

Министерство образования Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
“Хабаровский государственный технический университет”

Л. А. ГОЛОВАНОВА

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Рекомендовано Дальневосточным региональным учебно-методическим центром в качестве учебного пособия для студентов специальностей
290300 “Промышленное и гражданское строительство”,
290100 “Архитектура”, 290500 “Городское строительство и хозяйство”,
060800 “Экономика и управление на предприятии” вузов региона

Хабаровск
Издательство ХГТУ
2002

УДК 721.004.18
ББК Н7-022+329
Г61

Рецензенты:
кафедра “Здания и сооружения”
Дальневосточного государственного университета путей сообщения (зав-
кафедрой канд. техн. наук, доц. А. В. Головки,
председатель методической комиссии ИТС проф. П. Я. Григорьев);

Гордеева Т. В., канд. экон. наук, доц.
кафедры “Экономика предприятия и менеджмент”
Хабаровской государственной академии экономики и права

Научный редактор
д-р экон. наук О. Г. Иванченко

Голованова Л. А.

Основные аспекты территориального энергосбережения: Учеб. пособие. –
Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. – 115 с.
ISBN 5-7389-0194-0

В учебном пособии рассмотрены основные аспекты территориального энергосбережения и нормативно-законодательной базы, регулирующей этот процесс. Выявлены узловые региональные энергетические проблемы, выходом из которых может стать извлечение потенциала энергосбережения в отраслевом и территориальном разрезе. Изложены принципы градостроительных решений сбережения энергии, энергоэффективного размещения производства в городской среде, архитектурно-строительного проектирования зданий с эффективным использованием энергии, применения нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей “Архитектура” (290100), “Экономика и управление на предприятии (в строительстве и городском хозяйстве)” (060800), “Промышленное и гражданское строительство” (290300), “Городское и строительное хозяйство” (290500), а также специалистов, занимающихся вопросами энергосбережения, градостроительства и строительства.

УДК 721.004.18
ББК Н7-022+329

ISBN 5-7389-0194-0

с Издательство Хабаровского
государственного технического
университета, 2002
с Голованова Л. А., 2002

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОСНОВЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ, ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ	8
1.1. Энергосбережение: понятие и цели.....	8
1.2. Территория как основа комплексного энергосбережения.....	12
1.3. Политика энергосбережения в России.....	15
1.4. Узловые энергетические проблемы территорий.....	18
1.4.1. Негативные тенденции в топливно-энергетическом комплексе.....	19
1.4.2. Критическое состояние систем теплоснабжения.....	23
1.4.3. Экологические проблемы, обусловленные энергетическими процессами.....	25
2. ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭКОНОМИКЕ РОССИИ	27
2.1. Потенциал энергосбережения: структура и цели его извлечения.....	27
2.2. Основные направления реализации резервов отраслевого энергосбережения.....	29
2.3. Возобновляемые источники энергии: вероятные запасы, принципы использования.....	33
3. СБЕРЕЖЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ: ФАКТОРЫ, ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ	40
3.1. Учет природно-климатических условий в градостроительстве....	40
3.2. Энергосберегающие градостроительные решения.....	44
3.3. Системный подход к энергосбережению в зданиях.....	49
4. ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ С ЭФФЕКТИВНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ	55
4.1. Объемно-планировочные решения в зданиях с эффективным использованием энергии.....	55
4.1.1. Выбор энергоэффективной формы здания.....	56
4.1.2. Блокирование зданий как фактор снижения тепловых потерь.....	59
4.1.3. Влияние размеров здания на его энергоэкономичность....	62
4.1.4. Ориентация зданий.....	64
4.2. Проектирование наружных ограждающих конструкций.....	67
4.3. Особенности проектирования энергоактивных зданий.....	73
4.3.1. Пассивные системы.....	74
4.3.2. Активные системы.....	78
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЗДАНИИ ПРИ КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	101
Приложение 1. Понятийный аппарат.....	105
Приложение 2. Перечень и краткое содержание основных нормативно-законодательных актов и программ по энергосбережению.....	108
Приложение 3. Справочные данные по энергетическим затратам.....	112

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВВП	— валовой внутренний продукт
ВИЭР	— возобновляемые источники энергии
ВПИЭ	— возобновляемые природные источники энергии
ВРП	— валовой региональный продукт
ВЭК	— ветроэнергетика
ВЭР	— возобновляемые энергоресурсы
ВЭУ	— ветроэнергетические установки
ЖКХ	— жилищно-коммунальное хозяйство
ЗЭИЭ	— здание с эффективным использованием энергии
КПД	— коэффициент полезного действия
НИИСФ	
РААСН	— Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектурно-строительных наук
ПОТЭР	— потенциал энергосбережения
РУ	— региональное управление
СНиП	— строительные нормы и правила
СЦТ	— система централизованного теплоснабжения
СЭС	— солнечные электростанции
ТН	— тепловой насос
ТНУ	— теплонасосная установка
т н.э. ¹	— нефтяной эквивалент
ТСН	— территориальные строительные нормы
т у.т. ²	— тонны условного топлива
ТЭБ	— топливно-энергетический баланс
ТЭК	— топливно-энергетический комплекс
ТЭР	— топливно-энергетические ресурсы
ТЭС	— теплоэлектростанции
ТЭЦ	— теплоэлектроцентраль
ФЗЭ	— федеральный закон “Об энергосбережении”
ФЦП	— федеральная целевая программа

¹ 1 т н.э.=10·10⁶ ккал= 41,9·10⁶ Дж

² 1 т у.т.=7·10⁶ ккал= 29,31·10⁶ Дж

ВВЕДЕНИЕ

В течение XX века человечество израсходовало на свои нужды свыше 500 млрд т у.т. — больше, чем за всю предшествующую историю. Такое расточительство энергоресурсов далее недопустимо.

В третьем тысячелетии комфортное качество жизни должно обеспечиваться при условии экономии топлива и энергии во всех сферах жизнедеятельности человека, поскольку энергосбережение является существенным фактором сбалансированного развития энергетики и экономики на длительную перспективу и устойчивого развития территорий. Поэтому в последние десятилетия вопросы энергосбережения становятся одной из наиболее значимых общественных проблем и входят в ранг самых приоритетных направлений международной политики. На международном рынке уже возникла конкуренция в области энергосберегающих технологий, товаров и услуг, а энергоемкость продукции является ключевым фактором, определяющим ее стоимость.

Россия, обладая значительными запасами топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), тем не менее должна также учитывать общемировые тенденции сбережения топлива и энергии. Высокая энергоемкость отечественной продукции, снижение добычи топливно-энергетических ресурсов, повышение затрат на добычу и транспорт ТЭР, значительные уровни энергетических потерь, высокие цены на топливо и энергию, глобальный экологический кризис — это те факторы, которые способствовали осознанию значимости проведения политики энергосбережения на государственном уровне. Сбережение энергоресурсов сегодня признано главным приоритетом энергетической стратегии России. Разработан и действует федеральный закон “Об энергосбережении”, принимаются региональные и отраслевые законы, постановления и программы в этой области.

Время политических и социально-экономических реформ в стране совпало с переходом к интенсивному типу производства и структурной перестройкой экономики, с сокращением численности рабочей силы. Изменяются цели и задачи рациональной организации и размещения производства. Значительная территориальная дифференциация цен на энергоресурсы в пределах страны выдвигает в качестве важнейшего фактора развития отдельных регионов территориальное энергосбережение.

Смещение основной деятельности по экономии энергии в регионы повысило эффективность реализации потенциала энергосбережения, поскольку именно на региональных рынках формируется структура потребителей и спрос на энергоносители. В то же время регионализация этой деятельности поставила ряд экономических, социальных, институциональных, энергетических и других проблем перед руководством территориально-административных единиц.

В области энергетики к основным проблемам территорий следует отнести: кризисные тенденции в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК), неблагоприятную экологическую ситуацию, растущее энергопотребление в городской застройке, критическое состояние систем теплоснабжения и т.д. Указан-

ные проблемы рассмотрены как для России в целом, так и для Дальневосточного экономического района.

Возможности инвестирования в энергосбережение всегда будут иметь ограничения, обусловленные высокой степенью риска и неопределенностью их прибыльности, особенно в нестабильных экономических условиях. Следовательно, одной из важнейших задач стратегического управления экономией энергии становится объективный выбор приоритетных направлений повышения эффективности использования энергии, дающих максимальный и долгосрочный эффект. Одним из таких направлений на территориальном уровне является энергосбережение на объектах городской застройки.

В современном городе концентрируется большинство видов социально-экономической деятельности с различными затратами топливно-энергетических ресурсов. Диапазон возможных средств и методов регулирования энергопотребления хозяйственными и социальными структурами города отличается широтой и разноплановостью и носит межотраслевой характер. Значительные резервы экономии энергии при этом лежат в той сфере общественного производства, за которую ответственны или к которой причастны архитектура и градостроительство. По оценкам специалистов реализация только этого резерва может дать около 20 % всего макроэкономического эффекта экономии топливно-энергетических ресурсов [49].

В теоретико-градостроительном плане необходимы поиск и разработка методов достижения максимального соответствия между конфигурацией и планировочной структурой города, параметрами функционального использования территорий, объемно-планировочными и конструктивными характеристиками отапливаемых зданий и сооружений, с одной стороны, и территориально-пространственным распределением и потреблением энергии — с другой.

Ощутимых результатов территориального энергосбережения невозможно достичь без глубокого переосмысления энергетического фактора в архитектурно-строительном проектировании, без осознания больших возможностей по оптимизации микроклимата помещений и систем его регулирования. Существенно повысить энергетическую эффективность позволяет создание зданий с эффективным использованием энергии и применение возобновляемых источников энергии на их энергоснабжение. Это даст возможность частичного, а при благоприятных климатических условиях полного замещения в эксплуатируемых зданиях и сооружениях традиционных источников энергии нетрадиционными.

Многообразие форм осуществления энергосбережения обуславливает необходимость участия в этом процессе специалистов разных областей народного хозяйства, в том числе энергетиков, экономистов, архитекторов, строителей. Исходя из этого рассмотрение связанных со сбережением топлива и энергии явлений, характеристик, параметров, методов и т.д. требует знания терминологии различных наук. С одними из терминов студенты должны познакомиться в процессе изучения смежных дисциплин, определение других дано в настоящем пособии, в том числе в прил. 1.

Как показывает международный опыт, переход к энергосберегающему производству и образу жизни в разных странах мира сталкивается с немалыми трудностями и требует не только осуществления технических решений, но и формирования нового мышления. Статьей 17 ФЗ “Об энергосбережении” предусмотрена необходимость включения в учебные программы среднего и высшего профессионального, а также послевузовского образования основ энергосбережения и исходных положений применения нетрадиционных источников энергии.

Используя учебное пособие “Основные аспекты территориального энергосбережения”, студенты смогут решить следующие задачи:

- узнать основы территориального энергосбережения и его нормативно-законодательное обеспечение;
- ознакомиться с энергетическими проблемами Дальневосточного экономического района и России в целом на современном этапе;
- определить структуру потенциала энергосбережения и направления его извлечения в основных сферах экономики регионов;
- выявить вероятные запасы возобновляемых источников энергии и принципы их использования;
- рассмотреть важные направления энергосбережения в городской среде;
- познакомиться с принципами проектирования зданий с эффективным использованием энергии;
- изучить и закрепить методы технико-экономического обоснования энергосбережения в здании при курсовом и дипломном проектировании.

Основная цель учебного пособия — сформировать у студентов — архитекторов и строителей — стратегическое мышление в области энергосбережения, необходимое для проектирования и возведения архитектурно-строительных объектов, а экономистов — для оценки эффективности инженерных вариантов при решении конкретных задач по экономии энергоресурсов на объектах городского хозяйства; развить у студентов — экономистов, архитекторов и строителей — способность представлять себе локальную проблему и предвидеть последствия инженерных решений по экономии энергии в будущем.

Автор приносит благодарность проф. кафедры архитектуры ХГТУ Т. И. Подгорной за полезные советы и рекомендации, сделанные в процессе работы над учебным пособием.

1. ОСНОВЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ, ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

1.1. Энергосбережение: понятие и цели

Топливо-энергетические ресурсы играют важнейшую роль в функционировании всех территориальных структур России, обеспечивая как инфраструктуру человеческого бытия, так и развитие материального базиса расширенного воспроизводства товаров и услуг. Поэтому сбережение энергоресурсов является необходимым условием решения большинства энергетических, социально-экономических, экологических и других проблем в регионах страны. Не во всех субъектах Российской Федерации сосредоточены запасы ТЭР, но все они на современном этапе экономического развития обладают значительным потенциалом энергосбережения.

Производители топлива и энергии, в основном монополии, используя свое влияние в государственных и финансовых структурах, ориентируют национальную экономику на сохранение сильной зависимости от ТЭК. Однако известно, что энергоёмкость отечественного ВВП в 3 – 4 раза выше, чем в большинстве развитых и развивающихся стран. Ряд факторов, таких как северное географическое расположение России, высокие затраты на транспорт вследствие обширности территории, утяжеленная структура хозяйства в связи с высокой долей добывающих отраслей и тяжелого машиностроения, нерациональное использование ТЭР способствовали повышенному уровню энергопотребления в народном хозяйстве России. В условиях кризиса и падения производства имеющиеся мощности ТЭК позволяли обеспечивать потребности экономики в топливе и энергии. Рост национального промышленного производства при сохранении его энергоёмкости и существенной изношенности основных фондов энергетики может привести к несоответствию предложения энергоресурсов их увеличивающемуся спросу, к энергетическому кризису.

Наиболее эффективным путем повышения энергетической безопасности страны является интенсификация энергосбережения во всех сферах народного хозяйства, а не наращивание энергетических мощностей. Экономия 1 тонны условного топлива требует в 2 – 3 раза меньше инвестиций, чем на её дополнительную добычу и перевозку. Кроме того, каждый процент экономии энергоресурсов обеспечивает прирост национального дохода на 0,35 – 0,4 % [15].

Под энергосбережением автором понимается процесс, характеризующийся снижением удельного конечного энергопотребления, эффективным использованием первичных (природных) невозобновляемых энергоресурсов, вовлечением в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии с целью сохранения невозобновляемых энергетических ресурсов, экосистемы, энергетической безопасности России для экономического развития и повышения благосостояния населения страны. В процессе производства материальных благ и услуг потребляется та часть энергии, которая способна совершить работу. Следовательно, энергосбережение сводится не только к физической экономии топ-

лива и энергии, но и к обеспечению условий для максимального их использования.

Энергия широко вошла во все сферы жизнедеятельности человека, поэтому энергосбережение является чрезвычайно многоплановым процессом. В зависимости от области его реализации меняются факторы, определяющие характер протекания процесса, методы воздействия и их результативность. Неизменным остается объект сбережения — топливно-энергетические ресурсы. ТЭР наряду с трудом, капиталом и землей являются факторами производства. По сравнению с другими материальными ресурсами им свойственны специфические черты: теоретическая взаимозаменяемость различных видов топлива и энергии; комбинированный характер некоторых процессов; уникальность использования топливно-энергетических ресурсов; непрерывность, а часто и совпадение во времени процессов производства, транспортирования и потребления. Выделенные особенности стали предпосылкой для определения общего объема и структуры ТЭР в едином измерителе — т.у.т., удобном для составления топливно-энергетического баланса (ТЭБ), оценки потенциала энергосбережения [15].

Технологические особенности и организационная структура производства и потребления ТЭР обусловили выделение взаимосвязанных стадий их воспроизводства: добычу первичных энергоресурсов, облагораживание, переработку и преобразование одних видов энергии в другие, транспортировку, конечное использование всех видов энергетических ресурсов (рис. 1). На каждой из отмеченных стадий топливно-энергетического баланса (ТЭБ) формируется потенциал энергосбережения (п. 2.1).

Представление энергетического хозяйства как системы в общей экономической системе (рис. 1) позволяет: комплексно оценить народно-хозяйственную эффективность энергоиспользования; изучить причинно-следственные связи рационального потребления ТЭР; выделить два направления сбережения топлива и энергии — при производстве энергетических ресурсов и при их потреблении; выявить субъекты экономики, которые могут обеспечить достижение основных целей энергосбережения.

Ключевая энергетическая проблема отражает противоречие между высокой энерго- и материалоемкостью производительных сил и быстрым ростом затрат в отраслях ТЭК. Условия осуществления энергосбережения и эффект от его реализации определяются, с одной стороны, особенностями энергетики и его продукции, а с другой стороны, темпами и пропорциями всего народного хозяйства. В этой связи решение проблемы сбережения ТЭР зависит не только от энергетиков, все потребители энергоресурсов, от крупнейших промышленных комплексов до домохозяйств, должны способствовать повышению народно-хозяйственной результативности энергосбережения. В современных условиях значительно повысилась роль в интенсификации энергосбережения экологического фактора. Вместе с тем от успешного решения рассматриваемой проблемы зависят состояние природной среды и пропорции распределения материальных благ и трудовых ресурсов по отраслям экономики, а следовательно, темпы повышения благосостояния и качества жизни населения страны [12].

Сбережение топливных и энергетических ресурсов, следовательно, не является самоцелью, классические цели энергосбережения — это экономичность и надежность энергоснабжения. В последние годы наряду с указанными целями приходится считаться с нарастающим общемировым экологическим кризисом и оценивать социальный эффект территориального энергосбережения. Тогда пирамида целей может быть представлена в виде схемы (рис. 2), согласно которой энергосбережение (уровень 5) подчинено целям более высокого порядка (уровни 0 – 4).

