – лидер в Европейском союзе по уровню развития возобновляемых источников энергии. В 2018 г. больше половины всей электрической энергии, потребляемой в стране, было произведено на гидроэлектростанциях, ветропарках и в результате переработки отходов лесопромышленного сектора. С 2040 г. Швеция планирует полностью отказаться от ископаемого топлива.

К первым нормативно-правовым актам, регулирующим вопросы энергосбережения в строительной отрасли Швеции, относятся Закон «О планировании и строительстве» (1987 г.), содержащий требований к уровню энергетической эффективности зданий, Закон «Об охране окружающей среды» (1998 г.) и Экологический кодекс.

Основные принципы энергосберегающей политики Швеции изложены в Соглашении о политике в области энергетики 1997 г., в соответствии с которым предусматривалось выделение субсидий на меры по сокращению потребления электроэнергии: на развитие централизованного теплоснабжения, реконструкцию зданий, использующих электроотопление, развитие солнечной энергетики.

Для стимулирования развития энергосберегающих технологий правительством Швеции был принят ряд программ и обязательств, среди которых:

- решение о постепенном отказе от атомной энергетики с переходом на возобновляемые источники энергии;
- экологические ограничения в сфере дальнейшей разработки гидроэнергетических ресурсов;
- обязательство по сокращению выбросов парниковых газов в соответствии с Киотским протоколом;
- национальная программа 2005 г. по устранению зависимости Швеции от ископаемого топлива до 2020 г. (рис. 3.45).

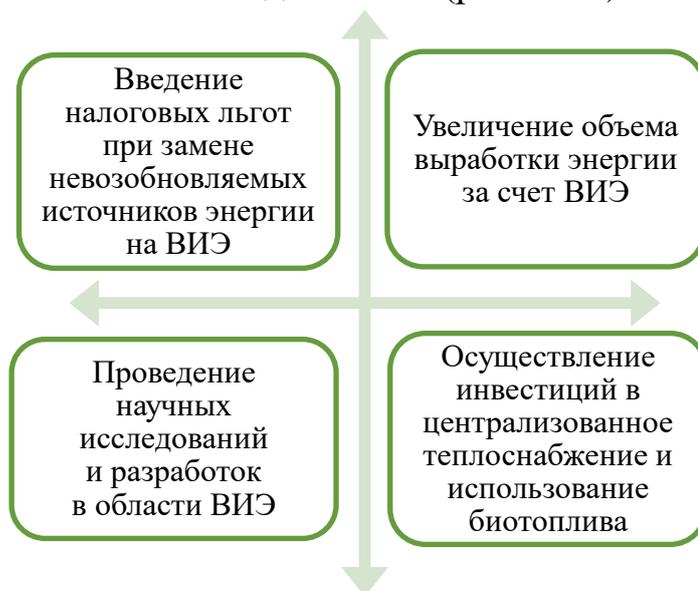


Рис. 3.45. Основные задачи реализации национальной программы Швеции по преодолению нефтяной зависимости

В 2005 г. в Швеции было создано Министерство устойчивого развития, на которое возложены функции по реализации политики в области энергоэффективности и развитию возобновляемых источников энергии, в сфере энергетики и проблем окружающей среды.

В реализации энергосберегающих проектов в Швеции принимают активное участие такие организации, как Шведское энергетическое агентство (Swedish Energy Agency), Шведская государственная электроэнергетическая компания и др.

В 2003 г. в Швеции была введена система «зеленых сертификатов», направленная на увеличение объема выработки электрической энергии на базе ВИЭ. Сертификаты предоставляются на электрическую энергию, полученную за счет энергии ветра, солнца, волн, торфа, геотермальной энергии, определенных видов биотоплива и объектов малой гидроэнергетики. Государство обязало потребителей приобретать «зеленые сертификаты», исходя из доли своего энергопотребления (квоты), причем эта квота будет ежегодно возрастать до 2035 г. Так, например, в 2004 г. «зеленые сертификаты» необходимо было приобретать на 8,1 % от общего уровня энергопотребления, в 2010 г. – 16,9 % [74].