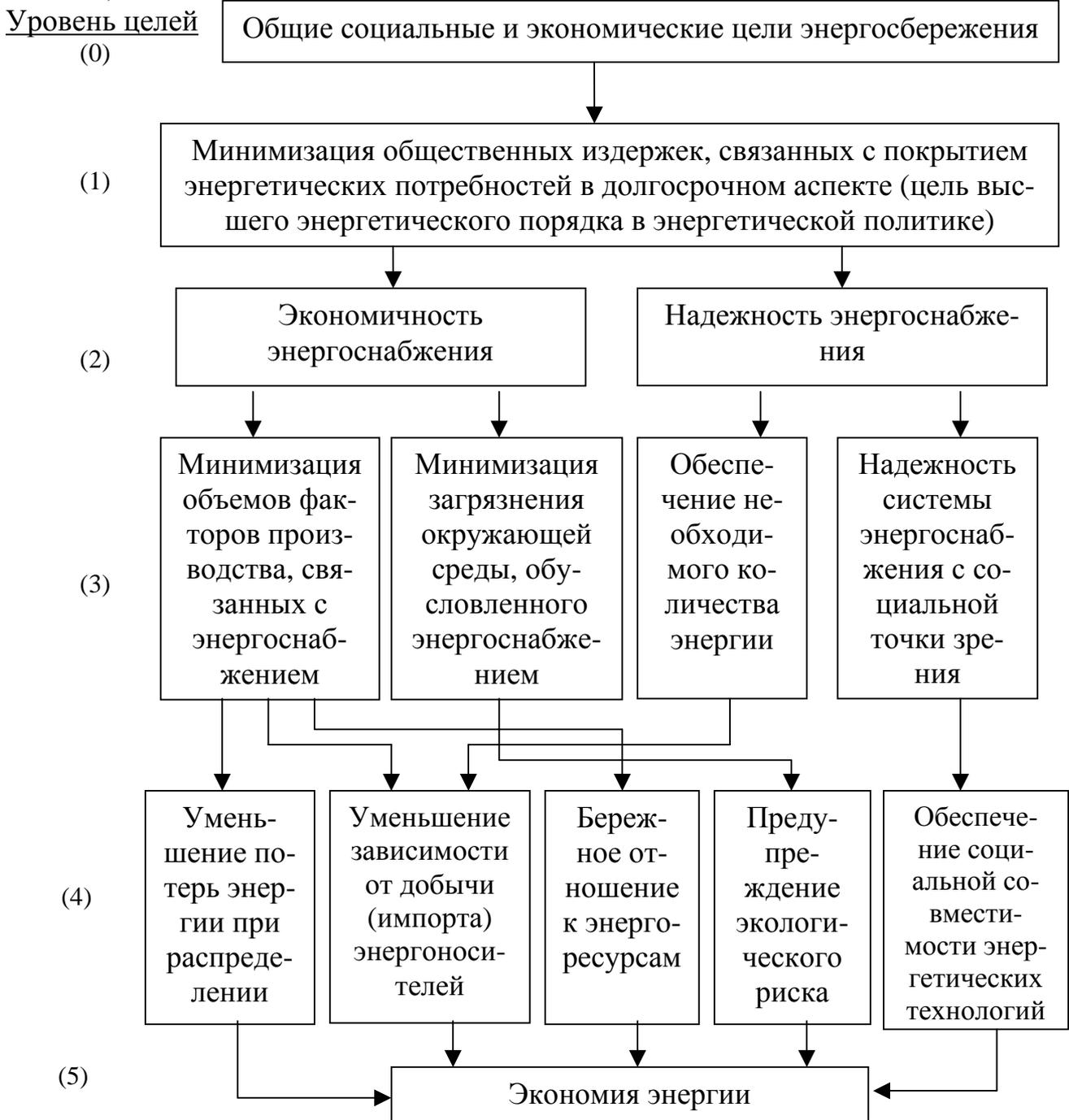


Рис. 2. Ранжирование целей территориального энергосбережения
 Источники: [48]; Касимов Л.Н., Шаньгин Е.С. Технология ресурсосбережения. — Уфа: Уфимский технологический институт сервиса, 1998. — 284 с.

1.2. Территория как основа комплексного энергосбережения

Неэффективность действующих ранее механизмов энергосбережения заставляет искать решение проблемы в новых подходах. И здесь существенной составляющей политики энергосбережения представляется территориальный аспект. Формируемые сегодня рыночные условия создают благоприятную почву для создания и реализации механизмов территориального управления сбережением топлива и энергии.

Результативность энергосбережения в регионах зависит от возможности и умения выявлять, предвидеть и нейтрализовать неблагоприятные факторы, воздействующие на него. Это обуславливает необходимость исследования основных аспектов территориального энергосбережения, исходными понятиями которого являются “территория” и “энергосбережение”.

Понятие “территория” считается одним из фундаментальных в науках, изучающих пространственные аспекты развития общества. Как правило, под территорией понимают ограниченную часть твердой поверхности Земли, обладающую определенной площадью, географическим положением и другими признаками [17]. Однако при изучении социально-экономических процессов и явлений необходимо подчеркнуть связь между понятием “территория” и категориями “природные ресурсы”, “население”, “хозяйство”. С учетом этой взаимосвязи территорию “следует представлять как комплексный ресурс, включающий площадку земной поверхности с проецируемыми на нее природными (участки воздушного бассейна, акватории, недр, почв, растительности и т.д.) и антропогенными (здания, сооружения, коммуникации и др.) ресурсами” [30].

Каждая территория может одновременно или последовательно выполнять множество функций. Ограничением на совмещение этих функций является эффективное формирование всей территориальной системы “природа – население – хозяйство” по совокупности экономических, социальных, экологических, энергетических и других критериев оценки. Чрезмерная величина территории и неоднородность по различным признакам определяют необходимость ее членения на части — регионы, городские и сельские поселения, рекреационные зоны и т.д., и ранжирования критериев ее оценки в соответствии с целями исследования. С точки зрения изучения энергетических процессов основным критерием оценки является потенциал энергосбережения в различных территориальных системах.

Представление территории в качестве комплексного ресурса требует ответственного подхода к территориальному энергосбережению. Комплексность в пространственной организации жизненной среды проявляется в необходимости одновременного учета различных, порой противоречивых, требований, обусловленных природными, экономическими, социальными, экологическими, энергетическими и другими факторами и условиями. При этом комплекс задач энергосбережения, требующих решения архитектурно-строительными методами, усложняется по мере перехода от одного иерархического уровня к другому — от здания к жилому микрорайону или рекреационной зоне, от мик-

рорайона к городу, от города к региону и т.д. В зависимости от уровня решаемых задач изменяется диапазон возможных мероприятий по регулированию энергопотребления, в частности:

- для рекреационных зон — это отдельные мероприятия по энергосбережению, включающие архитектурные и строительные решения при проектировании и реконструкции капитальных и временных зданий и сооружений, при размещении в пространстве объектов, передающих и потребляющих энергию, а также эксплуатационные организационно-технические меры;
- в городской среде — это комплекс градостроительных, организационных, технических, экономических и других мер у потребителей энергоресурсов: на объектах городского хозяйства (ЖКХ, общественный транспорт, сфера услуг и т.д.) и промышленности, а также в энергетическом хозяйстве.
- для региона в целом необходим системный подход извлечения потенциала энергосбережения на всех этапах жизненного цикла энергоресурсов (рис. 1), свойственных данной территории. Комплекс мер по реализации этого потенциала хозяйственными и социальными структурами территорий отличается широтой и разноплановостью, включает пространственный и отраслевой аспекты, цели которых зачастую не совпадают.

Потенциал территориального энергосбережения определяется уровнем использования и освоения территории и раскрывается через следующие показатели: заселенность территории, ее культурно-хозяйственное использование, уровень развития транспортной сети, энергоэффективность и оптимальность размещения жилищно-коммунальных и хозяйственных объектов.

На всех этапах развития общества уровень развития производительных сил, как известно, определяет формы пространственной организации жизненной среды. В современных условиях хозяйствования быстрое развитие науки и техники, а также интенсификация, узкая специализация и пространственная дифференциация производства ведут к усложнению экономической зависимости поселений и регионов друг от друга, все большему разнообразию территориальной организации среды. В зависимости от пространственной структуры поселений, их хозяйственной специализации, процессов урбанизации меняется и характер территориального энергопотребления.

Сегодня основными потребителями энергоресурсов в России являются города. В общем энергопотреблении их доля достигает 80 % [49]. В современном городе концентрируется большинство видов социально-экономической деятельности с различными затратами топливно-энергетических ресурсов. Уровень энергопотребления зависит от численности населения и образа его жизни, размера и компактности города (архитектурно-планировочных решений, типа застройки, системы отопления, транспортной оснащенности), хозяйственной специализации (добывающая, обрабатывающая промышленность, сфера услуг), состояния объектов жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) и т.д.

Между величиной города и отраслевой структурой его производственного комплекса существует тесная связь: в малых и средних городах размещается добывающая промышленность, в крупных и крупнейших городах — отрасли

обрабатывающей промышленности. Различия в отраслевой структуре сказываются и на уровне энергопотребления в городах разной величины.

В производственной сфере основными методами энергосбережения являются структурная перестройка и внедрение энергосберегающих технологий (п. 2.2). Однако немаловажная роль в экономии топлива и энергии принадлежит рациональному размещению предприятий в городской застройке относительно друг друга и источников энергии и целенаправленному формированию производственных комплексов (п. 3.2).

Здания являются элементом городского хозяйства. Они представляют собой неотъемлемые элементы функционирования материального производства и объекты жизнеобеспечения населения. Поэтому уровень энергопотребления при эксплуатации зданий сказывается на производственно-хозяйственных показателях всех отраслей экономики и на уровне социально-экономического развития территории в целом. Следовательно, здания выступают в качестве значимых объектов территориального энергосбережения (разд. 3; 4).

Таким образом, территория (город, регион, административно-территориальная единица, рекреационная зона и т.д.) является базисом размещения производительных сил и объектов социального назначения, что определяет ее ведущую роль в осуществлении энергосбережения. При этом территориальное энергосбережение можно рассматривать:

- как источник энергии, поскольку энергоносители удастся заменить мерами экономии и сохранить невозобновляемые источники энергии;
- ресурс для возвращения возможных инвестиций в развитие региона;
- фактор смягчения социальных проблем в регионе (особенно при переходе на полную оплату энергоносителей в ЖКХ);
- источник повышения благосостояния населения;
- фактор уменьшения экологического ущерба энергетическими объектами [3; 15; 48].

Системное осуществление территориального энергосбережения представляет собой сложную, многоотраслевую и долговременную задачу. Эффективность её решения определяется принятой на федеральном и региональном уровнях стратегией, которая должна включать четыре основных блока:

- нормативно-правовое обеспечение, основные положения которого рассмотрены в параграфе 1.3;
- технологическое направление — внедрение современных энергоэффективных материалов, оборудования, технологий и технических решений в процессах производства и потребления энергии (см. п. 2.2; разд. 4);
- организационно-технические меры — энергоаудит, авторский надзор, контроль и учет расходования топлива и энергии, мероприятия по снижению потерь энергии в процессе эксплуатации; энергоэффективное проектирование и застройка городов, размещение предприятий производства и услуг и т.д. (разд. 3; 4);
- экономические мероприятия: оценка и учет потенциала энергосбережения (п. 2.1); создание экономического механизма управления энергосбережени-

ем, включающего систему гибких цен и тарифов на энергоносители, налоговую политику, систему финансовых отношений, льготные и штрафные санкции соответственно за экономию и перерасход энергии; методы обоснования эффективности энергосбережения (разд. 5) и т.п.

1.3. Политика энергосбережения в России

В бывшем СССР не существовало закона, регламентирующего отношения в области энергетики и предусматривающего целенаправленную политику энергосбережения. Вся система топливно-энергетического комплекса управлялась по вертикальной иерархии из единого центра на основе внутриведомственных нормативных документов без участия в этом процессе всех заинтересованных сторон. Не произошло ожидаемого саморегулирования процесса сбережения топлива и энергии в результате экономических реформ. Расширение прав субъектов Российской Федерации и форм собственности потребовало изменения такой практики.

Опыт экономически развитых стран показывает, что они добились значительных успехов в повышении эффективности использования энергоресурсов как за счет опоры на рыночные механизмы, так и путем своевременного законодательного обеспечения энергосбережения. В частности, один из первых законов в мире по энергосбережению был принят в ФРГ еще в 1976 г. [23]. В США за последние 20 лет принято 42 федеральных закона, направленных на регулирование энергетического сектора, более половины из которых имели целью повышение энергоэффективности [3].

Для преодоления негативных процессов повышения энергоемкости отечественной продукции работа по созданию нормативно-методической базы энергосбережения с середины 90-х гг. осуществляется на трех уровнях: федеральном, региональном, отраслевом, которые включают как общие, так и специфические принципы. Правовое пространство, внутри которого пересекаются интересы, ответственность, права, юрисдикция органов управления федерального, отраслевого и территориального уровней, представляет собой сложную многомерную и неоднородную структуру (рис. 3).

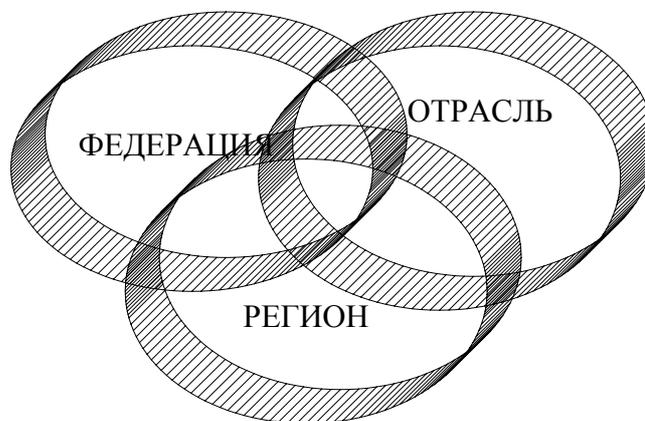


Рис. 3. Пространство пересечения интересов Федерации, отрасли, региона

На федеральном уровне были сформированы основы российской нормативно-законодательной базы, начиная с “Энергетической стратегии России” до федерального закона “Об энергосбережении”, федеральной целевой программы (ФЦП) “Энергосбережение России на 1998 – 2005 гг.” и “Основных положений энергетической стратегии России на период до 2020 года”. Перечень основных нормативно-законодательных документов и краткое их содержание приведены в прил. 2.

Основным законом в рассматриваемой области является федеральный закон “Об энергосбережении” (ФЗЭ). Он структурно включает 19 статей, объединенных в семь глав:

1. Общие положения.
2. Стандартизация, сертификация и метрология в области энергосбережения.
3. Основы государственного управления энергосбережением.
4. Экономические и финансовые механизмы энергосбережения.
5. Международное сотрудничество в области энергосбережения.
6. Образование и подготовка кадров. Пропаганда эффективного использования энергетических ресурсов.
7. Ответственность за нарушение положений настоящего ФЗЭ.

Основными принципами государственной политики энергосбережения в ФЗЭ признаны: приоритет эффективного использования энергетических ресурсов; обязательный учет получаемых или производимых энергетических ресурсов; включение в государственные стандарты показателей энергоэффективности энергетического оборудования, приборов, материалов и т.п.; сочетание интересов всех участников энергосбережения. Стандартизация и нормирование параметров энергетического оборудования и внутренней среды помещений, показателей теплозащиты зданий и энергоэффективности строительных материалов, скорости транспортных средств и т.д. являются важным и уже практически используемым регулятором энергосбережения.

На государственном уровне впервые отмечена важная роль информационного обеспечения, образования и подготовки кадров в области энергосбережения. Без достоверной и своевременной информации невозможно составить эффективные программы по энергосбережению, определить его потенциал в отдельных сферах экономики, выбрать наиболее целесообразные методы его реализации и наиболее эффективные проектные решения, задействовать такой важный фактор экономии энергоносителей как поведенческий.

Достижением ФЗЭ стало разграничение функций в области энергосбережения между Российской Федерацией и ее субъектами. В ведении федеральных органов находятся общенациональные вопросы эффективного использования ТЭР. Деятельность регионов в сфере энергосбережения не ограничена, они самостоятельно решают вопросы, обеспечивая реализацию полномочий Российской Федерации в этой сфере. К совместному ведению Российской Федерации и ее субъектов относится часть вопросов межрегионального характера.

Между тем следует отметить, что ФЗЭ во многом носит декларативный и поощрительный характер. Он не подкреплен соответствующими механизмами

реализации, не предусматривает должных экономических стимулов и санкций, "...из 19 статей Закона...9 ссылаются на нормативные акты, часть из которых еще предстоит создать"[22]. ФЗЭ не дает общих рекомендаций по вопросам региональной политики. Он не стал юридическим основанием для начала работы по определенной схеме в области энергосбережения на местах, что вызывает необходимость разработки нормативно-правовой основы этой деятельности в каждом регионе.

Поскольку развитие народно-хозяйственного комплекса отдельного региона обусловлено, с одной стороны, территориальными условиями и особенностями, с другой – отраслевой спецификой, постольку политика энергосбережения в регионах определяется правовой базой субъектов Российской Федерации и концепциями в этой сфере всех отраслей экономики.

На региональном уровне в последние годы активизировалась законодательная и административная деятельность по регулированию энергосбережения. Так, по данным на 1999 г. в 22 регионах приняты законы об энергосбережении, в 34 они находятся на стадии принятия [14]. В регионах издаются постановления и разрабатываются программы в области энергосбережения, формируются фонды и органы управления этим процессом. Для совместной деятельности регионов и продвижения на места высокоэффективной энергосберегающей техники и технологий в субъектах Российской Федерации создаются центры по энергосбережению.

В отдельных сферах экономики в последние годы уделяется серьезное внимание формированию нормативно-методической базы повышения энергоэффективности (прил. 2). Отраслевой принцип энергосбережения был положен в ФЦП "Энергосбережение России на 1998 – 2005 гг.", включающую пять подпрограмм, в т.ч. в жилищно-коммунальном хозяйстве, в ТЭК, в энергоемких отраслях промышленности (прил. 2). Выделение именно этих сфер экономики в ФЦП объясняется наличием в них значительного потенциала энергосбережения, оценка которого дана в параграфе 2.1.

Для реализации этого потенциала при поддержке и непосредственном участии Минтопэнерго России разрабатываются: отраслевые программы по энергосбережению — в 26 федеральных министерствах приняты соответствующие программы, в 20 министерствах они еще на стадии разработки [14]; показатели, регулирующие эффективность энергопотребления, включаемые в состав ГОСТов; концепция развития промышленной базы по производству приборов учета и контроля расхода энергии и т.п.

Строительный комплекс и ЖКХ. Изменение приоритетов в энергетической стратегии России способствовало и активизации энергосбережения в строительстве. Ведущая роль в этом в рассматриваемых отраслях принадлежит Госстрою РФ, издавшему ряд постановлений в области энергосбережения в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в частности — это "Основные направления реконструкции и капитального ремонта жилых зданий", "Об экономии энергоресурсов при проектировании и строительстве", "О теплозащите строящихся зданий и сооружений" (прил. 2). В последние годы при-

няты “Основные направления и механизм энергоресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве Российской Федерации”, Государственная программа “Жилище”; Федеральная подпрограмма “Структурная перестройка производственной базы строительства на 1998 – 2000 гг.”, программа “Малая энергетика городов и поселков России” (прил. 2) и т.д.

Узловыми точками снижения энергопотребления в ЖКХ и строительстве в отмеченных документах являются: структурная перестройка в строительной отрасли; использование достижений научно-технического прогресса при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий, при производстве энергосберегающих строительных материалов, конструкций и оборудования; повышение теплозащитных качеств ограждающих конструкций зданий; стимулирование экономии энергоносителей населением; применение возобновляемых источников энергии.

Согласно существующей в России практике проектирования и строительства строительные нормы и правила (СНиП) являются обязательными для исполнения всеми организациями, поэтому важной вехой в решении проблемы энергосбережения в зданиях стали “Изменения № 3 и 4” к СНиП II-3-79* “Строительная теплотехника”. Согласно последней редакции этих норм более чем в 3 раза повысились теплотехнические требования к наружным ограждающим конструкциям отапливаемых зданий и сооружений при их строительстве и реконструкции. Это в перспективе может привести к снижению энергопотребления при последующей эксплуатации этих объектов до 40 % по сравнению с существующим строительным фондом.