В 2006 г. в Швеции была принята Национальная программа энергоэффективности и «интеллектуальных домов», в которой была поставлена цель снизить общий удельный расход энергии на отопление зданий на 50 % до 2050 г. по сравнению с уровнем 1995 г.

Современную нормативно-правовую базу в области энергосбережения зданий Швеции формируют такие директивы ЕС, как:

- Директивы 2002/91/ЕС и 2010/31/ЕС EPDB по энергетическим характеристикам зданий;
- Директива ЕС от 23.04.2009 г. по энергосбережению и продвижению использования энергии из возобновляемых источников;
- Директива 2012/27/ЕС по энергоэффективности зданий;
- Директива от 30.05.2018 г. о внесении изменений в Директиву 2010/31/ЕС по энергетической эффективности зданий и Директиву 2012/27/ЕС по энергоэффективности.

В Швеции вопросы энергосбережения тесно связано с проблемами охраны природы и созданием комфортной среды для проживания граждан. Поэтому реализация проектов в части энергосбережения за-

трагирует не только отдельно взятые строительные объекты, но и целые районы и города.

Рассмотрим примеры реализации энергоэффективных технологий в зданиях и городах Швеции.

### **«Зеленый» город Векшё**

Город Векшё, расположенный в южной части Швеции, по праву считается одним из самых экологичных, энергоэффективных городов Европы.

Муниципалитет города добился значительных успехов в области экологически чистого транспорта, энергосбережения и альтернативной энергетики. Работы в экологическом направлении начались в этом городе еще в 60-х гг. XX в. с очистки от мусора и обеззараживания озер, расположенных вокруг города, в которые с XVIII в. сбрасывались отходы местного текстильного производства.

В 90-х гг. XX в. в городе была принята экологическая программа, направленная на:

- снижение вдвое выбросов углекислого газа в атмосферу;
- сокращение производства бытового мусора;
- полное устранение зависимости города от нефтепродуктов к 2030 г.

Одним из первых шагов в этом направлении стала пропаганда отказа от личного автомобильного транспорта в пользу общественного, работающего на «зеленых» видах топлива, и велосипедов. Так же была инициирована подпрограмма по сокращению в городе потребления бумаги во всех ее видах. Для выработки электрической энергии тепло-снабжающие предприятия стали использовать отходы деревообрабатывающей промышленности. Муниципалитетом было закуплено оборудование, позволяющее получать из бытового мусора и канализационных стоков биотопливо.

Для повышения уровня энергетической эффективности зданий в городе Векшё реализованы программы по энергоэффективной реконструкции объектов, включая установку солнечных панелей на крышах зданий, утепление стен, создание герметичной оболочки зданий, модернизацию систем отопления и электроснабжения.

На сегодняшний день объем выбросов углекислого газа в городе Векшё в два раза ниже по сравнению с 1993 г.

### **Энергоэффективный район Хаммарбю Шьёстад (г. Стокгольм)**

В результате реновация промышленного района **Хаммарбю Шьёстад** в г. Стокгольм были выполнены:

- очистка земель от мусора, мазута, свинца и цинка;
- обеззараживание водоемов

и достигнуты следующие показатели:

- снижение энергоемкости зданий в 2 раза;
- снижение объема выбросов парниковых газов на 30 %.

Затраты на реновацию района составили 20 млрд шведских крон (2 млрд евро), из них 30 % инвестировала городская администрация, а оставшиеся средства привлекли частные подрядчики.

В результате реновации некогда самый грязный промышленный район г. Стокгольма стал образцовым экологическим поселением. Новый район существенно отличается от типовых кварталов Стокгольма, прежде всего, за счет более активного использования общественного транспорта, велотранспорта и автомобилей, работающих на биотопливе.

Для производства тепла и электричества для нужд района применяются только возобновляемые источники: энергия сточных вод, сжигания мусора, солнечные панели, расположенные на крышах и стенах домов. Системы отопления, основанные на солнечных батареях, обеспечивают выработку половины энергии, необходимой для горячего водоснабжения жилищ, 35 % энергии поступает от избыточного тепла, вырабатываемого системами очистки сточных вод, остальное производится из биотоплива.

В экспериментальном районе Хаммарбю Шьёстад внедрены технологии сбора, очистки и повторного использования дождевой воды. Для дополнительной очистки дождевых вод на крышах зданий высажена специальная трава.

В зданиях установлена водосберегающая арматура, энергосберегающая бытовая техника и оборудование.

Бытовые отходы сортируются жителями и помещаются в специальные шахты, в которых мусор направляется на переработку по стальным вакуумным трубопроводам, расположенным под землей. Такая технология сбора и транспортировки мусора позволила уменьшить число грузовиков, собирающих мусор в районе, и уменьшить на 60 % выхлопы от мусоровозов. Собранный мусор становится сырьем для теплоэлектростанций. Сжигание мусора обеспечивает половину энергии, требуемой для центрального отопления домов.

### Активный дом Villa Åkarp

В 2009 г. в Швеции, рядом с городом Мальмё, был построен активный дом с положительным энергетическим балансом – Villa Åkarp (рис. 3.46).



Рис. 3.46. Активный дом Villa Åkarp

Внешняя оболочка здания практически полностью воздухонепроницаема: фундамент, стены и крыша изолированы с помощью слоя утеплителя – полистирола. В качестве оконных блоков использованы трехкамерные стеклопакеты с заполнением инертным газом – криптоном. Оптимальная ориентация светопроемов по сторонам света (1/3 окон выходят на юг) защищает здание от перегрева.

На крыше здания установлены солнечные панели, которые производят до 4 200 кВт·ч электрической энергии в год [73]. Избыток энергии составляет 600 кВт·ч в год [73].

Затраты на строительство этого здания на 100 тыс. евро превысили расходы в обычном здании, при этом ежегодная экономия от его эксплуатации составляет 1,65 тыс. евро [74].

### **Первый круглый пассивный дом в Швеции Villa Nyberg**

В 2011 г. в Швеции был успешно реализован проект создания первого круглого пассивного здания, предназначенного для массового жилищного строительства (рис. 3.47). Здание имеет площадь 150 м<sup>2</sup>, хорошо изолированные ограждающие конструкции, систему вентиляции с рекуперацией тепла, что соответствует требованиям пассивного дома.



Рис. 3.47. Круглый пассивный дом в Швеции

Для снижения теплопроводности и воздухопроницаемости ограждающих конструкций в здании использованы многослойные конструкции с эффективными утеплителями, тщательно герметизированы стыки конструкций, устранены возможные мостики холода. Воздухопроницаемость ограждений здания составляет 0,038 л /см<sup>2</sup> при действующем стандарте пассивного дома – 0,3 л /см<sup>2</sup> [73].

Круглая форма здания устраняет мостики холода и уменьшает площадь ограждающих конструкций при сохранении полезного внутреннего объема здания. Затраты тепла на отопление здания составляют 25 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год [78].

## Пассивный дом Villa Circuitus

В 2015 г. г. Вёкше был построен высокотехнологичный пассивный дом из дерева, разработанный Шведским архитектурным бюро Sajt Arkitektstudio (рис. 3.48).



Рис. 3.48. Восточный фасад пассивного дома Villa Circuitus (Швеция)

Круглая форма дома позволила снизить тепловые потери и максимально использовать преимущества открытой планировки без лишних стен и углов.

Здание прошло сертификацию по стандартам пассивного дома и отвечает современным экологическим требованиям в отношении дизайна и использованных строительных материалов.

Здание имеет деревянный каркас с облицовкой из кебону – экологически чистой модифицированной мягкой древесины. Норвежская технология Кебону предусматривает пропитку древесины фурфуроловым спиртом – жидкостью на биологической основе благодаря чему клеточная стенка древесины полимеризуется, повышая долговечность материала и стабильность размеров.