В итоге отметим, что федеральная нормативно-законодательная база, с одной стороны, является стержнем энергосберегающей политики и может устанавливать рамочные условия для всего спектра факторов, влияющих на энергосбережение. С другой — недостаточная результативность общероссийских законов, постановлений и программ тормозит реализацию мер по экономии топлива и энергии на местах. Регионализация энергосбережения дает возможность учитывать местные условия и интересы территорий, но добавляет административным структурам субъектов Федерации к энергетическим проблемам (п. 1.4) ряд законотворческих, организационных, экономических и других проблем в условиях недостатка информации и высокопрофессиональных кадров в области энергосбережения.

1.4. Узловые энергетические проблемы территорий

Децентрализация экономических и структурных процессов в стране привела к формированию самостоятельных субъектов регионального энергетического рынка при сохранении определяющего влияния федеральных структур. Однако региональный энергетический рынок не приобрел устойчивого характера, вследствие чего ТЭК носит все больше компенсационный характер, что выражается в увеличении энергетических проблем. Основные из этих проблем, рассмотренные в работах [3; 19; 20; 27; 28; 33; 39; 44; 50], включают:

- негативные тенденции в топливно-энергетическом комплексе;
- критическую ситуацию в системах теплоснабжения;
- загрязнение окружающей среды объектами энергетики.

1.4.1. Негативные тенденции в топливно-энергетическом комплексе

ТЭК сегодня удовлетворительно обеспечивает потребности экономики России в топливе и энергии. Однако уменьшение производства энергоресурсов на фоне других негативных процессов в энергетике, экономического кризиса и высокой энергоемкости народного хозяйства может существенно снизить энергетическую безопасность страны на этапе выхода ее экономики из кризиса.

Энергоснабжающие системы страны функционально объединяют в единую общеэнергетическую систему отрасли: топливную (нефтяную, нефтеперерабатывающую, газовую и угольную промышленность), электроэнергетику, ядерную энергетику [15]. Современное состояние и возможности развития этих отраслей существенно различаются. За время экономических реформ добыча топлива в России существенно снизилась. Так, добыча нефти и природного газа в 1999 г. относительно 1990 г. составляла 59 %, угля — 63¹.

В *нефтяной промышленности* отмечается наиболее тревожное положение из-за сокращения и качественного ухудшения сырьевой базы, снижения коэффициента извлечения нефти. С 1994 г. объемы добычи нефти компенсировались приростом запасов не более чем на 70 %. Доля трудноизвлекаемых запасов с низким дебитом скважин (менее 10 т/сут) составляет 55 – 60 % и продолжает расти. Средний запас нефти на уникальных месторождениях Западной Сибири и Урало-Поволжской нефтегазоносной провинции неуклонно снижается. При этом в последние годы не было открыто ни одного крупного высокопродуктивного месторождения. Из нефтеносных пластов, разрабатываемых с применением традиционных технологий, извлекается не более 25 – 40 % содержащейся в них нефти [29; 44].

В *нефтеперерабатывающей промышленности* более 80 % технологических установок морально устарели. Отрасль остро нуждается в реконструкции. Глубина переработки нефти не превышает 65 %, в то время как в промышленно развитых странах величина этого показателя составляет 85 – 90 % [44]. По этой причине продукция отечественных нефтеперерабатывающих заводов неконкурентоспособна на мировом рынке.

В *газодобывающей промышленности* ситуация менее тревожная. С 1997 г. непрерывно повышается доля газа в энергетическом балансе страны, растет его добыча. В то же время большинство уникальных месторождений вступили или в ближайшем будущем вступят в этап падающей добычи. Сегодня имеются возможности нарастить производство газа на Ямбургском месторождении, открыты крупнейшие месторождения на шельфах Баренцева, Охотского и Кар-

¹Российский статистический ежегодник: Стат.сб. — М.: Госкомстат, 2000. – С. 320.

ского морей и др. Однако для их освоения потребуются значительные заемные средства, так как предполагается, что замыкающие затраты на природный газ увеличатся к 2005 г. в 2,5 – 3 раза [36].

Угольная промышленность России располагает достаточной сырьевой базой. Негативная роль в этой сфере энергетики принадлежит четырем взаимосвязанным факторам: выходу из строя производственных мощностей, обусловленному старением шахтного фонда и закрытием убыточных шахт и разрезов; резкому увеличению железнодорожных тарифов, что сделало уголь практически местным топливом; снижению платежеспособного спроса потребителей; низкому техническому уровню применяемых транспортных средств и оборудования, в результате чего производительность труда при шахтной добыче угля в России примерно в пять раз ниже, чем в США [44].

Основой *электроэнергетики* России на ближайшие 20 лет останутся тепловые электростанции. Объем производства энергии соответствует в настоящее время ее спросу в народном хозяйстве. С учётом сложной ситуации в топливдобывающих отраслях и ожидаемого роста спроса на электрическую энергию (рост составит 21 – 35 % в период до 2010 г и 40 – 80 % — до 2020 г.) обеспечение электростанций топливом становится одной из сложных проблем в энергетике. Кроме того, для поддержания производственного потенциала электроэнергетической отрасли и компенсации выбывающих мощностей требуется ежегодно вводить до 5 – 6 млн кВт, а после 2005 г. — не менее 7 – 8 млн кВт. В настоящее время ввод новых мощностей не превышает 1 – 2 млн кВт [29; 44]. Неотложной задачей отрасли является развитие и совершенствование систем теплоснабжения страны.

В *атомной энергетике* основная задача — строительство новых АЭС и обеспечение их безопасности и надежности. Намечается введение в строй в 2000 – 2010 гг. 5 ГВт атомных энергоблоков (двух блоков на Ростовской АЭС и по одному — на Калининской, Курской и Балаковской станциях) и новое строительство 5,8 ГВт атомных энергоблоков.

В целом для энергетики негативные факторы воспроизводства ТЭР усугубляются высокой степенью износа энергетического оборудования на фоне неблагоприятного инвестиционного климата в стране. По оценкам экспертов, физический износ оборудования составляет: в газовой промышленности более 33 % производственных фондов; в электроэнергетике и нефтедобыче — 50; в угольной промышленности — почти 60; в нефтепереработке — около 80. Мировому уровню в топливдобывающих отраслях России отвечает не более 15 % оборудования [44]. Кардинально изменить ситуацию в ТЭК сегодня не представляется возможным, так как капиталобразующие инвестиции за годы реформ в России сократились почти в 5 раз¹.

Имеет место ухудшение технико-экономических показателей деятельности энергетики в целом. Это проявляется в опережающем росте цен на энерго-

¹ Дулич В.А. Восстановление и развитие реального сектора экономики требует крупномасштабных инвестиций // Промышленное и гражданское строительство. — 1999. — № 2. — С. 21–23

ресурсы, в увеличении численности занятого в ТЭК персонала, в снижении производительности труда в отраслях энергетики (табл. 1). Повышаются уровни энергетических потерь, полезный отпуск энергии составляет менее 40 % [20]. Уровень заработной платы персонала в отрасли растет за счет повышения тарифов на энергию, в то время как, например, в Венгрии, в Великобритании основными факторами увеличения абсолютного размера заработной платы является рост физического объема производства [43].

Таблица 1

Основные показатели деятельности отраслей промышленности в России
(1998 г. к 1990 г., %)

Отрасли	Цены	ВП	ЧППП	ПТ
Всего по 10 отраслям промышленности	102,3	41,7	60,8	68,5
В том числе:				
Электроэнергетика	204,4	75,3	155,0	48,6
Топливная промышленность	129,3	66,8	97,1	68,9
В том числе:	Нет	67,6	184,6	36,6
нефтедобыча	свед.			
нефтепереработка	— “ —	63,2	115,6	54,6
газовая	— “ —	84,9	166,9	50,8
угольная	— “ —	66,1	69	95,8

Источник: Российский экономический журнал. — 2000. — № 2. — С. 17 — 28.

Примечание: ВП – выпуск продукции; ЧППП – численность промышленно-производственного персонала; ПТ – производительность труда.

В Дальневосточном экономическом районе ТЭК является главным звеном в экономике регионов. Это можно объяснить, с одной стороны, суровыми климатическими условиями, с другой — энергоемкой структурой промышленного производства, сформированной в дореформенный период развития народного хозяйства и рассчитанной на широкое взаимодействие с энергоизбыточными территориями Дальнего Востока и Сибири.

Выявленные ресурсы первичной энергии в регионе способны обеспечить производство первичных и преобразованных энергоносителей, превышающих максимальные уровни внутреннего энергопотребления: по углю — в 830 раз, нефти — 35, природному газу — 785, гидроэнергии — 90, суммарным ресурсам — 380 раз [47]. Однако ресурсные возможности природной энергии на Дальнем Востоке в значительной мере носят потенциальный характер, что вызвано размещением их в суровых, наименее освоенных и труднодоступных районах. Современные экономические условия и резкое сокращение капитальных вложений (объем инвестиций в ТЭК ДВ в 1997 г. уменьшился по сравнению с инвестициями конца 80-х гг. примерно в 8—10 раз [19]) не позволяют ожидать фронтального наступления на недостаточно освоенные территории и резкого увеличения добычи и производства энергоносителей в регионе. Главной задачей становится сохранение и укрепление существующей энергетической базы.

Анализ статистических показателей и данных Регионального управления (РУ) «Севвостокэнергонадзора» показал, что для энергетики Дальнего Востока характерны следующие проблемы:

- неблагоприятная структура топливно-энергетического баланса, которая основана на потреблении 71 % угля и 8 % природного газа, в европейских районах России доля природного газа составляет более 70 – 80 % [44; 45. Т. 2];
- высокая транспортная составляющая в тарифах на энергоносители — 53 % стоимости топлива;
- рост коммерческих потерь в структуре потребления электроэнергии в сетях общего пользования, а также потерь тепловой энергии. Наибольший рост потерь в 2000 г. по сравнению с предыдущим годом отмечался в ОАО «Камчатскэнерго» — на 31,9 %, в ОАО «Сахалинэнерго» — на 28,6 %. Увеличился технологический расход энергии на передачу электроэнергии в сеть на 20,6 %.
- использование непроектного топлива на ТЭЦ, снижение эффективности его использования и низкий уровень эксплуатации энергетического оборудования;
- физический износ энергетического оборудования и тепловых сетей до 60 – 70 %, неудовлетворительное состояние и несвоевременное восстановление теплоизоляции трубопроводов, наличие утечек пара и воды;
- недостаточная надежность электро- и топливоснабжения вследствие нестабильных поставок топлива и незначительного ввода энергетических мощностей взамен изношенных;
- слабое государственное финансирование ТЭК, снижение оборотных средств на предприятиях энергетики;
- ухудшение технико-экономических показателей деятельности энергетики;
- неплатежи за потребленные топливо и энергию.

Эффективность использования энергии на Дальнем Востоке, по оценкам экспертов, на 15 – 20 % ниже, чем в среднем по России, и на 40 – 45 % ниже чем в США. Во всех отраслях народного хозяйства сформировался значительный потенциал энергосбережения, составляющий 40 – 45 % от суммарного энергопотребления. При реализации имеющегося теоретического потенциала энергосбережения во всех сферах экономики Дальний Восток длительное время мог бы развиваться без прироста душевого энергопотребления [33].

В заключение следует отметить, что ТЭК играет особую роль в обеспечении устойчивого развития экономики, в решении социальных и экологических проблем, экономическом и политическом взаимодействии России с другими странами. Эта роль еще более увеличилась в период реформирования экономики страны, когда достаточно четко проявилась возможность энергетики не только ускорять, но и тормозить экономическое развитие страны. Производство в отраслях энергетики низкое по техническому и высокое по затратному уровню имеет возможность вызывать инфляцию. Высокие цены на топливо и энергию способствуют росту энергетической составляющей в промышленной про-

дукции, что обуславливает снижение конкурентоспособности отечественной продукции на внутреннем и внешнем рынках. Повышение стоимости единицы энергетической продукции увеличивает на 5–6 рублей цены на конечную продукцию за счет цепных производственных связей [13].

Для удовлетворения спроса на энергетические ресурсы требуется освоение все более капиталоемких способов их добычи и производства, новых технологий их преобразования, транспортирования и использования. В этих условиях рост внутреннего спроса на энергетические ресурсы может поставить под сомнение надежность энергоснабжения в ряде регионов. Стратегия энергосбережения при этом является приоритетным направлением снижения нагрузки на энергосистему, а следовательно, и повышения энергетической безопасности территорий.

Наиболее запущенной сферой энергетики России как в техническом и экономическом плане, так и с позиции экологии является теплоснабжение.

1.4.2. Критическое состояние систем теплоснабжения

В связи с переходом на новые условия хозяйствования, с появлением различных форм собственности, с отказом от централизованного финансирования систем теплоснабжения и объектов теплового хозяйства проблема выявления негативных составляющих функционирования и развития систем теплоснабжения приобретает особую значимость для регионов.

Характеризуя систему теплоснабжения городов России, следует заметить, что до 70 % тепловой энергии производится в системах централизованного теплоснабжения (на ТЭЦ в комбинированном цикле и в котельных), 15 % — в децентрализованных системах, к которым условно отнесены системы мощностью менее 20 Гкал/ч, еще 15 % — индивидуальными котельными и теплогенераторами. Теплоснабжение является самой топливоемкой структурой энергетического сектора России. В нем расходуется более 400 млн т у.т. в год, или 44 % от общего их потребления в стране [26].

Небольшие котельные, оснащенные, в основном, технически устаревшим оборудованием, и индивидуальные отопительные установки, как правило, неэкономичны по использованию топлива и редко составляют конкуренцию системам централизованного теплоснабжения (СЦТ). Высокая эффективность обеспечения потребителей тепловой энергией от СЦТ достигается за счет высоких технико-экономических характеристик выработки тепла комбинированным способом, при котором экономится около 20 млн т у.т. в год [39]. Однако ряд нижеперечисленных причин снижает преимущества централизованного теплоснабжения:

1. Техническая оснащенность систем теплоснабжения и технологические решения при строительстве тепловых сетей соответствуют мировому уровню 1960 г., при этом резко увеличились радиусы теплоснабжения и диаметры труб [44], а также износ наружных трубопроводов, достигающий в настоящее время 60 – 70 % [1].

2. Качество металла теплопроводов, теплоизоляция, запорная и регулировочная арматура и т.п. значительно уступают зарубежным аналогам. Из-за низкого качества теплоизоляции трубопроводов теряется по различным оценкам от 15 до 20 % тепла, 10 – 15 % потерь связано с утечкой воды и потерями тепла через свищи и трещины в трубопроводах [2; 39; 11]. При нормативном сроке эксплуатации трубопроводов в 25 лет фактическая их долговечность составляет 12 – 15 лет [39]. При этом вместо ежегодной замены 5 % тепловых сетей меняется 1 – 2 %, что способствует увеличению количества аварий и повреждений [1], составляющих по данным “Роскоммунэнерго” до 60 повреждений в год на каждые 100 км тепловых сетей [39].
3. Современное отечественное оборудование крупных ТЭЦ соответствует среднему уровню зарубежной техники 80-х гг., вследствие чего оно подвержено высокой степени аварийности.
4. Качество поставляемого топлива зачастую не соответствует системам его сжигания, что приводит к снижению КПД котлов.
5. На действующих угольных ТЭЦ отсутствуют системы очистки выбросов газов, а эффективность улавливания твердых частиц зачастую недостаточна.

Кроме того, свыше 90 % систем централизованного теплоснабжения выполнено в России по открытой схеме без использования теплообменников (в частности, в Финляндии доля закрытых систем теплоснабжения составляет свыше 95 %) [27]. Такие системы, не имеющие узлов учета и приборов регулирования, сложены таким образом, что трудно решить эти вопросы энергосбережения в инженерном плане. Вследствие несовершенства систем отопления в весенний и осенний периоды для обеспечения нормативного уровня подогрева воды для горячего водоснабжения приходится поддерживать на ТЭЦ повышенный температурный режим. При этом жители вынуждены открывать окна и двери для охлаждения помещений.

Централизованное теплоснабжение на современном этапе находится в критическом состоянии и остается совершенно нескоординированным в силу своей разобщенности. Оно в отличие от других отраслей ТЭК представлено сегодня в виде разрозненных звеньев, не имеющих единой технической, структурно-инвестиционной, экономической и организационной политики. Муниципальные системы теплоснабжения в сфере децентрализованного теплоснабжения по существу предоставлены сами себе. Осложняет прогнозирование развития теплоснабжения то, что официальными органами не ведется разработка сводного теплового баланса страны. В результате ряд направлений производства и использования тепловой энергии не оценивается энергетически и экономически.

Все отмеченное подрывает надежность теплоснабжения и “может обернуться гуманитарной катастрофой при наступлении заметно холодной зимы” [26]. В некоторых регионах страны, в частности Приморском крае и Камчатской области, уже известны негативные последствия нестабильной работы электроэнергетики и систем теплоснабжения.

Учитывая громадную социальную значимость теплового хозяйства и его топливоемкость, можно сказать, что результативность энергосбережения в этом секторе энергетики влияет не только на снижение издержек в промышленности, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве, но и может стать мощным рычагом подъема экономики территорий и страны в целом. В то же время проведение целенаправленной энергосберегающей политики во всех сферах народного хозяйства является основным инструментом снижения спроса на топливо и энергию, укрепления производственной базы ТЭК в условиях неблагоприятного инвестиционного климата, повышения благосостояния населения и оздоровления окружающей среды.

1.4.3. Экологические проблемы, обусловленные энергетическими процессами

Из множества экологических проблем выработка электрической и тепловой энергии, которая требуют сжигания колоссального количества органического топлива с выделением в окружающее пространство вредных веществ и отходов производства, представляет особую опасность. Несмотря на падение объемов промышленного производства в сравнении с началом 1990 г., выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников продолжают увеличиваться.

По различным оценкам воздействие энергоснабжающих и энергопотребляющих объектов на окружающую среду даёт до 80 % всех видов её загрязнения. На долю ТЭК приходится около 48 % выбросов вредных веществ в атмосферу, до 36 % сточных вод, свыше 30 % твердых отходов, а также происходит до 70 % ежегодного нарушения земель. Экологический компонент составляет 25 % затрат в системах обеспечения нефтепродуктами, около 40 % — при выработке электроэнергии на угольных ТЭС, а также АЭС [3; 51].

В основном совпадают точки зрения ученых и об определяющей роли энергетики в создании парникового эффекта и усилении тенденции к потеплению климата, что грозит природными бедствиями. Степень загрязнения биосферы ТЭС изменяется в зависимости от структуры топлива. Согласно данным [51], приведенным в табл. 2, максимальное загрязнение окружающей среды наблюдается при использовании в качестве топлива на ТЭС угля, минимальное — при потреблении газа.

Таблица 2

Годовые расходы топлива в России и выбросы ТЭС на органическом топливе, т

Выброс	Вид топлива и его годовой расход		
	Газ, $1,9 \cdot 10^9$ м ³ /год	Мазут, $1,57 \cdot 10^6$ т/год	Уголь, $2,3 \cdot 10^6$ т/год
Окислы серы	12	52700	139000
Окислы азота	12080	21700	20900
СО	Незначительный	80	210
Твердые частицы	460	730	4490

Кроме того, негативное воздействие на организм человека оказывает интенсивное электромагнитное излучение, приводящее к изменениям в тонких клеточных, молекулярных, биологических структурах, в лимфатической системе крови, скорости обменных процессов и к более серьезным нарушениям [50].

Исследуя состояние проблемы влияния энергетических объектов на загрязнение окружающей среды ДВ, следует отметить, что основными источниками массированных атмосферных выбросов и крупнотоннажных твердых отходов являются теплоэлектроцентрали.

Доминирующим топливом для ТЭЦ является уголь. Технология сжигания угля — традиционная пылеугольная с довольно невысокими энергетическими и особенно экологическими характеристиками. При этом на ТЭС ДВ часто отсутствуют установки по улавливанию окислов азота, серы и диоксида углерода. С каждым годом возрастает количество автономных котельных, наносящих ущерб основным компонентам биосферы, народному хозяйству и населению.

По данным РУ “Севвостокэнергонадзора” увеличение выработки электроэнергии в 2000 г. по сравнению с 1999 г. привело к росту выбросов в атмосферу энергопредприятиями в ряде регионов: Камчатская область на 193 т; Сахалинская область на 425,6 т; Республика Саха на 141 т; Хабаровский край на 1441,1 тыс. т, в т.ч. золы твердого топлива на 3,3 тыс. т; окислов азота на 712,8 тыс. т; двуокиси углерода на 1476,5 тыс. т. Сокращение выбросов в атмосферу и сбросов стоков в водоемы за указанный период на территориях связано с установкой золоулавливающего оборудования на котлах Благовещенской ТЭЦ и Райчихинской ГРЭС, восстановлением станции биологической очистки Охинской ТЭЦ, а также с падением производства энергии в некоторых регионах.

В целом экологическая обстановка в ряде регионов ДВ остается неблагоприятной: медико-демографические показатели, характеризующие состояние здоровья населения, имеют негативную тенденцию. Повысить качество окружающей среды путем снижения выбросов загрязняющих веществ объектами энергетики возможно различными техническими мерами. Приоритетными направлениями являются замещение одного вида топлива на другое с меньшим содержанием вредных веществ и энергосбережение.

Кардинальные изменения могут быть достигнуты интенсификацией энергосбережения, поскольку экономия одной тонны условного топлива уменьшает необходимость прироста добычи или производства топливно-энергетических ресурсов на 1,3 – 1,4 т у.т. [35].

2. ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭКОНОМИКЕ РОССИИ

2.1. Потенциал энергосбережения: структура и цели его извлечения

Экономическая оценка и учет потенциала энергосбережения в регионах являются важнейшими составляющими стратегии повышения эффективности использования энергии. От достоверности оценки потенциала энергосбережения и его структуры зависит обоснованность принятия управленческих решений на всех иерархических уровнях управления этим процессом — от здания и цеха до отрасли и регионального хозяйства в целом.

Для оценки результатов энергосбережения используют как технические, так и экономические показатели. Обобщающими показателями принято считать энергоемкость валового внутреннего продукта \mathcal{E}_v (для регионов — энергоемкость валового регионального продукта $V_{ВВП}$) и удельное потребление ТЭР на душу населения $Y_{\mathcal{E}}$, которые определяются по формулам [15]

$$\mathcal{E}_v = \frac{\mathcal{E}}{V_{ВВП}}; \quad Y_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{Ч},$$

где \mathcal{E} – объем потребленной энергии при производстве продукции в народном хозяйстве, т у.т. (т н.э.);

$V_{ВВП}$ – валовой внутренний продукт, млн руб., (для регионов $V_{ВВП}$ — валовой региональный продукт);

$Ч$ – численность населения на определенной территории, млн чел.

Энергоемкость продукции в России, как следует из приведенных в табл. 3 данных, существенно выше, чем в странах Западной Европы, США и Японии. Можно ожидать, что при сложившихся механизмах хозяйствования энергоемкость национальной экономики будет и дальше возрастать. Это свидетельствует о весьма значительных резервах энергосбережения в отечественной экономике.

Таблица 3

Энерго- и электроемкость экономики ряда стран [31]

Энергоемкость	Год	Россия	СНГ	Европ. Союз	Германия	США	Япония
По первичной энергии, т н.э. /1000 дол.	1990	0,69	0,71	0,23	0,26	0,34	0,2
	1993	0,91	0,9	0,23	0,25	0,35	0,2
По подведенной электроэнергии, кВт ·ч/1 дол.	1990	0,67	0,65	0,29	0,34	0,48	0,33
	1993	0,88	0,88	0,3	0,33	0,5	0,33

Проводя энергосберегающие мероприятия, важно понимать степень их воздействия на изменение энергоэффективности выбранного объекта. Такую функцию в экономической теории управления выполняет учет потенциала энергосбережения.

Потенциал энергосбережения (ПОТЭР) представляет собой эффект между запланированным или реально достигнутым минимальным уровнем энергопотребления в отечественной или зарубежной практике и фактическими показателями. ПОТЭР является постоянно присутствующей экономической категорией,

так как существует всегда как результат технического прогресса и изменения его структуры и не может быть реализован одномоментно в связи с постоянным наличием временного лага между появлением инноваций и их реализацией. Исходя из этого выделяют следующие виды потенциала энергосбережения [20]:

- теоретический — максимально возможная экономия энергоресурсов при полном использовании всех энергосберегающих мероприятий и технологий, известных на данный момент времени;
- экономически целесообразный — часть теоретического ПОТЭР, реализация которого обеспечивает экономию затрат в национальной экономике. То есть стоимость мероприятий по энергосбережению оказывается меньше, чем вложения в добычу и доставку эквивалентного количества энергоресурсов;
- ожидаемый (фактический) — часть экономически целесообразного ПОТЭР, фактически достигнутого в данном периоде за счет усилий и заинтересованности потребителей в осуществлении энергосберегающих мероприятий.

Согласно исследованиям [25, 12, 20], ПОТЭР имеет множество разновидностей, в т.ч. по методам достижения экономии энергии, видам и этапам движения энергоносителей, отраслям экономики региона, территориальному признаку.

По методам достижения экономии энергии выделяют такие виды ПОТЭР, как:

- технологический — нереализованные возможности по снижению удельного расхода и потерь энергии вследствие прогнозируемых изменений технологической структуры производства;
- организационный — нереализованные возможности способов и методов управления ростом эффективности производства и потребления энергоресурсов;
- поведенческий — определяется мерой осознания актуальности проблемы энергосбережения всеми лицами, принимающими решения, — от государственных деятелей до отдельных домовладельцев.

Как правило, при учете и прогнозировании резервов энергосбережения в различных сферах экономики определяют организационно-технологический ПОТЭР. В основных положениях энергетической стратегии России этот потенциал определяется в объеме 360 – 430 млн т у.т. Реализация освоенных в отечественной (нижние значения в табл. 4) и мировой практике (верхние значения в табл. 4) организационных и технологических мер по экономии энергоресурсов позволит уменьшить их расход на 40 – 48 % [29].

Учет ПОТЭР *по видам энергоносителей* позволяет сформировать рациональную с точки зрения экономической целесообразности структуру энергопроизводства в данном регионе.

Учет ПОТЭР *по этапам движения энергоносителей* дает возможность выявить уровень потерь энергии на всех стадиях ТЭБ (рис. 1) и определить слабые места в организации и техническом обеспечении систем воспроизводства энергоносителей.

Таблица 4

Потенциал организационно-технологического энергосбережения
(2000 г.) [29]

Отрасль	Электро- энергия, млрд кВт · ч	Централизо- ванное теп- ло, млн Гкал	Топливо, млн т у.т.	Всего	
				млн т у.т.	%
Топливо- энергетический ком- плекс, всего	29 – 35	70 – 80	99 – 110	120 – 135	33 – 31
В том числе:					
электроэнергетика и теплоснабжение	23 – 28	67 – 76	70 – 77	90 – 100	25 – 23
промышленность и строительство	110 – 135	150 – 190	49 – 63	110 – 140	31 – 33
транспорт	7 – 11	–	22 – 26	23 – 30	6 – 7
сельское хозяйство	4 – 5	5	9 – 11	12 – 15	3
коммунально-бытовой сектор	70 – 74	120 – 135	51 – 60	95 – 110	27 – 26
Итого	220 – 260	345 – 410	230 – 270	360 – 430	100

Учет ПОТЭР по отраслям регионального хозяйства предоставляет возможность оценивать общий уровень энергоемкости продукции каждой из них и осуществлять межотраслевое регулирование пропорций народно-хозяйственного комплекса территорий с точки зрения сохранения энергии. Согласно экспертным оценкам, около одной трети потенциала энергосбережения сосредоточено в отраслях ТЭК, вторая треть — в остальных отраслях промышленности и строительстве, свыше четверти — в коммунально-бытовом секторе, 6 – 7 % — на транспорте и 3 % — в сельском хозяйстве [29].

Учет ПОТЭР по территориальному признаку содействует решению задач рационального пространственного распределения энергоресурсов и оптимального размещения автономных и нетрадиционных источников энергии.

Таким образом, осуществление комплексного учета ПОТЭР по различным видам энергосбережения дает возможность региональным органам управления выбирать наиболее эффективные направления реализации этого потенциала и аккумулировать финансовые средства для его извлечения.

2.2. Основные направления реализации резервов отраслевого энергосбережения

Любая территориальная единица, как правило, представляет собой разомкнутую (открытую) хозяйственную систему и поддерживает многочисленные пересекающиеся связи между поселениями различного уровня, регионами, а также между предприятиями и организациями различных отраслей. Уровень этих связей и энергопотребления в каждом из объектов территории определяет

резервы энергосбережения. Сбережение топлива и энергии, следовательно, имеет сложный многофакторный и межотраслевой характер и может быть реализовано территориальными и отраслевыми методами, дающими максимальный народно-хозяйственный эффект.

Эффект энергосбережения представляет собой разность затрат, необходимых на добычу (производство) и доставку энергоресурсов к потребителю, и расходов на осуществление энергосберегающих мероприятий, отнесенную к единице сэкономленной энергии. При затратах на энергосбережение меньших, чем затраты на добычу, производство и доставку энергоресурсов до конечных потребителей, имеет место абсолютная экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий.

Поскольку, как было отмечено ранее, извлечение ПОТЭР должно осуществляться на всех этапах жизненного цикла энергоресурсов — на этапах добычи, производства, преобразования, транспортирования и потребления (рис. 1), постольку можно выделить два основных направления политики энергосбережения. Первое направление включает меры по экономии ТЭР в энергетическом хозяйстве страны, второе — по сбережению энергоносителей у потребителей. В качестве основных потребителей в регионах выступают: промышленность, транспорт, сельское хозяйство, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство.

На нужды *промышленности* расходуется около 60 % всех ТЭР. Наиболее энергоемкими являются электроэнергетика, черная и цветная металлургия, топливная, химическая и нефтехимическая сферы экономики, промышленность строительных материалов [36]. Именно в этих отраслях меры по энергосбережению могут дать существенный эффект.

Объем потерь топлива и энергии *в энергетическом хозяйстве* зависит от ряда технических и структурных факторов, в частности от доли включенной в энергобаланс гидро- и ядерной энергии, структуры топлива, идущего на выработку электроэнергии, электрофикации производства и т.д. Снижение потерь энергоресурсов по стадиям воспроизводства ТЭР (табл. 5) на современном уровне развития науки и техники может дать более полумиллиарда т у.т. теоретического потенциала энергосбережения.

Таблица 5

Направления энергосбережения на стадиях воспроизводства ТЭР

Подсистемы ТЭЖ	Возможности энергосбережения
Добыча, хранение	Повышение отдачи практически невозобновляемых источников первичной энергии (снижение количества энергоносителей, не извлеченных при эксплуатации запасов). Снижение энергопотребления в процессе добычи, уменьшение прямых потерь энергоресурсов при хранении и добыче, замена одних ТЭР другими
Окончание табл.5	
Подсистемы ТЭЖ	Возможности энергосбережения

Первичная переработка, обогащение, хранение	Снижение энергопотребления в установках первичной переработки, повышение их КПД, сокращение технологических потерь при первичной переработке и хранении
Преобразование	Снижение энергопотребления в процессе преобразования, повышение КПД энергетического оборудования, уменьшение количества преобразований, сокращение потерь при образовании, использование вторичных и возобновляемых источников энергии
Транспортировка, распределение	Снижение прямых потерь, повышение прочности трубопроводов, уменьшение энергопотребления транспортными средствами, улучшение тепловой изоляции теплотрасс и уменьшение их протяженности, повышение эффективности распределения электрической энергии
Потребление на нужды энергетики, хранение	Сокращение потребности в энергии, использование достижений НТП, структурные сдвиги в технологических процессах или в целом в народном хозяйстве, замена одних ТЭР другими, вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии

Источник: [12; 13; 14; 15; 20; 22; 33; 36; 48].

Меры по энергосбережению у *потребителей энергии* снижают спрос на энергоресурсы и нагрузку на ТЭЖ, а также могут создавать мультипликативный эффект. Например, каждая тонна условного топлива, сэкономленная конечными потребителями, “дополняется” 0,1 т у.т. в энергетике в связи с отпавшей необходимостью ее добывать, облагораживать, транспортировать, хранить и т.д. [12].

Эффект энергосбережения в промышленности достигается прежде всего за счет осуществления двух групп мероприятий [12; 14; 23; 31; 36; 48; 52,]:

1. Снижения прямого расточительства ТЭР и сокращения их потерь;
2. Внедрения достижений научно-технического прогресса, оказывающих непосредственное влияние на динамику удельного энергоснабжения и энергопотребления.

Первая группа имеет в большинстве случаев организационно-технический и поведенческий характер и позволяет снизить энергопотребление без дополнительных финансовых затрат или при незначительных и быстро окупаемых инвестициях. В зависимости от сферы приложения этой группы мероприятий в энергетическом цикле (см. рис. 1) они приводят либо к снижению спроса на энергоносители, либо к увеличению их предложения.

Вторая группа объединяет два блока факторов — структурные и энерготехнологические, способные принимать форму конкретных технико-технологических мероприятий, удобную для управления энергосбережением. Действие структурных факторов вызывается изменением пропорций между элементами производительных сил с неодинаковой материалоемкостью, потребительскими свойствами и технологическими характеристиками, т.е. изменением:

- удельного веса продукции отраслей с различной энергоемкостью в общем объеме производства;

- расхода материалов и, следовательно, энергии на единицу конечного продукта;
- технологий различной энергоёмкости в составе продукции;
- интенсивности использования основных производственных фондов (снижением расхода энергии на отопление и вентиляцию в расчете на конечный результат и т.п.).

Структурные факторы проявляются в активной и пассивной формах. Активная форма предполагает действия по изменению расхода энергоресурсов на единицу изделия в связи со снижением его материалоёмкости, переходом на новые технологии или вследствие прямой замены более энергоёмких видов продукции менее энергоёмкими и т.д. Пассивная форма проявляется в ускорении наращивания производства менее энергоёмкой продукции в общем её объеме, без каких-либо изменений удельной энергоёмкости [12].

Энерготехнологические факторы способствуют повышению эффективности производства и энергетического КПД оборудования, включая установки потребителей, и приводят к скачкообразному снижению удельных энергетических затрат. В результате применения принципиально новых технологий и техники, изменения структуры энергоносителей более рационально используется потенциал невозобновляемой природной энергии при производстве, транспортировании и потреблении. Особое место в этой группе факторов принадлежит вовлечению в хозяйственный оборот возобновляемых и вторичных источников энергии.

Следует заметить, что трудно определить четкую грань между эффектом энергосбережения вследствие воздействия структурных факторов или технико-технологических усовершенствований. Тем не менее приводятся данные, что в странах Западной Европы за счет структурной перестройки экономики было обеспечено до 40 % всей экономии ТЭР, за счет ускоренного внедрения новаций — около 60 % [26; 52].

Методы по энергосбережению в различных отраслях экономики имеют свои специфические черты, обусловленные особенностями производства. Энергосбережение в *строительстве* может быть достигнуто в результате реализации следующих первоочередных мероприятий [7;10; 11; 18; 46; 28; 32; 38; 53]:

- использования строительных материалов с минимальными затратами энергии на производство и транспортировку;
- усовершенствования структуры материалов и конструкций, их прочностных и теплозащитных свойств;
- строительства малоэтажных домов и применения строительных технологий без тяжелых строительных машин и оборудования;
- рациональной организации строительных работ и сокращения сроков строительства;
- применения для строительства возобновляемых материалов с возможностью вторичного использования;

- перехода к энергосберегающему архитектурно-строительному проектированию и строительству зданий и сооружений;
- обучения энергосберегающим методам проектирования, строительства и образу жизни;
- применения возобновляемых источников энергии для энергообеспечения зданий и сооружений.

Основными объектами энергосбережения *в жилищно-коммунальном хозяйстве* являются эксплуатируемые здания, распределительные тепловые и энергетические сети. Наиболее важные проблемы, свойственные системам теплоснабжения в стране, были рассмотрены в параграфе 1.4.2.

В настоящее время можно говорить только о формировании начальных элементов организационно-технического механизма энергосбережения на объектах ЖКХ и о первом отечественном опыте реализации отдельных мероприятий по энергосбережению. В коммунально-бытовом секторе экономики сегодня получили применение некоторые организационные и инженерно-технические мероприятия, в частности [1; 2; 3; 11; 28]:

- повышение тепловой защиты эксплуатируемых зданий;
- внедрение приборного учета и регулирования потребления тепловой энергии, воды и газа в зданиях;
- модернизация внутренних и внешних систем тепло- и водоснабжения;
- оптимизация режима эксплуатации инженерных сетей и оборудования;
- использование нетрадиционных источников энергии.

Установка приборов учета на вводах сетей в жилые здания в ряде регионов показала, что фактическое потребление тепла и воды оказалось на 30–60 % ниже расчетного. Это свидетельствует о том, что если предполагается, что население оплачивает 35 % стоимости тепла, то фактически этот показатель составляет по различным оценкам от 50 до 80 %. Наличие счетчиков газа в жилых домах позволяет снизить потребление природного газа в 2 раза [1; 2; 31].

В заключение следует отметить, что деятельность по энергосбережению во всех отраслях экономики еще не приобрела системного характера и столкнулась с комплексом нормативно-законодательных, экономических, технических, организационных и других проблем, решать которые необходимо в ближайшие годы.