Деревянный дом утеплен теплоизоляционным материалом из переработанной целлюлозы. Второй этаж представляет собой застекленную веранду, которая обеспечивает здание естественным светом. Балюстрада веранды, выполненная из интегрированных в стройматериалы солнечных панелей, позволяет получать дополнительную тепловую энергии от солнца.

Для подогрева (зимой) и охлаждения (летом) приточного воздуха в здании применяется двухступенчатая система теплообменников,

включающая подземные геотермальные скважины и надземные тепловые насосы [73].

Уникальный экодом Villa Circuitus станет площадкой для научных исследований о применимости энергосберегающих технологий и принципов пассивного дома в условиях шведского климата.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение терминам: «пассивный дом», «умный дом», «активное здание», «зеленое» здания, «нулевой дом», «экодом», «энергетическая декларация», «зеленый сертификат», «энергетическая санация здания», «рекуперация тепла», «биотопливо».

2. Перечислите основные нормативные документы, регламентирующие вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий в России и ЕС.

3. Дайте характеристику принципам проектирования и строительства пассивных зданий.

4. Перечислите требования, предъявляемые к экодомам.

5. Какие группы энергосберегающих мероприятий могут быть реализованы на этапе проектирования здания? Приведите примеры.

6. Какие группы энергосберегающих мероприятий могут быть реализованы на этапе эксплуатации здания? Приведите примеры.

7. Что такое энергетический баланс здания?

8. Какие инструменты финансовой поддержки реализации энергосбережения применяются в странах ЕС и России?

9. Назовите основные цели энергосберегающей политики стран ЕС и России.

10. Дайте характеристику основных целей и задач проекта ProjectZero, реализуемого в Швеции.

11. Какие мероприятия входят в энергетическую санацию зданий в Германии?

12. Назовите общие черты и отличительные особенности энергетической сертификации зданий, принятой в России и странах ЕС.

## Библиографический список

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации: офиц. текст – М.: Эксмо, 2017. – 54 с.
2. ГОСТ Р 21.1101-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации» (с Поправкой). – М.: Стандартинформ, 2014.
3. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 (ред. от 13.12.2017) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018 г.).
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2007 № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий».
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2008 № 1070 «О порядке аккредитации на право проведения негосударственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий (с изменениями на 15.12.2016 г.)».
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2012 № 272 «Об утверждении Положения об организации и проведении негосударственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий (с изменениями на 31.12.2019)»
7. Болтов Ю. Жилой массив: Как выглядит массовая застройка в Париже, Гонконге и других городах // The Village. – 2014. – <https://www.the-village.ru/village/city/architecture/166653-rayony-kvartaly-zhilye-massivy>.
8. Табунщиков Ю.А. Потребительские качества здания / Ю.А. Табунщиков // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2004. – № 4. – [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2465](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2465).
9. Тетиор А.Н. Устойчивое строительство, устойчивая архитектура, создание экосити – важнейшие задачи для России / А.Н. Тетиор // Природообустройство. – 2008. – № 2. – С. 57–67.
10. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. – М.: Минстрой России, 2017. – 97 с.
11. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменением № 1). – М.: МЧС России; ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2012. – С. 46.

12. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». – М.: Стандартинформ, 2019. – С. 20.

13. Методика расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат. – М: Национальное объединение проектировщиков, 2014. – 72 с.

14. СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «Зеленое строительство. Здания жилые и общественные. Рейтинговая система оценки устойчивости среды обитания». – М. : Издательство «БСТ», 2011. – 57 с.

15. ГОСТ Р 54964-2012. Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости. – М. : Стандартинформ, 2013. – 52 с.

16. Запуск проекта «Карта качества» [Электронный ресурс] // Greenevolution. – 2015. – Режим доступа: <http://greenevolution.ru/2015/03/19/zapusk-proekta-karta-kachestva/> (дата обращения: 13.08.2017).