2.3. Возобновляемые источники энергии: вероятные запасы, принципы использования

По прогнозам экспертов все геологические запасы органического топлива на Земле будут исчерпаны к концу XXI века. Кроме того, традиционная энергетика служит причиной глобального экологического кризиса. Одним из резервов экономии невозобновляемых природных ресурсов может стать вовлечение в

хозяйственный оборот возобновляемых энергоресурсов (ВЭР). Это направление особенно актуально для России, где около двух третей территории не охвачено централизованным энергоснабжением.

К природным возобновляемым источникам энергии ВИЭР (нетрадиционным) обычно относят ядерную, солнечную, ветровую, геотермальную, водородную, био- и гидроэнергию [4; 5; 7; 8; 36; 44; 46]. Технический потенциал ВИЭР во много раз превышает потенциал всех запасов топлива на планете и может обеспечить долгосрочную перспективу их использования (табл. 6).

Таблица 6

Потенциал энергетических ресурсов [5]

Вид энергоресурсов	Количество	
	на Земле	в России
I. Невозобновляемые источники энергии		
Органическое топливо (геологические запасы)	$\sim 10,7 \cdot 10^{12}$ т у.т.	$\sim 9 \cdot 10^{10}$ т у.т.
В том числе:		Топливопотребление
уголь	$9,6 \cdot 10^{12}$ т у.т.	
нефть	$0,72 \cdot 10^{12}$ т у.т.	
газ	$0,36 \cdot 10^{12}$ т у.т.	$\sim 1,4 \cdot 10^9$ т у.т. в год
ядерное топливо (уран и торий)	$\sim 67,2 \cdot 10^{12}$ т у.т.	
II. Возобновляемые источники энергии		
Всего	$\sim 1,11 \cdot 10^{14}$ т у.т. в год	$182,33 \cdot 10^{12}$ т у.т.
В том числе технический потенциал	Нет свед.	$\sim 20 \cdot 10^{12}$ т у.т./год
Солнечная энергия	$72 \cdot 10^{12}$ т у.т./год	$2,3 \cdot 10^{12}$ т у.т./год
В том числе технический потенциал	Нет свед.	$\sim 2 \cdot 10^9$ т у.т./год
Энергия ветра	$2,1 \cdot 10^{12}$ т у.т./год	$26 \cdot 10^9$ т у.т./год
В том числе технический потенциал	Нет свед.	$\sim 2 \cdot 10^9$ т у.т./год
Геотермальная энергия (в слое до 3 км)	$\sim 11 \cdot 10^{14}$ т у.т./год	$180^{12} \cdot 10^{12}$ т у.т./год
В том числе технический потенциал	$\sim 4 \cdot 10^{10}$ т у.т./год	$\sim 20 \cdot 10^{12}$ т у.т./год
Тепловая энергия морей и океанов	$8,62 \cdot 10^{12}$ т у.т./год	Нет свед.
Гидроэнергия и малая энергетика	$2,2 \cdot 10^9$ т у.т./год	$360 \cdot 10^6$ т у.т./год
В том числе технический потенциал	Нет свед.	$124 \cdot 10^6$ т у.т./год
Энергия биомассы	$20 \cdot 10^{12}$ т у.т./год	10^{10} т у.т./год
В том числе технический потенциал	Нет свед.	$53 \cdot 10^6$ т у.т./год
Низкопотенциальное тепло	Нет свед.	$525 \cdot 10^6$ т у.т./год
В том числе технический потенциал	Нет свед.	$105 \cdot 10^6$ т у.т./год
Энергия приливов и отливов	$8,6 \cdot 10^{12}$ т у.т./год	Нет свед.
Энергия волн прибрежной зоны	$0,37 \cdot 10^9$ т у.т./год	Нет свед.

Примечания: 1. В таблице приведены приближенные данные оценки потенциала ЭР.

2. 1 т у.т. = 8140 кВт·ч.

Применение энергии солнца и ветра в качестве источников энергии в большой степени зависит от местных климатических условий и ландшафта территории. Основным методическим приемом оценки вероятности использования ВИЭР в качестве альтернативных источников энергии является составление карт местности с указанием необходимых энергетических характеристик климата (рис. 4; 5; 6).

Солнечная энергия. Наибольшими запасами возобновляемой энергии обладают солнечные лучи, но низкая концентрация солнечной энергии осложняет преобразование ее в другие виды энергии. Использование этого вида ВЭР для теплоснабжения может быть эффективным при годовом приходе солнечной радиации на территорию не менее $1200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ и продолжительности солнечного сияния более 2000 часов [44].

Картограмма, изображенная на рис. 4, включает параметры, характеризующие плотность солнечного излучения по территории России. Значения этих параметров свидетельствуют о достаточном потенциале солнечной энергии в южной зоне страны от Владивостока до Черноморского побережья.

Практический интерес в архитектурно-строительном проектировании представляет энергетический показатель — приведенная солнечная облученность поверхности наружных ограждений, представляющая собой отношение общей облученности здания к сумме площадей наружной его оболочки. Этот показатель для России имеет максимальные значения в январе-феврале и сентябре-октябре на юге Дальнего Востока. В качестве примера укажем, что для г. Уссурийска в феврале приведенная солнечная облученность поверхности наружных ограждений здания превосходит на 30 % аналогичный показатель для такого “солнечного” города, как Ташкент [7]. Это свидетельствует о больших возможностях использования тепла солнечной радиации для теплоснабжения зданий в холодный период года в этом регионе.

Энергия ветра. Учет элементов ветроэнергетики (ВЭК) и данных пространственно-временного распределения ветровых характеристик позволил выполнить районирование территории России по таким показателям [44], как скорость ветра (рис. 5) и суммарная годовая продолжительность “энергетического штиля” (рис. 6). “Энергетическим штилем” считается скорость ветра меньше минимальной рабочей скорости ветрового колеса, которая составляет 3 м/с. Наиболее перспективными для развития ВЭК являются территории, средняя скорость на которых составляет 4 м/с и более, а время возможной эксплуатации 4 – 5 тыс. часов в год. Такие условия существуют на побережье северных и восточных морей, Тюменской области и в некоторых других регионах.

Для зоны восточных энергосистем и крупных административных районов Дальнего Востока авторами [31] рассчитан технически доступный и теоретический потенциал ветроэнергоресурсов при учете всего диапазона скоростей. Согласно этим расчетам, приведенным в табл. 7, наибольшая плотность ветровой энергии характерна для Сахалинской, Камчатской и Магаданской областей и Чукотского АО. На этих территориях с 1 км^2 площади можно получить в среднем за год от 2,5 до 3,5 и более млн кВт·ч энергии.

Характеризуя потенциал ветровой энергии следует также заметить, что теоретические запасы ВЭР на уровне 10 м по всей территории России превышают современное энергопотребление в 200 раз, а технически возможное в 30 раз [31].

Таблица 7

Среднегодовые ветроэнергоресурсы на уровне 10 м над землей [31]

Энергосистема и входящие в нее административные территории	Средняя скорость ветра, м/с	Теоретический ветроэнергopotенциал		Технически доступный ветроэнергopotенциал	
		Энергия ветрового потока с 1 км ² , млн кВт·ч	Энергия ветрового потока по территории, млрд кВт·ч	Энергия ветрового потока с 1 км ² , млн кВт·ч	Энергия ветрового потока по территории, млрд кВт·ч
Дальневосточная	3,4	15,8	2616	2,24	372
Хабаровская	3,8	10,2	8452	1,54	1270
Камчатская	4,8	31,5	14896	3,56	1681
Сахалинская	4,9	30,5	2655	3,8	331
Магаданская	4,1	21,6	25945	2,81	3372
В том числе:	4,6	26	19195	3,32	2449
Чукотский АО					
Магаданская обл.	3,3	14,6	6750	2,0	923
Республика Саха	2,5	6,5	20306	0,95	2960
- север	5,0	26	8074	3,24	1005
- остальная часть	2,2	4,4	12232	0,7	1955
Читинская	2,1	5,3	2304	0,73	315
Амурская	2,2	3,6	1306	0,58	211

Геотермальная энергия может стать источником тепло- и электроснабжения в зданиях, а также обеспечить население горячей водой. В отличие от других ВЭР ГеоТЭС рентабельны уже сегодня. Важным их преимуществом является стабильная производительность, не зависящая от погодных условий.

Широкое применение геотермальная энергия получила в Японии, Исландии, США, Новой Зеландии. Россия по преобразованию геотермальной энергии в электрическую находится только на 14-м месте в мире [46].

Использование *энергии волн, приливов и отливов, тепловой энергии морей и океанов* практически повсеместно осложнено значительным удалением зон морского и океанического побережий от центров потребления энергоносителей. Кроме того, насчитывается всего пять мест в мире и одно в России (побережье Белого моря), пригодных на современном этапе развития науки и техники для строительства приливных электростанций.

Недостаточное практическое применение получили в нашей стране нетрадиционные источники с использованием *энергии биомассы и низкопотенциального тепла* (тепла сточных вод, горячих газов и т.п.).

В целом для России нетрадиционные источники энергии еще не составляют достаточную конкуренцию органическим ТЭР. Тем не менее в ближайшие годы только в Дальневосточном федеральном округе планируется строительство: Мутновской ГеоТЭС в Камчатской области; ветроэлектростанций в семи районах Камчатской области и Корякском АО; малой ГЭС на реке Палана в Корякском АО; каскада ГЭС на р. Толмачева в Камчатской области [45].

3. СБЕРЕЖЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ: ФАКТОРЫ, ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ

3.1. Учет природно-климатических условий в градостроительстве

Со времен Древней Греции при проектировании и строительстве городов учитывалось разнообразие природно-климатических условий. За прошедший с этого момента период появлялись новые идеи о взаимосвязи внутренней среды здания и природной среды, менялись подходы к этой проблеме, проводились серьезные исследования по архитектурно-строительной климатологии, климатическому районированию, природно-климатической типологии. С середины 90-х гг., с начала интенсификации энергосбережения в строительстве, необходимость учета климатических факторов при планировке и застройке населенных пунктов усилилась.

Климатом местности называется характерный для нее в многолетнем разрезе режим погоды, обусловленный солнечной радиацией, характером подстилающей поверхности и связанной с ним циркуляцией атмосферы. Следовательно, формирование климата зависит от взаимодействия геофизических процессов глобального масштаба (солнечная радиация, теплооборот и влагооборот у земной поверхности, воздушная циркуляция и т.д.) с местными условиями и факторами географической среды (географическая широта, ландшафт территории, высота над уровнем моря, характер почвы и т.п.) [21].

Климат территории определяется двумя группами климатических характеристик:

1. Комплексными: радиационно-тепловым режимом, косыми дождями с ветром, тепловлажностным режимом, снего- и пылепереносом, климатическим районированием и т.п.;
2. Пофакторными: солнечной радиацией, ветром, осадками, температурой и влажностью воздуха.

Основные климатические характеристики, необходимые для архитектурно-строительного проектирования, приведены в СНиП 23-01-99 “Строительная климатология”.

В зависимости от обширности рассматриваемой территории выделяют разновидности климата: макроклимат, мезоклимат, микроклимат. Под макроклиматом понимается совокупность погодных условий, свойственных обширным территориям — регионам, зонам, географическим поясам. Мезоклимат определяется как климат конкретной местности (города), формирующийся под влиянием конкретной ландшафтной ситуации (рельеф, лес, водоемы) и градостроительных факторов (промышленная, жилая и культурно-бытовая застройка; улицы, площади, спортивные и игровые площадки). Микроклимат формируется вследствие влияния физических явлений, происходящих на отдельной площадке в непосредственной близости к почвенной поверхности, на высоте 1,5 – 2 м [21].

Климат разных территорий России значительно отличается по многим характеристикам. Многолетние наблюдения комплексного сочетания в простран-

стве средних значений температуры, относительной влажности и скорости ветра легли в основу климатического районирования, согласно которому Россия расположена в трех климатических районах (рис. 7). В пределах каждого климатического района к зданиям предъявляются определенные типологические требования (планировка квартир, ориентация, устройство входов и т.д.), учитывающие местные условия строительства.

Учет природно-климатических параметров и характеристик в градостроительстве выполняет двоякую роль, заключающуюся, с одной стороны, в максимальном смягчении отрицательного воздействия природы на человека, здания и сооружения, с другой — в использовании энергии возобновляемых источников для регулирования микроклимата в зданиях. При этом предполагается достижение главной цели — снижение затрат энергии на эксплуатацию зданий. В каждом климатическом районе с этой целью используют различные конструктивные, архитектурно- и объемно-планировочные решения [7]. Рассмотрим некоторые из них.

В первом климатическом районе объемно-планировочные решения в зданиях отличаются максимальной компактностью, наружные ограждающие конструкции имеют высокие теплозащитные качества и низкую воздухопроницаемость.

Для условий этого района характерно возведение ширококорпусных зданий, уменьшение числа наружных входов, практически полное отсутствие открытых (летних) помещений. Особое внимание уделяется проектированию систем искусственного регулирования микроклимата: предусматривается центральное отопление повышенной мощности, побудительная приточно-вытяжная вентиляция с подогревом и увлажнением воздуха и др. Внутренняя среда помещений максимально изолирована от внешней. В селитебной и промышленной застройках используют способы эффективной ветрозащиты, теплые переходы между отдельными блоками зданий, а также предприятиями сферы услуг.

Здания, эксплуатируемые во *втором климатическом районе*, не подвергаются в течение длительного периода экстремальному воздействию очень низких температур, интенсивной солнечной радиации, сильному температурно-ветровому напору. Это обстоятельство приводит к тому, что при проектировании не в полной мере учитываются все климатические параметры, воздействующие на здание. В результате снижается энергетическая эффективность эксплуатируемых зданий.

В условиях умеренного климата целесообразно применять в зданиях компактные объемно-планировочные и энергосберегающие конструктивные решения. Предпочтительна широтная и меридиональная ориентация зданий. При архитектурно-строительном проектировании должен формироваться закрытый режим эксплуатации зданий, но при этом необходимо предусматривать возможность большей связи помещений с внешней средой, чем в первом климатическом районе. Такой принцип можно реализовать путем устройства в зданиях открытых веранд, лоджий, балконов.

В *третьем климатическом районе* предпочтение также отдается компактным объемно-планировочным решениям в зданиях. Однако в данной местности они устремлены на уменьшение как теплопотерь при понижении температуры воздуха и увеличении скорости ветра зимой, так и теплопоступлений в летний период. Наружные ограждающие конструкции зданий должны обладать не только достаточным сопротивлением теплопередаче, но и высокой тепловой инерцией. В таких конструкциях прослеживается более эффективное затухание высоких температур наружного воздуха, что уменьшает возможность перегрева помещений в жаркий период года.

В рассматриваемом климатическом районе широкое применение находят многосекционные, коридорные, галерейно-секционные типы жилых домов, в которых рекомендуется создавать благоприятные условия для аэрации помещений. На территориях застройки предусматривают методы аэрации и затенения, обеспечивающие снижение нагревания конструкций зданий и прилегающих к ним участков земли.

Климатическое районирование позволяет получить обобщенные данные по климату достаточно большой территории. Однако любые градостроительные мероприятия оказывают воздействие на изменение первоначального мезо- и микроклимата на строительном участке. В частности, температура воздуха в городской застройке обычно на 2 – 3 °С выше, чем за ее пределами [7]. Это изменение является неизбежным явлением и связано с различными затратами энергоресурсов. Исходя из этого создание необходимых климатических параметров в застройке должно быть и целенаправленным. Главная роль в этом принадлежит архитектору, который должен знать факторы, влияющие на формирование микроклимата, и уметь изменять это влияние в зависимости от поставленных задач.

На формирование мезо- и микроклимата территории влияют, прежде всего, градостроительные решения в сочетании с такими климатическими характеристиками, как направление доминирующего ветра, косые осадки, продолжительность инсоляции, характер затенения солнечной радиации рядом расположенными зданиями, топография и ландшафт городской застройки. Воздействие этих климатических характеристик в создаваемой искусственной среде поддается позитивному изменению с помощью архитектурно-планировочных приемов. С позиции энергосбережения в застройке могут быть использованы следующие градостроительные решения [7; 8; 11; 49]:

- рациональная ориентация зданий по сторонам горизонта. В целях использования теплоты солнечной радиации для обогрева зданий зимой и избежания их перегрева летом предпочтительна ориентация зданий на юге широтная, на севере — меридиональная. Переход от одной ориентации к другой приходится на широту, где продолжительность отопительного периода составляет около 200 суток;
- энергоэффективное зонирование территории застройки;
- соответствующее взаиморасположение зданий и сооружений;

- ликвидация сквозных ветрообразующих пространств и организация замкнутых дворовых и внутриквартальных территорий;
- использование специальных ветроломных щитов в виде лесонасаждений, что дает возможность снизить скорость ветра на 40 – 60 %. Уменьшение скорости ветра в зоне застройки планировочными средствами в 2 раза позволяет сократить в 2 – 3 раза долю потерь тепла зданиями за счет снижения инфильтрации;
- рациональное зонирование застройки по этажности, что способствует снижению обдуваемости отдельных частей и здания в целом. Скорость ветра возрастает с высотой, следовательно, значительное количество теплоты под воздействием этого фактора теряют многоэтажные здания.

Климатические условия территории России таковы, что требуют значительных затрат энергии на поддержание внутреннего микроклимата при эксплуатации зданий и сооружений. Снижение этих затрат может быть запланировано и реализовано на стадии архитектурно-строительного проектирования. Вопросам выбора рациональных объемно-планировочных решений в зданиях с энергетической точки зрения и применения возобновляемых источников энергии для энергоснабжения энергоэкономичных зданий будет уделено внимание в разделах 4 и 5 учебного пособия.

3.2. Энергосберегающие градостроительные решения

Формирование рыночных отношений в стране определяет необходимость эффективного вложения инвестиций в строительство городов, рекреационных зон, зданий, предприятий и т.д. Одним из путей уменьшения материальных и финансовых затрат в области градостроительства является выбор наиболее энергоэкономичных проектных решений освоения и развития городских территорий.

Между градостроительными концепциями и потреблением топливно-энергетических ресурсов существует тесная взаимосвязь, что не требует доказательств. Между тем в большинстве случаев проблемы энергосбережения в городах рассматриваются только в контексте общих вопросов экономии топливно-энергетических ресурсов. При сопоставлении вариантов территориального развития городов и отдельных микрорайонов, организации транспортного обслуживания, реконструкции застройки, размещении коммуникационных сетей практически не учитываются различия в расходе и стоимости энергоресурсов.

С учетом значимости энергоресурсов в развитии регионов и их исчерпаемости градостроительные решения должны охватывать направления, способствующие сбережению топлива и энергии в застройке. В соответствии с исследованиями авторов [7; 9; 11; 49] эти направления включают следующие мероприятия:

- регулирование развития поселений, целенаправленное формирование их производственного комплекса;

- повышение компактности городских территорий;
- совершенствование планировочных схем размещения инженерно-транспортных и энергетических коммуникаций и сооружений с учетом их роли в пространственной структуре города;
- рациональное территориальное размещение потребителей энергии, обеспечивающее функционально-пространственную эффективность и временную сбалансированность уровней энергопотребления с учетом максимального соответствия его структуры оптимальным характеристикам энергоданса;
- внедрение в практику градостроительства новых приемов планировки и застройки, в том числе улучшение структуры застройки по этажности, протяженности и конфигурации жилых домов и их расположению с учетом климатических особенностей региона и города;
- объемно-планировочные и конструктивные решения, направленные на снижение расходов энергии на отопление и вентиляцию зданий (разд. 4).