17. Explore BREEAM [Электронный ресурс] // Официальный сайт BREEAM. – Режим доступа: <http://www.breeam.com/> (дата обращения: 13.08.2017).

18. LEED projects [Электронный ресурс] // U.S. Green Building Council. – Режим доступа: <https://www.usgbc.org/projects> (дата обращения: 01.12.2019).

19. GREEN ZOOM: формула комфортной жизни // GREEN ZOOM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.greenzoom.ru/>(дата обращения: 20.12.2019).

20. DGNB pre-certified and certified projects // Официальный сайт DGNB System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dgnb-system.de/en/projects/> (дата обращения: 10.11.2019).

21. Король Е.А. Повышение уровня экологической безопасности мегаполиса при строительстве «зеленых» зданий / Е.А. Король, Н.С. Шушунова // Научное обозрение. – 2014. – № 7-1. – С. 144–147.

22. Зеленое строительство в России: перспективы развития // Allabc.ru. Пресс-релизы – строительство. 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.allabc.ru/press-relizy-stroitelstvo/1832-zelenoe-stroitelstvo-v-rossii-perspektivy-razvitiya.html> (дата обращения: 10.12.2019).

23. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон № 261-ФЗ [принят Госдумой 11 ноября 2009 г.] // Государственная Дума РФ. – 2009.

24. ГОСТ Р 53905-2010 Энергосбережение. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2011. – 22 с.

25. Аллард Ф. Политика Европы в области повышения энергетической эффективности зданий / Ф. Аллард, О. Сеппане // Энергосбережение. – 2008. – № 6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=4096](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4096).

26. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 2003-23-02. – М. : Минрегион России, 2012. – 132 с.

27. Приказ Минстроя № 399/пр от 06.06.2016 «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

28. Energy Saving Ordinance 2009 // Info portal Energieeinsparung [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/EN/Archive/EnEV/enev\\_node.html](https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/EN/Archive/EnEV/enev_node.html) (дата обращения: 13.01.2020).

29. Голованова Л.А. Управление энергосбережением при проектировании и строительстве зданий: дис. ... канд. экон. наук. – Хабаровск, 2000. – 205 с.

30. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения / Ю.А. Матросов. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с.

31. Данилов Н.И. Энциклопедия энергосбережения / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков. – Екатеринбург: ИД «Сократ», 2004. – 368 с.

32. Самарин О.Д. Энергетический баланс гражданских зданий и возможные направления энергосбережения / О.Д. Самарин // Жилищное строительство. – 2012. – № 8. – С. 2–4.

33. Бубнов Ю. Информационное моделирование зданий // Здания высоких технологий. – 2013. – № 29. – с. 80-85.

34. Талапов В.В. Технология BIM: единая модель и связанные с этим заблуждения / В.В. Талапов // Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. – 2016. – [https://stroi.mos.ru/builder\\_science/tiekhnologhiia-bim-iedinaia-modiel-i-sviazannyie-s-etim-zabluzhdeniia?from=cl](https://stroi.mos.ru/builder_science/tiekhnologhiia-bim-iedinaia-modiel-i-sviazannyie-s-etim-zabluzhdeniia?from=cl).

35. Сусоев И.С. Плюсы и минусы внедрения BIM технологий в строительстве / И.С. Сусоев // Вестник науки и образования. – 2016. – №6(18). – С. 116–117.

36. Куприяновский В.П. BIM-Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции / В.П. Куприяновский, С.А. Синягов, А.П. Добрынин // International Journal of

Open Information Technologies.–2016. – Vol 4. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://injoit.org/index.php/j1/article/view/275>.

37. Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения BIM / И.М. Козлов // *Architecture and modern information technologies*. – 2010. – № 1(10) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.integralsib.ru/articles/vnedrenie\\_bim/economy/](http://www.integralsib.ru/articles/vnedrenie_bim/economy/) (дата обращения: 18.12.2019).