Проблема величины города относится к числу ключевой в урбанистике. Подходить к вопросу об оптимальной величине города можно с разных позиций. Традиционно исходят из возможности снижения издержек производства и получения агломерационных эффектов от организации и размещения производства в крупном населенном пункте, целенаправленного формирования территориальных производственных комплексов [17]. Однако рост цен на топливно-энергетические ресурсы в России в последние годы увеличил долю энергетических затрат в издержках производства. Это обусловило наряду с классическими факторами размещения производства, такими как транспорт, рабочая сила и агломерация, необходимость учитывать территориальные издержки на топливо и энергию.

Социальный спрос на топливо и энергию определяют, прежде всего, численность населения, удельное энергопотребление на душу населения и энергоёмкость зданий гражданского назначения. В этой связи важное значение в решении задач территориального энергоснабжения имеет прогноз размещения и изменения численности населения городов. Научный анализ тенденций роста города и определение перспектив его развития позволяют выявить масштабы необходимого преобразования функционально-пространственной структуры и планировочной организации города и выработать критерии и формы реализации этих решений с учетом энергетических факторов.

Концентрация предприятий в одном городе в результате интенсивного развития межотраслевых связей, формирование промышленного комплекса с развитой многоотраслевой структурой, как правило, стимулируют лавинообразный рост численности городского населения. В последние годы в связи с демографическим кризисом крупные города, интенсивно развивающиеся в последние десятилетия, обнаружили тенденцию к стабилизации или сокращению роста численности населения. Однако современные исследования по проблемам урбанизации дают основания прогнозировать возобновление некоторого роста больших городов. В частности, при оценке перспектив развития городов Сибири и Дальнего Востока, включающей 22 индикатора, в том числе демогра-

фический фактор, производственный потенциал, уровень жизни населения, уровень развития инфраструктуры, такие города как Хабаровск, Владивосток, Комсомольск-на-Амуре, Петропавловск-Камчатский, Благовещенск, Якутск, Магадан, Южно-Сахалинск отнесены к городам-лидерам с большим производственным и социально-культурным потенциалом [9]. Прогнозируемые перспективы развития этих городов, а следовательно, и энергопотребления в них требуют рационального подхода к развитию генеральных планов, созданию энергоэкономичных зданий, размещению и организации производства с целью достижения максимального эффекта энергосбережения.

Хозяйственная специализация поселений является важным фактором территориального энергопотребления. В этой связи выделяют две группы потребителей энергии: большие и крупные города и их агломерации, отличающиеся высоким общим потреблением ТЭР; средние и малые города, поселки городского типа и сельские поселения, характеризующиеся относительно низким потреблением ТЭР.

Для малых и средних городов, экономическую базу которых составляют мелкие предприятия, характерен, как правило, высокий уровень удельного энергопотребления. Основу для этого типа поселений составляют одно- и малоэтажная жилая застройка с малой плотностью, теплоснабжение которой является непростой проблемой. При такой системе расселения стоимость тепловых сетей и потери тепла по сравнению с более крупными поселениями возрастают, но отмечаются относительно низкие расходы топлива и энергии на транспортное обслуживание.

В крупных городах производственные затраты энергии зависят от отраслевой специализации. В ЖКХ больших городов наблюдается более низкий уровень удельного энергопотребления, а на транспорте — более высокий, чем в малых поселениях. Однако, несмотря на немалую в целом энергоэффективность крупных городов, нельзя *однозначно* утверждать, что чем крупнее город, тем при прочих равных условиях он энергетически эффективнее. Рост города без возрастающей интенсификации использования городского пространства приводит к скачкообразному увеличению потерь тепла и электроэнергии при передаче их к потребителям.

Мероприятия по энергосбережению в градостроительстве в каждой из этих групп поселений, согласно представленным в работе [49] данным, имеют различную эффективность. Диапазон изменений эффективности энергосберегающих мероприятий показан в табл. 8. Из приведенных в таблице данных следует, что при планировке и застройке малых и средних городов наибольший вклад в энергосбережение достигается совершенствованием структуры застройки по характеристикам энергопотребления. В больших и крупных городах спектр энергоэффективных градостроительных мероприятий значительно шире. На первый план выдвигается необходимость повышения компактности городского плана.

Таблица 8

Эффективность энергосбережения в городах

Группа мероприятий	Эффективность энергосберегающих мероприятий, %	
	в малых и средних городах	в больших и крупных городах
Регулирование развития города и структуры его народно-хозяйственного комплекса	7 – 10	12 – 15
Повышение компактности городского плана с включением функционального зонирования и интенсивности использования территории	10 – 15	30 – 35
Планировка и застройка городов с учетом размещения объектов энергоснабжения и энергопотребления в плане города	10 – 15	20 – 25
Совершенствование структуры застройки по энергопотребляющим характеристикам и инженерному обеспечению территорий	40 – 45	7 – 10
Развитие, планировочное и техническое совершенствование схем инженерной и транспортной инфраструктуры	7 – 10	15 – 20
Изменение стандартов поведения населения в сфере энергопотребления, эффективный контроль и управление расходом энергии, внедрение прогрессивных норм	5 – 7	7 – 10

Важнейшей характеристикой планировочной организации города является компактность городского плана. Компактность — это типичное проявление свойств города как системы. Понятие “компактность” рассматривается с двух точек зрения. Первая из них даёт представление о конфигурации городского плана с позиции рационального соотношения его размеров. Вторая точка зрения связана с оценкой интенсивности освоения территорий: чем выше интенсивность, тем компактнее план. Конкретное выражение компактность находит в показателях территориальной плотности, под которой понимаются численность населения, количество мест приложения труда, протяженность транспортных и коммуникационных сетей, объем пассажиропотоков, площадь застройки и др., отнесенные к единице площади пространства [17; 49].

Именно с плотностью связывают возможность изменения уровня энергопотребления в городской среде, поскольку существует корреляционная зависимость между расходом энергии на человека и плотностью населения. В частности, повышение плотности жилой застройки на 10 % обеспечивает снижение потерь тепла на 5 – 7 % по сравнению со стандартной моделью застройки жилых районов. Уменьшение удельного энергопотребления с увеличением плотности застройки поселений объясняется, прежде всего, территориально-пространственной концентрацией энергопотребителей, уменьшением протяженности инженерно-транспортных коммуникаций и линий передач, укрупнением объектов коммунального обслуживания, трансформаторных и генери-

рующих энергоустановок. Наиболее энергоэкономичными являются те города, где транспортные и коммуникационные расстояния минимальны [8; 49].

Однако проблема повышения энергоэффективности города не исчерпывается повышением локальных плотностей, предел которых во многих городах уже достигнут. Для более полной оценки влияния градостроительных решений на экономию топлива и энергии необходимо учитывать и такие сложные факторы как конфигурация плана города и его функционально-пространственная структура. Эти факторы обуславливают внутреннюю энергетическую ситуацию в схеме энергетического зонирования города. Резервы сбережения топлива и энергии в этом случае могут быть получены за счет совершенствования схем функционального зонирования городов. Выделение в городской среде таких зон, как селитебная, промышленная, транспортная, культурно-бытового обслуживания, коммуникационных систем должно основываться на прогнозах развития поселений (тенденциях урбанизации, демографической ситуации, уровне развития строительной базы, объектов энергетики и других территориальных условиях и характеристиках).

Территориальный рост города зависит в основном от объемов массового жилищного строительства. С точки зрения функционально-планировочной организации жилых территорий города необходимо размещать потребителей таким образом, чтобы при удалении от источника не только сокращался транзит тепла, но и обеспечивалось пропорциональное снижение энергетических нагрузок. Реализация этого потенциала дает возможность сократить потери тепла в среднем на 25 – 30 % [39].

Концентрация жилой застройки вокруг “фокуса” — центра культурно-бытового обслуживания и транспортных магистралей — создает условия не только для эффективного использования подземных инженерных коммуникаций, но и способствует рациональному транспортному обслуживанию. Сокращение транспортных расстояний для перевозки пассажиров, сырья и готовой продукции в свою очередь способствует экономии топлива.

Основы теории размещения производства в пространстве были разработаны в XIX в. немецкими учеными Й. Тюненем, В. Лаунхардтом, А. Вебером. Их исследования концентрировались вокруг определяющих местоположение хозяйственной деятельности экономических факторов, таких как транспортные затраты, издержки на рабочую силу, агломерация. В советской школе теории пространственного размещения включали такие направления, как определение проблем экономического районирования, методов территориального развития страны, закономерностей, принципов и факторов размещения производительных сил. В рыночных условиях хозяйствования традиционные подходы территориальной организации производства стали отходить на второй план. На первый план выступают факторы интенсивного развития производства и оптимального размещения предприятий, в том числе с позиции сбережения топлива и энергии [17].

Преобладающий сегодня принцип освоения наиболее “выгодных” по первичным затратам площадок приводит к размещению предприятий на перифе-

рии крупных городов и увеличению непроизводительных энергетических затрат. Повысить энергоэффективность производства представляется возможным интенсификацией использования территории и повышением энерготехнологической связности предприятий путем размещения их в промышленных узлах и районах и создания территориально-производственных комплексов. Территориальная концентрация предприятий дает возможность использовать преимущества централизованного электро- и теплоснабжения, кооперировать энергетические мощности с учетом взаимной компенсации суточных пиков энергопотребления, снижать расход топлива при транспортировке сырья, материалов и готового продукта вследствие рационализации транспортных сетей и т.д.

Таким образом, разработка комплекса градостроительных мероприятий напрямую связана с прогнозированием тенденций роста численности городов, определением перспектив их территориального развития, специализацией общественного производства. На основании анализа этих факторов могут быть определены масштабы необходимого пространственного преобразования функционально-территориальной структуры и планировочной организации города с учетом энергетических затрат. Экономия энергии как функция оптимальной формы, компактности поселений, размещения производства выражается, прежде всего, в сокращении затрат в сфере инженерных коммуникаций и транспорта, что достигается рациональным размещением предприятий, транспортных магистралей, селитебной зоны, инженерных коммуникаций, источников энергии в городской застройке.

Важным объектом энергосбережения в застройке являются также строящиеся и эксплуатируемые здания, снижение энергопотребления в которых может быть достигнуто на основе комплексного и системного подхода.

3.3. Системный подход к энергосбережению в зданиях

Динамика энергопотребления в России и в развитых странах свидетельствует о глубоких общих закономерностях, свойственных изменению структуры топливно-энергетического баланса. Эти закономерности с учетом временных сдвигов проявляются в снижении уровня энергопотребления в промышленном секторе при повышении объема энергопотребления в жилищно-бытовой сфере.

Одним из основных объектов ЖКХ являются эксплуатируемые здания, энергоснабжение которых осуществляется по трем направлениям — снабжение потребителей природным газом, электроэнергией и теплоносителями. Следовательно, и направления энергосбережения в зданиях будут определяться техническими мерами экономии энергоносителей в системах отопления, кондиционирования, вентиляции, электро-, газо- и водоснабжения, а также стандартами и образом жизни. Представление о структуре энергозатрат и организационно-технических мерах по энергосбережению в зданиях дает схема, изображенная на рис. 8.

Выбирая приоритетные меры по экономии энергии, следует учитывать современное кризисное состояние теплового хозяйства и факторы, обуславливающие необходимость безотлагательного повышения эффективности теплоснабжения зданий. Эти факторы и условия рассмотрены авторами [2; 7; 34; 51] и определяются:

- резко континентальным климатом России со среднегодовой температурой минус 5 °С, при котором теплоснабжение зданий становится жизненно необходимым;
- расходом энергии на теплоснабжение жилых и общественных зданий, который составляет до 30 % потребляемых в стране первичных энергоресурсов;
- затратами энергии на теплоснабжение 1 м² жилой площади в России, превышающими в 2,5 – 3 раза показатели европейских стран;
- структурой энергопотребления в жилых зданиях, при которой на отопление и вентиляцию приходится 71 % энергии, на приготовление горячей воды – 13 %, на приготовление пищи – 9 %, на освещение и бытовые приборы – 7 %;
- дотированием затрат на зимнее отопление, на которые приходится от 40 до 80 % расходов регионального бюджета.

Уменьшению нагрузки на территориальные системы теплоснабжения может способствовать снижение расходов энергии на отопление зданий. Здания и сооружения создаются в течение длительного периода и отражают технические возможности своей эпохи, стандарты комфорта, теплотехнические и энергетические критерии. Нормативно-законодательная база строительства, существующая в России до 1995 г., имела ряд пробелов, к которым можно причислить недостаточные требования к теплозащитным качествам ограждающих конструкций: ориентацию на массовое изготовление энергоемких железобетонных конструкций, недооценку влияния конструктивных и архитектурно-планировочных решений на экономию энергии в зданиях. Эти недочеты привели к тому, что отечественные здания являются одними из самых энергоемких по сравнению со строительным фондом экономически развитых стран. Особенно неэффективен по использованию тепловой энергии жилой фонд, 80 % которого составляют дома из сборного железобетона. Фактические теплопотери в них из-за низкого качества строительства и эксплуатации на 20-30 % превышают проектные значения [2].

Помимо вышесказанного причина высокой энергоемкости отечественных зданий и сооружений кроется в отсутствии системного подхода к их созданию и последующей эксплуатации. Между тем жизненный цикл здания состоит из этапов проектирования, строительства и эксплуатации. На первом этапе закладываются все основные параметры здания, в том числе и энергетические. На остальных этапах эти параметры, как правило, только ухудшаются. При этом на стадии эксплуатации проявляются все последствия ошибок в проекте и строительстве.

Системный подход к зданию обуславливает необходимость осуществления энергосбережения в различных сферах хозяйствования, в ТЭК, ЖКХ, строительном комплексе. Схема системного управления сбережением энергии в зданиях изображена на рис. 9.



Рис. 9. Системный подход к управлению энергосбережением в зданиях

Основные выполняемые функции в рассматриваемых отраслях охватывают: 1. ТЭК – производство энергоресурсов, передача их в ЖКХ, управление спросом на энергоносители у потребителей; 2. Строительный комплекс: а) проектирование зданий – установление норм теплозащиты зданий и обоснование уровня потребления энергии на их отопление; б) строительство и промышленность строительных материалов и конструкций – качество строительных работ, строительных материалов и конструкций; потребление и сбережение энергоре-

сурсов; 3. ЖКХ – распределение энергоресурсов и их потребление, регулирование спроса, получение конечного эффекта энергосбережения.

В энергетическом хозяйстве формируется предложение энергоресурсов. Его объемы связаны с добычей, производством, преобразованием и распределением энергетических ресурсов конечным потребителям. На каждой из этих стадий ТЭБ возникают те или иные энергопотери и формируется потенциал энергосбережения в энергетике. ТЭК может влиять на качественные характеристики распределяемых энергоносителей и на уровень их спроса, а также осуществлять замену одних видов энергоресурсов другими, воздействуя тем самым на изменение динамики энергосбережения у потребителей.

Жилищно-коммунальное хозяйство. В процессе эксплуатации здания расходуется до 90 % энергоресурсов, потребляемых в процессе всего его жизненного цикла. При строительстве зданий потребляется 2 % энергоресурсов, при изготовлении строительных материалов и конструкций — около 8 % [15]. Такая структура энергетических затрат свидетельствует о важности осуществления мер по энергосбережению в ЖКХ. Однако функции жилищно-коммунальных подразделений в управлении энергосбережением сегодня ограничены лимитами финансовых и материальных средств и отсутствием экономических регуляторов. Вследствие этого ЖКХ осуществляет только управление качеством использования энергоносителей в системах инженерного обеспечения микроклимата зданий. Основной целью при этом является содержание этих систем в рабочем состоянии, что только косвенно влияет на сбережение энергоносителей.

Строительный комплекс. В практике экономически развитых стран принято определять энергоемкость строительной продукции по “всеобъемлющей энергии”. Это понятие предполагает учет полных затрат ТЭР на добычу, производство и транспортировку энергоресурсов, производство строительных материалов и конструкций, строительные работы и утилизацию материалов. Такой подход дает возможность при проектировании зданий выбирать действительно менее энергоёмкие материалы, конструкции и технологии [18; 46].

Недостаток данных о полной энергоэффективности инженерных решений в строительном комплексе России приводит зачастую к принятию неэффективных проектных вариантов зданий и сооружений. Для устранения отмеченных погрешностей в прил. 3 приведены справочные данные по энергозатратам для основных строительных материалов и конструкций.

Технологический спрос энергии на отопление зданий формируется на стадии проектирования (см. рис. 9). Он зависит от структуры теплопотерь. Для зданий гражданского назначения она имеет следующие значения по видам потерь тепла [11]:

- прямое энергорасточительство, при котором теряется до 30 % тепла. Этот фактор является следствием нерационального расходования энергоносителей в зданиях и отсутствия механизмов регулирования теплового режима в системах отопления;

- трансмиссионные тепловые потери, в результате которых через наружную оболочку здания исчезает до 30 % тепловой энергии;
- вентиляционные теплотери, возникающие при эксфильтрации отработанного воздуха и замене его на наружный с более низкой температурой;
- канализационные теплотери, обусловленные высокой температурой сточных вод, покидающих здание, по сравнению с температурой поступающей в зимнее время холодной воды.

На два последних пункта приходится до 40 % потерь тепловой энергии.

Структура тепловых потерь здания не является постоянной. Она меняется в результате воздействия достаточно многих факторов, таких как назначение, этажность, ориентация и габариты здания, размеры и сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций и т.д. Достичь существенных результатов экономии энергии на стадии архитектурно-строительного проектирования представляется возможным только при комплексном учете всех перечисленных составляющих теплового баланса здания. На таком принципе основываются при проектировании зданий с эффективным использованием энергии (ЗЭИЭ).

4. ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ С ЭФФЕКТИВНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ

Развитие такого научно-экспериментального направления в градостроительстве как создание зданий с эффективным использованием энергии связано с мировым энергетическим кризисом 70-х гг. [4; 32; 40; 53]. В последние годы и в России возрос интерес к проектированию и возведению ЗЭИЭ и стало формироваться новое направление в архитектуре по использованию возобновляемых источников энергии в зданиях и сооружениях [3; 5; 7; 8; 41; 46; 51].

Основная цель архитектурно-строительного проектирования ЗЭИЭ — создание зданий, в которых рационально используются энергетические и материальные ресурсы для обеспечения комфортного микроклимата в помещениях. Достижение указанной цели требует учета многообразия архитектурно-строительных, часто противоречивых факторов, влияющих на энергобаланс здания.

4.1. Объемно-планировочные решения в зданиях с эффективным использованием энергии

Согласно энергетической концепции проектирования зданий, получившей развитие в период мирового энергетического кризиса, расход энергии на отопление зданий зависит от принятия ряда инженерных решений при проектировании. Возможные решения при этом находятся между двумя типами зданий — использующими энергию окружающей среды и не использующими её. В здании, не использующем энергию, проектировщик применяет архитектурные и инженерные средства для того, чтобы уменьшить энергетические нагрузки, обусловленные климатом. Такие здания принято называть *энергоэкономичными*. В здании, приспособленном к климатическим условиям, позитивное и негативное влияние климатических условий избирательно фильтруется его конструктивными и инженерными системами. В этом типе *энергоактивных* зданий для отопления, освещения, вентиляции и охлаждения могут быть задействованы возобновляемые источники энергии окружающей природной среды [4; 7; 32; 41].

Следует отметить, что хотя для проектирования энергоактивных зданий требуются более глубокие знания и навыки, чем для проектирования энергоэкономичных зданий, тем не менее принципиальный подход к архитектурно-строительному проектированию обоих типов зданий по существу одинаков. Необходимо решить сложные задачи, включающие: определение оптимальных размеров, рациональной ориентации, формы и очертаний здания, направленных на сбережение энергии; повышение уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций; выбор энергоэффективной системы регулирования микроклимата — отопления, освещения и вентиляции.

4.1.1. Выбор энергоэффективной формы здания

Архитектурная форма и ограждающие конструкции здания рассматриваются как элементы формирования в нем микроклимата и выполняют функцию регулирования энергетических потребностей здания. Поэтому при разработке объемно-планировочного решения важно найти оптимальную форму здания, обеспечивающую минимальные теплотери через его наружную оболочку. Перед проектировщиками, которые намерены улучшить энергетическую эффективность здания, при определении его формы стоят два основных вопроса о выборе типа здания — энергоэкономичного или энергоактивного — и определении основных размеров здания — длины, высоты, ширины [4; 7; 32].

Энергоактивные здания, использующие энергию природной среды, должны иметь форму, которая фильтрует и распределяет доступную природную энергию во внутреннее пространство помещений в соответствии с нуждами потребителей. Оптимальное использование природных условий заключается в сбалансированности вклада природной среды и искусственно создаваемого микроклимата. Форма здания должна обеспечивать не только эффективное использование возобновляемой природной энергии солнца и ветра, но и сберегать энергию, поступающую от инженерных систем на освещение, отопление, вентиляцию и охлаждение. Наиболее удачное решение находится при этом между раскрытой (вытянутой) и компактной формами (рис. 10, *в*; *г*; *д*; *е*; *ж*; *з*).

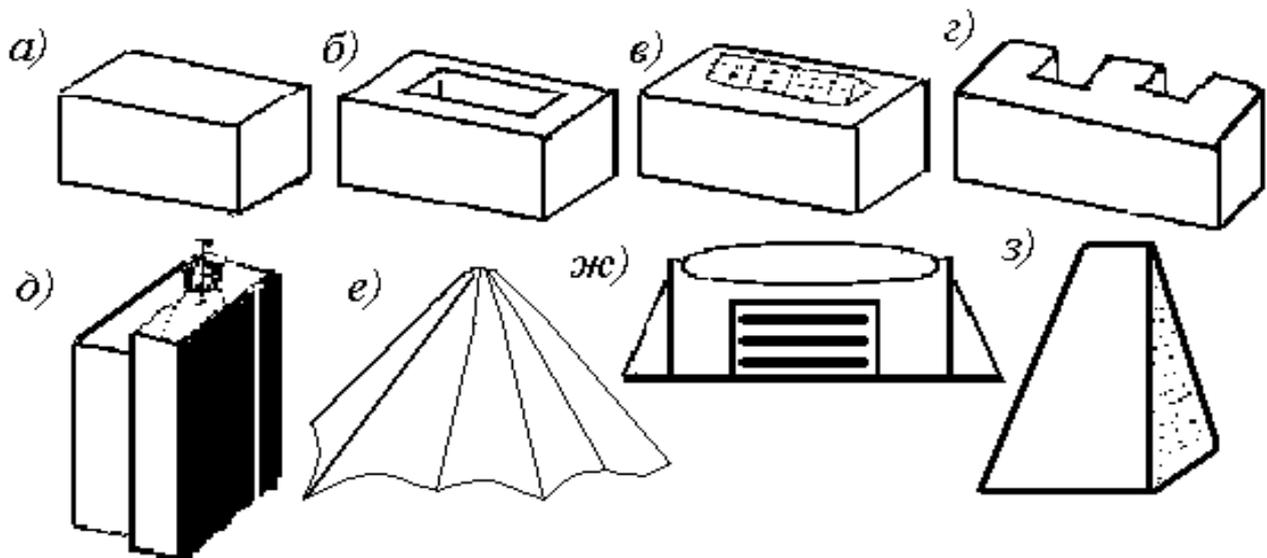


Рис. 10. Формы зданий [7; 32]:

а – не использующие энергию природной среды; *б* – промежуточная форма зданий между формами *а* и *в*; *в*, *г*, *д*, *ж*, *е*, *з* – использующие энергию природной среды

Форма, изображенная на рис. 10, *б*, характерна для здания, занимающего промежуточное положение между энергоэкономичным и энергоактивным. В энергоэкономичном здании, не использующем энергию природной среды, фор-

ма должна способствовать изолированию внутреннего пространства от неблагоприятного влияния климата (рис. 10, а). Фасады таких зданий не должны быть изрезаны, не желательны встроенные заглубленные лоджии и эркеры [8].

Компактность здания. Общим требованием к форме всех типов ЗЭИЭ является уменьшение теплопотерь через наружные ограждающие конструкции. Таким требованиям соответствуют здания с минимальным отношением площади этих ограждений к одному из его геометрических параметров, например к объему или площади пола. Для примера рассмотрим три здания равного объема и одинакового конструктивного решения, но разной формы. Как видно из данных табл. 9, эти здания имеют разные площади наружных ограждающих конструкций, а следовательно, и разную величину тепловых потерь.

Таблица 9

Значения компактности здания в зависимости от его формы [7]

Форма здания	Параметры здания					
	Длина	Ширина	Высота	S_{nn}	V	Компактность S_{nn}/V
Куб	12	12	12	864	1728	0,5
Параллелепипед	32	9	6	1068	1728	0,618
Параллелепипед	48	12	3	1512	1728	0,875

Для выявления зависимости различных параметров здания на его теплопотери необходимо продолжить изменять размеры здания и его форму, сохраняя при этом постоянным его объем. При этом критерием энергоэффективности формы здания является его компактность, представляющая отношение площади наружной оболочки здания к его объему (S_{nn}/V). Расчеты компактности различных зданий приводят к неизменному результату: наиболее компактно здание в форме сферы, немного хуже — кубической формы или в форме широкого параллелепипеда. Такие здания обладают низкой материалоемкостью и наименьшими теплопотерями. Неблагоприятной формой являются здания узкие, длинные или в виде высокой башни, для них свойственна наибольшая энергоемкость.

Согласно данным НИИСФ РААСН, расчетные показатели компактности здания, $1/m$, для жилых зданий не должны превышать следующих значений: 0,25 для зданий в 16 этажей и выше; 0,29 для зданий от 10 до 15 этажей включительно; 0,32 для зданий от 6 до 9 этажей включительно; 0,36 для 5-этажных зданий; 0,43 для 4-этажных зданий; 0,54 для 3-этажных зданий; 0,61; 0,54; 0,46 для двух-, трех- и четырехэтажных блокированных секционных домов соответственно; 0,9 для двухэтажных и одноэтажных домов с мансардой; 1,1 для одноэтажных домов.

На стадии проектирования можно предвидеть расход энергии на отопление здания в зависимости и от *его конфигурации в плане*. Энергетическая опти-

мальность плана оценивается значением отношения периметра здания P к площади его пола S , что при одинаковой высоте помещений здания соответствует отношению площади поверхности к объему [46].

Рассмотрим некоторые планировочные схемы зданий (рис. 11). Минимальное энергопотребление при одинаковой площади пола, в соответствии с данными табл. 10, свойственно зданиям, имеющим очертание плана в виде круга. Однако в таком типе зданий могут значительно увеличиться затраты на его возведение и возникнуть трудности с внутренней планировкой.

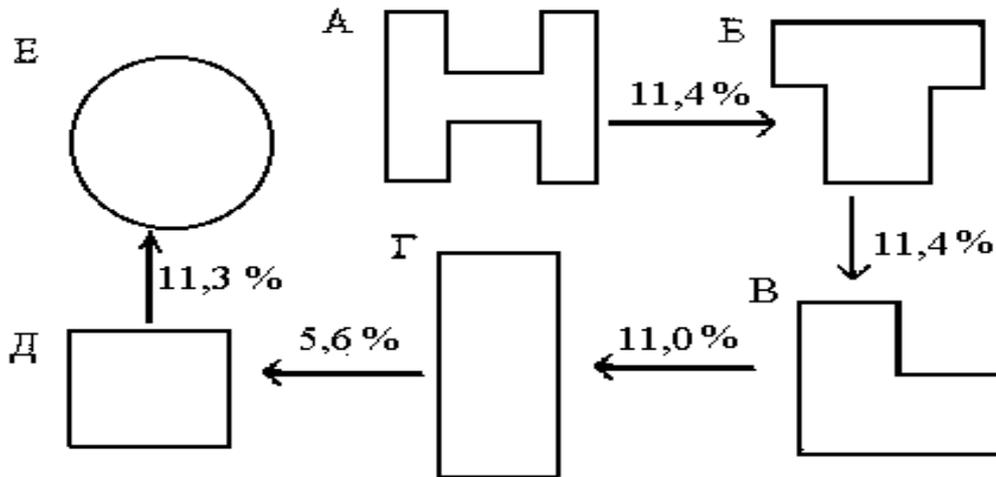


Рис. 11. Влияние конфигурации плана здания на его энергопотребление:
 → рост энергоэффективности здания

Таблица 10

Зависимость энергопотребления от конфигурации здания в плане

План	Отношение P к S	Площадь стен	Энергопотреб- ление, кВт	Площадь пола, m^2
А	1,15	160	2859	93
Б	1	140	2501	
В	0,88	123	2198	
Г	0,81	112	2001	
Д	0,76	106	1894	
Е	0,67	94	1659	

Рассчитано по данным [46].

Согласно результатам расчетов, приведенных в таблице, с увеличением площади поверхности наружной оболочки здания $S_{нп}$ теплотери и энергозатраты на его эксплуатацию растут. Оптимизировать форму здания, уменьшая $S_{нп}$, можно, используя принцип блокирования простых в плане зданий в более сложное.

4.1.2. Блокирование зданий как фактор снижения тепловых потерь

Важным методом повышения энергоэффективности здания при проектировании является изменение его формы путем формирования одного объекта из нескольких блоков. Блокирование позволяет добиться уменьшения теплопотребления зданием вследствие снижения площади наружных ограждающих конструкций до 50 %, материалоемкости строительства — на 8 – 10 %, площади застраиваемой территории — на 30 – 40 %, сокращения длины коммуникаций, подъездных путей и т.д. [7].

В практике проектирования блокирование зданий возможно как по горизонтали, так и по вертикали (рис. 12). Формирование более сложных зданий из простых объектов как по горизонтали в несколько рядов (рис.12, *а*), так и по вертикали (увеличение этажей), как показано на рис. 12, *б*, приводит к снижению площади наружных ограждений S_{nn} и уменьшению расхода энергии на их эксплуатацию.

Однако из этого правила имеются исключения. При существенном росте этажности здания начинает проявляться эффект “дымовой трубы”. Этот эффект заключается в том, что с увеличением высоты сооружения все больше растет расход энергии на нагревание инфильтрирующего воздуха и воздуха в системе вентиляции. Кроме того, при использовании теплоаккумулирующих свойств грунта в энергоактивных зданиях может оказаться предпочтительней схема *а* рис. 12, поскольку она обеспечивает большую площадь соприкосновения с грунтом, чем, например, схема *б* [7].

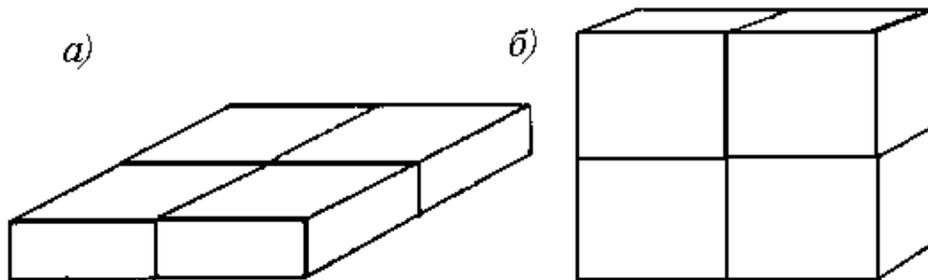


Рис. 12. Схема блокирования четырех объектов:
а — по горизонтали; *б* — по вертикали

Для выявления оптимального способа создания одного объекта из нескольких можно определить эффективность блокирования i , которая характеризует уменьшение площади наружной оболочки сблокированного здания $S_{nn}^{бл}$ относительно суммарной площади оболочки отдельных объектов $S_{nn}^{омд}$:

$$i = \frac{\sum_{nn}^N S_{nn}^{омд}}{S_{nn}^{бл}}. \quad (1) \quad \text{Рассмотрим особен-}$$

ности определения эффективности блокирования при формировании более

сложных в плане зданий из простых объектов, например в форме куба с размерами сторон $x=y=z$ (рис.13).

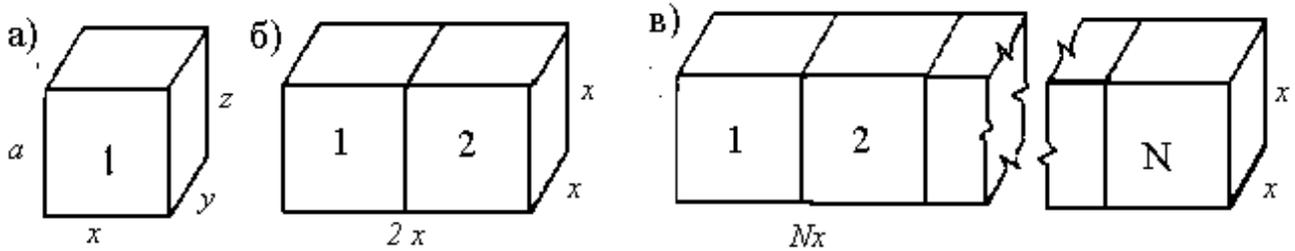


Рис. 13. Блокирование объектов в одно здание

Площадь наружной оболочки куба S_{nn} определяется как произведение числа поверхностей на площадь одной грани $S_{nn}=6 \cdot x^2$ (рис. 13, а). При формировании одного объекта из нескольких кубической формы (рис. 13, б; в) наблюдается следующая закономерность изменения площади наружных ограждающих конструкций S_{nn} : если в блокировании участвует два объекта, то S_{nn} полученного параллелепипеда уменьшается на величину $2 \cdot x^2$ относительно суммы площадей двух кубов, если — N число объектов, то на $2 \cdot n \cdot x^2$, где n — число вновь образованных внутренних граней параллелепипеда. Следовательно, площадь наружных ограждений здания в форме параллелепипеда, сблокированного из N числа объектов кубической формы, можно определить следующим образом [7]:

$$S_{nn}=6 \cdot N \cdot x^2 - 2 \cdot n \cdot x^2 = 2 \cdot x^2 (3 \cdot N - n)$$

Тогда формулу (1) можно представить в виде

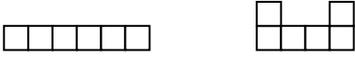
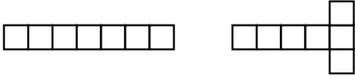
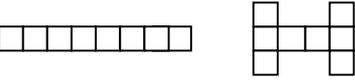
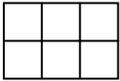
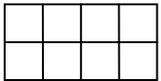
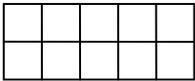
$$i = \frac{6 \cdot Nx^2}{2 \cdot x^2 (3 \cdot N - n)} = \frac{3 \cdot N}{3 \cdot N - n} \quad (2)$$

С использованием формулы (2) для некоторых характерных схем компоновки объектов была рассчитана эффективность блокирования, приведенная в табл. 11.

Таблица 11

Эффективность блокирования зданий

Схема блокирования	Число сблокированных объектов N	Число образованных внутренних граней n	Коэффициент эффективности блокирования i
	2	1	1,2
	3	2	1,29
	4	3	1,33
	5	4	1,36

Схемы блокирования	Число сблокированных объектов N	Число образованных внутренних граней n	Коэффициент эффективности блокирования i
	6	5	1,38
	7	6	1,4
	8	7	1,41
 Внутренний дворик	8 8	8* 9**	1,5 1,6
	6	7	1,64
	8	10	1,71
	10	13	1,76
	9	12	1,8

Примечание: * Для открытого дворика.

** Для остекленного дворика.

Полученные данные показывают, что наибольшего эффекта можно достигнуть при увеличении числа образованных внутренних граней относительно количества сблокированных объектов. Этот вывод наглядно демонстрирует пример блокирования зданий с созданием внутреннего дворика. При открытом дворике обеспечивается уменьшение площади наружной поверхностей блокированного здания по отношению к суммарной площади отдельных объектов в 1,5 раз. Однако если внутренний дворик преобразовать в атриум, застеклив его сверху, то эффективность блокирования может еще больше возрасти, до 1,6, поскольку увеличивается число внутренних граней.

При блокировании объектов прямоугольной формы в плане величину $S_{ин}$ вновь полученного объекта можно определить по формуле, аналогичной формуле (2):

$$S_{ин} = \sum S_{ин}^{отд} - \sum 2S_{ин}^{вн}, \quad (3)$$

где $\Sigma S_{nn}^{отд}$ — сумма площадей наружных ограждающих конструкций отдельно стоящих зданий;

$\Sigma 2S_{nn}^{вн}$ — удвоенная сумма площадей вновь образованных внутренних граней параллелепипеда (при несовпадении площадей ограждений по грани блокирования в расчетах принимается удвоенная величина меньшей из двух площадей) [7].

Блокирование получило достаточно широкое распространение в промышленном строительстве. В этом случае иногда приходится соединять вместе как отапливаемые, так и неотапливаемые здания (складские и др.). Их чередование ведет к дополнительным теплотерям в зданиях и сооружениях. Целесообразно применять принцип теплового зонирования. Это способствует оптимальному варианту блокирования, так как отапливаемые объекты или части здания примыкают друг к другу, а неотапливаемые формируются отдельно.

Компактность формы здания лишь отчасти характеризует величину теплотер, поскольку не учитывает условия теплообмена ограждающих конструкций с окружающей средой. Поэтому при разработке объемно-планировочных решений важно отыскать оптимальное соотношение размеров здания, обеспечивающее минимальные теплотери через его оболочку.