38. Грахов В.П. Развитие систем BIM-проектирования как элемент конкурентоспособности / В.П. Грахов, С.А. Мохначев, А.Х. Иштряков // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17950>.

39. Building energy modeling // Office of energy efficiency & renewable energy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energy.gov/eere/buildings/building-energy-modeling> (дата обращения: 14.12.2019)

40. Horne, R. Life cycle assessment: principles, practice and prospects / Ralph Horne, Tim Grant, Karli Verghese. – Melbourne.: CSIRO Publishing, 2009. – pp. 173.

41. Directive 2010/31/ EU of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings // European Environment Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF> (дата обращения: 15.12.2019).

42. Наумов А.Л. Энергоэффективность, стоимость жизненного цикла и зеленые стандарты цикла / А.Л. Наумов, Д.В. Капко, О.С. Судьбина // *Здания высоких технологий*. – Осень 2014. – С. 34–40.

43. Scheuer C.W. Evaluation of LEEDTM Using Life Cycle Assessment Methods / C.W. Scheuer, G.A. Keoleian. – Gaithersburg.: National Institute of Standards and Technology, 2002. – P. 157.

44. Башмаков И.А. Оптимизация энергоэффективности зданий на основе оценки стоимости жизненного цикла / И.А. Башмаков, А.Д. Мышак // *Энергосовет*. –2015. – № 3 (40). – С. 55–62.

45. Опарина Л.А. Результаты расчета энергоемкости жизненного цикла зданий / Л.А. Опарина // *Жилищное строительство*. – 2013. – № 11. – С. 50–52.

46. Распоряжение Правительства РФ от 01.09.2016 № 1853-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений».

47. Приказ Минстроя РФ № 1550/пр от 17.11.2017 «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений».

48. Бердников А.С. Анализ требований по энергоэффективности зданий России (Москва) и Европы (Германия) / А.С. Бердников // Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве. – 2019. – <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/7908795.html> (дата обращения: 15.12.2019).

49. Directive 2002/91/EU of the European parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings // European Environment Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.legislation.gov.uk/eudr/2002/91/contents> (дата обращения: 15.12.2019).

50. EN 15603:2008 «Energy performance of buildings. Overall energy use and definition of energy ratings» // The British Standards Institution [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=BSI&DocID=287462> (дата обращения: 15.12.2019).

51. EN 15217 «Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for the energy certification of buildings» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.buildup.eu/sites/default/files/content/P155\\_EN\\_CENSE\\_EN\\_15217.pdf](https://www.buildup.eu/sites/default/files/content/P155_EN_CENSE_EN_15217.pdf) (дата обращения: 15.12.2019).

52. ISO 52016-1:2017 «Energy performance of buildings – Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads – Part 1: Calculation procedures» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (дата обращения: 10.12.2019).

53. EN 15232:2012 «Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/ab474762-аба8-45ab-be7a-f9790e931723/en-15232-2012> (дата обращения: 05.01.2020).

54. Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3A0J.L\\_.2018.156.01.0075.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3A0J.L_.2018.156.01.0075.01.ENG) (дата обращения 13.08.2017).

55. Энергосбережение – есть у кого перенять опыт [Электронный ресурс] // Экспертный строительный портал. – 2014. – Режим доступа: <http://estp-blog.ru/rubrics/rid-5965/> (дата обращения: 13.11.2019).

56. Существующие системы энергетических сертификатов зданий: проект ПРООН/ГЭФ «Улучшение энергоэффективности в секторе жилищного строительства Туркменистана». – 2016. – 64 с.

57. Кудревич О.О. Сертификация энергетической эффективности зданий. Анализ передового европейского и международного опыта и рекомендации для Беларуси // О.О. Кудревич. – 2014. – 59 с [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energoeffekt.gov.by/effbuild/download/230.pdf>.

62. Низовцев М.И. Регистраторы расхода тепла отопительных приборов / М.И. Низовцев, В.И. Терехов, З.П. Чепурная // АВОК. – 2005. – № 5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2926](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2926).

59. Семенихин С.И. Европейский опыт учета энергопотребления жилых зданий / С.И. Семенихин, // Д.В. Губенко Энергосбережение. – 2004. – № 5. – С. 34–35.

60. ВСН 53-86р «Правила оценки физического износа жилых зданий». – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 64 с.

61. Passive House // International Passive House Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://passivehouse-international.org/index.php?page\\_id=78](https://passivehouse-international.org/index.php?page_id=78) (дата обращения: 17.04.2017).

62. Мультикомфортный дом ISOVER'a (концепция «Multi-Comfort House») // Официальный сайт ISOVER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.isover.ee/ru/sovety/multikomfortnyy-dom-isovera-konceptsiya-multi-comfort-house> (дата обращения: 05.11.2019).

63. The Home for Life Denmark // Velux [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://velcdn.azureedge.net/~media/com/case%20studdy/home%20for%20life\\_denmark/124259-01\\_model\\_home\\_2020\\_home\\_for\\_life.pdf](https://velcdn.azureedge.net/~media/com/case%20studdy/home%20for%20life_denmark/124259-01_model_home_2020_home_for_life.pdf) (дата обращения: 20.11.2019).

64. Пассивный дом. Понятие и основные принципы проектирования пассивного дома // Builder club [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.builderclub.com/statia/passivny-dom-ponyatiye-i-](http://www.builderclub.com/statia/passivny-dom-ponyatiye-i)

osnovnye-principy-pro yektirovaniya-passivnogo-doma (дата обращения: 17.01.2020).

65. Tetior A. New conception of creation of «zero» ecobuildings and ecocities on base of ecological infrastructure / A. Tetior // European Journal of Natural History. – 2017. – № 5. – P. 22–26.

66. Тетиор А.Н. Нулевой экологичный жилой дом / А.Н. Тетиор // Жилищное строительство. – 2010. – № 9. – С. 43–48.

67. В Норвегии создали дом, который производит энергии больше, чем потребляет //Solar Panels. – 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solarpanels.com.ua/news/v-norvegii-sozdali-dom-kotoryj-proizvodit-energii-bolshe-chem-potrebyaet/> (дата обращения: 11.12.2019).

68. Колер Ш. Немецкий опыт повышения энергоэффективности в секторе зданий / Ш. Колер. – Deutsche Energie-Agentur (DENA). – 2013. – 28 с.

69. Официальный сайт EnEv [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://enev-online.de/eewaermeg/2011/index.htm> (дата обращения: 13.01.2020).

70. Здание «EKONO-HOUSE» // Библиотека OKNA.ua. – 2006. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://okna.ua/library/art-zdanie\\_ekonohouse\\_otaniemi](https://okna.ua/library/art-zdanie_ekonohouse_otaniemi) (дата обращения: 13.01.2020).

71. Энергоэффективные и комфортные дома Дании // Портал Энерго [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/823> (дата обращения: 15.01.2020).

72. Энергосбережение в датских муниципалитетах // Дания – Беларусь проект развития сотрудничества местных органов власти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dk.technopark.by/dkenergo> (дата обращения 13.12.2019):.

73. Archdaily Projects.Houses – Sweden // Architecture website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/66545/villa-nyberg-kjellgren-kaminsky-architecture> (дата обращения: 13.12.2019).

74. Energimyndigheten // Официальный сайт Шведского энергетического агентства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energimyndigheten.se/> (дата обращения: 23.12.2019).

Учебное издание

**Шеина** Светлана Георгиевна  
**Миненко** Евгения Николаевна  
**Федяева** Полина Валерьевна

МЕТОДЫ ВНЕДРЕНИЯ  
ЛУЧШЕГО ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ  
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Редактор Е.В. Хейгетян  
Компьютерная обработка: Е.В. Хейгетян

---

В печать 18.03.2020.  
Формат 60x84/16. Объём 11,3 усл. п.л.  
Тираж 100 экз. Заказ № 80. Цена свободная

---

Издательский центр ДГТУ  
Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.