4.1.3. Влияние размеров здания на его энергоэкономичность

Современные жилые здания имеют очень нерациональную форму с точки зрения экономии тепла. Узкий корпус и большая поверхность наружных ограждающих конструкций этих зданий приводят к значительным тепловым потерям.

Энергоэкономичность архитектурно-строительных решений здания оценивают величиной удельного расхода энергии на его отопление. Этот показатель определяется как отношение тепловых потерь здания к полезной площади его ограждающих конструкций. На энергоэкономичность здания могут влиять как абсолютные размеры (длина, высота, ширина, этажность), так и соотношения отдельных параметров (удельная площадь наружных ограждений, удельный периметр наружных стен, соотношение площади оконных проемов к площади наружных стен) [7; 8; 11; 32; 46]. Рассмотрим, каким образом эти величины влияют на тепловые потери здания.

Удельный расход энергии на отопление q изменяется в зависимости от этажности и ширины зданий. Максимальные значения этого показателя наблюдаются в одноэтажных зданиях, с увеличением этажей q снижается, причем наиболее значительно в интервале с первого по третий этаж. Уменьшение энергопотребления достигается и в результате проектирования и строительства многоэтажных зданий, занимающих большую площадь в плане. С увеличением ширины корпуса жилых зданий, приводящей к сокращению на 20 – 30 % удельной площади ограждающих конструкций на 1 м² жилья, теплотери понижаются на 15 – 20 % [7; 9].

В практике проектирования зданий и сооружений с целью анализа их теплозащитных качеств используют, в частности, такие показатели как удельный периметр наружных стен и удельная площадь наружных ограждений.

Удельный периметр наружных стен здания определяется как отношение величины периметра наружных стен к общей площади типового этажа. Уменьшение этого показателя на каждые 0,01 м приводит к снижению расхода тепла на 1,25 – 2 % в зависимости от этажности здания [7].

Удельная площадь наружных ограждений — это отношение площади наружных ограждающих конструкций здания к развернутой площади здания. Чем меньше оказывается этот показатель, тем выше энергоэкономичность здания. Для малоэтажных производственных зданий удельная площадь наружных ограждений составляет 1,5 – 2, для жилых — 0,8 – 1, а для многоэтажных промышленных и жилых зданий соответственно 0,5 и 0,4. Для зданий-пирамид, широко проектируемых в ряде стран, этот показатель еще меньше — 0,15 – 0,3. Минимальное значение этого показателя (до 0,1) свойственно зданиям спортивных и выставочных комплексов, складов, депо и др., имеющим форму полусферы [7].

Важным методом снижения энергопотерь в зданиях объемно-планировочными средствами является *выбор оптимальной площади оконных проемов*. На окна приходится до 50 % теплопотерь в зданиях. Существенную роль в этом играет степень остекленности фасадов зданий [9].

При проектировании оконных проёмов обычно исходят из обеспечения нормативной освещенности, функциональных и эстетических требований. При этом оптимальная площадь светопроемов зависит от климатических условий строительства. Для промышленных зданий она, согласно рекомендациям НИИ “Промздания”, не должна превышать 25, 20, и 15 % площади стен, возводимых в районах со средней температурой наиболее холодной пятидневки соответственно до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, от -30 до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. С увеличением этого отношения, например, с 0,23 до 0,6 годовые эксплуатационные затраты на отопление зданий возрастают в 1,5 раза [7]. Для жилых зданий, по данным НИИСФ РААСН, суммарная площадь окон не должна быть более 18 % от суммарной площади всех наружных ограждающих конструкций при сопротивлении теплопередаче светопрозрачных ограждений R_o менее $0,56\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}/\text{Вт}$ и не более 25 % при R_o более $0,56\text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}/\text{Вт}$.

Если по архитектурным соображениям необходима большая площадь светопроемов в зданиях, то наличие современных светопрозрачных ограждений с достаточно высоким сопротивлением теплопередаче позволяет реализовать практически любое решение архитектора. Для некоторых энергоактивных зданий эта мера становится обязательной. При увеличении площади светопроемов проектировщику необходимо учитывать вероятность роста теплопотерь зимой и теплопоступлений летом, возможность снижения энергетической нагрузки на систему искусственного освещения и статической нагрузки на фундамент (за счет уменьшения площади глухих участков).

В энергоактивных зданиях перед проектировщиком часто встает задача поиска оптимального соотношения между площадью поверхности наружных

ограждений и объемом или полезной площадью. В стационарных условиях теплопередачи через ограждающие конструкции потери тепла определяются по формуле [7; 8]

$$\frac{Q_{\text{отп}}}{\Delta t} = F_c \cdot K_c + F_{\text{кр}} \cdot K_{\text{кр}} + F_n \cdot K_n, \quad (4)$$

где F_c , $F_{\text{кр}}$, F_n — площади соответственно стен, крыши и пола;
 K_c , $K_{\text{кр}}$, K_n — коэффициенты теплопередачи этих конструкций.

Для упрощения расчетов А.М. Береговым [7] приняты такие допущения: коэффициенты теплопередачи K для всех наружных стен одинаковы, все поверхности наружных ограждений имеют одну и ту же разность температур. Для зданий длиной L , шириной B и высотой H введены следующие коэффициенты:

$$\begin{aligned} \alpha &= B / H; & \beta &= L / B; & F_{\text{кр}} &= F_n; \\ \kappa &= 1 / 2 (K_{\text{к}} + K_n); & r &= K_c / (1 / 2 (K_{\text{к}} + K_n)). \end{aligned}$$

Эти коэффициенты примут следующие значения для зданий с планом в виде:

1) квадрата — $\alpha = r$; $B = H \cdot r$; $V = H^3 \cdot r^2$, откуда $H = \sqrt[3]{\frac{V}{r^2}}$;

2) прямоугольника — $\alpha = \frac{(1 + \beta) \cdot r}{2}$, $V = \alpha^2 \cdot \beta \cdot H^3$, тогда $H = \sqrt[3]{\frac{V}{\alpha^2 \cdot \beta}}$.

Во втором случае величина α для различных β будет принимать следующие значения: при $\beta = 1$ $\alpha = r$; при $\beta = 2$ $\alpha = 0,75 r$; при $\beta = 3$ $\alpha = 0,67 r$; при $\beta = 4$ $\alpha = 0,625 r$; при $\beta = 5$ $\alpha = 0,6 r$.

С учетом приведенных допущений достаточно легко на стадии проекта можно установить оптимальные размеры здания квадратной или прямоугольной формы в плане.

4.1.4. Ориентация зданий

В параграфе 3.1 была обоснована необходимость учета климатических условий при осуществлении мер по энергосбережению на территории застройки. Выполнение требований строительной климатологии играет важную роль и в проблеме сбережения энергии в зданиях.

Существенное воздействие на оболочку здания оказывают солнечная радиация и ветер. Для комплексной оценки влияния этих факторов на баланс тепловой энергии здания желательно рассматривать график “розы ветров” совместно с изображением секторов неблагоприятной ориентации по условиям теплоступлений от солнечной радиации. На рис. 14 приведен пример разбиения круга горизонта на сектора с указанием неблагоприятных по различным климатическим факторам зон. Основными методами уменьшения неблагоприятного влияния климатических факторов на микроклимат здания является его рациональная ориентация по сторонам горизонта и выбор оптимального планировочного решения [4; 7; 8].

При разработке планировочных решений здания, расположенного в любом климатическом районе страны, целесообразно применять принцип теплового зонирования. Расположение помещений по этому принципу позволяет

улучшить воздушный режим здания и экономить тепловую энергию. Так, в условиях холодного и сурового климата в зданиях широтной ориентации основные помещения, в которых регламентируется более высокая нормативная температура, предпочтительней располагать со стороны южного фасада, а второстепенные — северного.

В зданиях, проектируемых на территориях с сильными ветрами и высокой запыленностью воздуха, согласно принципу теплового зонирования на подветренной стороне здания следует размещать летние и большинство жилых помещений, а также входной узел. На наветренной стороне располагаются подсобные помещения (лестничные клетки, коридоры, галереи и др.) и допускается ориентировать не более одной жилой комнаты в двух- и трехкомнатных квартирах и не более двух комнат в четырех-, пяти- и шестикомнатных [7].

Архитектурно-композиционные решения фасадов, проектируемых с учетом ветровой защиты, включают в себя: ориентацию продольной оси здания в направлении господствующего в январе ветра; размещение лоджий, балконов, выступов в виде горизонтальных и вертикальных ребер таким образом, чтобы максимально снизить ветровой напор [4; 11].

При привязке здания на местности следует учитывать неоднозначное влияние солнечной радиации на температурный режим помещений в различных климатических районах. В условиях южных районов для исключения перегрева помещений и увеличения в этой связи расхода энергии на искусственное охлаждение при двухсторонней схеме расположения квартир допускается ориентировать в пределах от юго-запада до северо-запада не более одной комнаты в двухкомнатных квартирах и не более двух — в трех- и четырехкомнатных.

Выбор решения по ориентации здания и расположенных в нем помещений в зависимости от влияния перечисленных выше климатических факторов должен быть согласован с требованиями по инсоляции. Нормативный период и продолжительность инсоляции помещений согласно п. 9.19 СНиП 2.07.01-89* "Градостроительство, планировка и застройка городских и сельских поселений" (М., 2000.) устанавливаются в зависимости от географической широты района строительства. Критерии по инсоляции сведены в табл. 12.

Таблица 12

Нормативная продолжительность инсоляции

Географическая широта	Требуемый период инсоляции	Продолжительность инсоляции, ч
Жилые и общественные здания		
Севернее 58° с.ш.	С 22 апреля по 22 августа	Не менее 3 в день
Южнее 58° с.ш.	С 22 марта по 22 сентября	Не менее 2,5 в день
Дошкольные и образовательные учреждения, учреждения здравоохранения и отдыха		
Непрерывная трехчасовая продолжительность инсоляции в помещениях		

Примечания: 1. В условиях многоэтажной застройки (9 этажей и более) допускается одноразовая прерывистость инсоляции жилых помещений. Суммарная продолжительность инсоляции при этом увеличивается в течение дня на 0,5 часа. 2. В жилых домах меридионального типа, а также при строительстве в особо сложных градостроительных условиях допускается сокращение продолжительности инсоляции на 0,5 часа соответственно для каждой зоны.

Важными элементами формирования микроклимата и регулирования энергопотребления в зданиях являются “буферные зоны” — веранды, лоджии, оранжереи, остекленные дворы, атриумы и т.п. [7; 11].

Наиболее высокой эффективностью обладают атриумы, которые позволяют проектировать ширококорпусные компактные здания (рис. 15). В энергоактивных зданиях атриум является своеобразным резервуаром для снижения воздухообмена, аккумулятором тепла, своеобразной защитой смежных с ним помещений от атмосферных воздействий. Рационально спроектированные “буферные зоны” смягчают воздействие климатических факторов на здание, позволяют создать нормативные санитарно-гигиенические условия в помещениях при относительно меньших затратах энергии. В энергоактивных зданиях атриумные пространства используются как открытые объемы, обеспечивающие поступление в помещения энергии природной среды. Эта энергия преобразуется с помощью установок нетрадиционной энергетики, после чего применяется для энергообеспечения зданий.

4.2. Проектирование наружных ограждающих конструкций

Важную роль в формировании теплового режима и сбережении тепловой энергии в здании играют конструктивные методы. Необходимым условием снижения тепловых потерь является повышение уровня теплозащиты ограждающей оболочки здания. Только после решения вопроса о теплоизоляции наружных ограждающих конструкций здания можно говорить о других мерах энергосбережения.

Согласно изменениям № 3 и 4 к СНиП II-3-79* “Строительная теплотехника”, введенным в действие в 1995 и 1998 гг., предусматривается ужесточение требований к теплозащите ограждающих конструкций. Вследствие этого должно быть увеличено термическое сопротивление, например, наружных стен строящихся и реконструируемых зданий в 3 – 3,5 раза, а оконных проемов с 0,43 до 0,51 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$) / Вт [34].

Решение задачи снижения теплопотерь зданием за счет повышения теплоизоляции различных ограждающих конструкций имеет свои особенности. Для светопрозрачных ограждений это решение лежит в области разработки новых конструкций оконной продукции, их производства и качественного выполнения работ по их установке. Увеличение теплозащиты наружных стен зданий повлекло за собой коренное изменение конструктивных схем и технологий строительства, что способствовало возникновению ряда проблем в строительном комплексе. Рост термического сопротивления покрытий и перекрытий не влечет за собой изменений традиционных конструктивных решений. Современные показатели теплозащиты для этих элементов ограждающей оболочки

здания достигаются использованием более эффективных теплоизоляционных материалов или увеличением слоя утеплителя.

Светопрозрачные ограждающие конструкции являются наиболее слабым элементом ограждающей оболочки здания с точки зрения теплозащиты. Основным показателем теплозащитных качеств ограждающих конструкций зданий является сопротивление теплопередаче R_o . Для наиболее массовых видов окон в экономически развитых странах этот показатель не опускается ниже 0,55 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$) / Вт, для “суперокон” он составляет 2,0 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$) / Вт. Отечественные конструкции деревянных окон по технологическим показателям не соответствуют мировому уровню. Для окон со спаренными переплетами сопротивление теплопередаче составляет 0,35 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ / Вт, с отдельно-спаренными переплетами — 0,53 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ / Вт. При этом в зарубежных странах соотношение сопротивления теплопередаче окон и стен не опускается ниже 0,3 – 0,35, в отечественной практике это соотношение доходит до 0,1 [34; 38].

По оценкам специалистов замена отечественных светопрозрачных конструкций на энергосберегающие позволит снизить радиационные теплотери в зданиях на 75 % и получить экономию до 20 кг у.т. на 1 м^2 светопрозрачных ограждений за отопительный период. При этом затраты на замену старых деревянных окон на современные из ПВХ по расчетам, выполненным ОАО “ЛенНИИпроект” и фирмой “КБЕ”, окупятся через 4-6 лет при существующих тарифах на электроэнергию [8].

Однако технические вопросы замены окон в отдельных регионах страны, по мнению специалистов [34, 38], требуют дополнительного исследования. Это обусловлено тем, что строительными нормами в зданиях предусмотрен воздухообмен за счет неорганизованного притока наружного воздуха через неплотности в окнах. В результате герметизации окон исключается фильтрация, что приводит к ухудшению воздухообмена в помещениях. В результате повышается влажность воздуха и конструкций, выпадает конденсат на внутренних поверхностях ограждающих конструкций с вытекающими из этого последствиями. Проветривание помещений смягчает неблагоприятные явления, вызванные герметизацией окон, но приводит к тому, что сэкономленное тепло уходит через форточки.

Современные строительные технологии позволяют наряду с заменой старых окон в зданиях на энергосберегающие стеклопакеты задействовать другие мероприятия, в частности: нанесение на стекла теплоотражающих пленок и специальных низкоэмиссионных покрытий; использование селективных, теплоотражающих и поглощающих стекол; ремонт старых окон с уплотнением оконных и дверных проемов; установка энергосберегающих жалюзи и светоотражающих козырьков [8; 9; 38; 41; 46].

Установка светоотражающих козырьков дает возможность повысить уровень и продолжительность естественного освещения в помещениях, тем самым позволяет выключить или не полностью нагрузить две трети осветительных приборов. Устройство регулируемых жалюзи приводит не только к повышению теплоизоляции, но и звукоизоляции окон. Схема действия, особенности и эф-

эффективность таких конструктивных систем показаны на рис. 16. Зарубежный опыт эксплуатации таких конструкций с системой электронного управления, позволяющей опускать жалюзи ночью, показывает, что при этом исключается в зимний период охлаждение здания ночью и обогрев днем [41].

Одним из основных объектов сбережения тепловой энергии в зданиях по требованиям новых теплотехнических норм являются *наружные стены*. Проблему повышения их теплозащитных свойств можно решить следующими методами: дополнительным утеплением; устройством замкнутых и вентилируемых воздушных прослоек; рациональным расположением конструктивных слоев; применением прозрачной теплоизоляции; посредством утилизации тепла уходящего воздуха помещений и т.д. [4; 7; 32; 40; 42; 46; 53].

Требование обязательного повышения теплоэффективности ограждающих конструкций зданий при одновременном ограничении стоимости строительства привело к необходимости возведения многослойных стен с использованием в качестве утеплителя легких эффективных теплоизоляционных материалов. В настоящее время существует достаточное количество зарубежных и отечественных технологий по возведению многослойных наружных стен и утеплению существующего строительного фонда. Эти технологии конструктивно похожи друг на друга, но отличаются типом утеплителя, системой армирования и крепления, составом и толщиной защитного слоя (рис. 17, а, б, в).

Наиболее используемые методы повышения теплоизоляции представляют системы “Dryvit” (США), “Senergy” (США), “Tex-Color” (Германия), “Ceresit” (Польша), “теплоизолирующая оболочка “Тиги-Кнауф””, “Полиалпан”, “Термошуба” (Белоруссия), “Шуба плюс” (фирма “Эверест”), сухой способ утепления наружных стен (Академический институт инвестиционно-строительных технологий РААСН). Существенным фактором в этих конструктивных системах является последовательность расположения слоев разной плотности в многослойном ограждении. Размещение слоев сказывается на влажностном режиме, тепловой инерции, характере затухания амплитуды температурных колебаний в толще конструкции, а также на ее теплоаккумулирующих свойствах, которые учитываются и используются в пассивных системах энергоактивных зданий.

Повысить энергоэффективность наружных стен в возводимых и эксплуатируемых зданиях можно путем их утепления с внутренней или с наружной стороны. Практическая реализация различных проектных разработок показала, что оба способа имеют позитивные и негативные стороны [4; 16; 53].

Устройство наружной теплоизоляции имеет недостаток, состоящий в необходимости устройства лесов снаружи здания, и ряд достоинств, позволяющих:

- защитить стену от переменного замерзания и оттаивания и других атмосферных воздействий;
- выравнять температурные колебания основного массива стены, благодаря чему исключается появление в нем трещин вследствие неравномерных температурных деформаций;

- увеличить долговечность несущей части наружной стены;
- сдвинуть точку росы во внешний теплоизоляционный слой, благодаря чему исключается отсыревание внутренней части стены;

- создать благоприятный режим работы стены по условиям ее паропроницаемости, исключая необходимость устройства специальной пароизоляции, в том числе на оконных откосах, что требуется в случае внутренней теплоизоляции;
- улучшить в ряде случаев оформление фасадов реконструируемых или ремонтируемых зданий;
- сохранить площадь помещений.

Способ утепления наружных стен изнутри здания не требует устройства лесов и более выгоден для уменьшения теплопотерь в углах здания. Однако в общем балансе теплопотерь значительно более эффективной оказывается наружная теплоизоляция. Если при наружной теплоизоляции потери через теплопроводные включения снижаются при утолщении слоя утеплителя и в ряде случаев его значениями можно пренебречь, то при внутренней теплоизоляции негативное влияние этих включений наоборот возрастает с увеличением толщины слоя утеплителя. Кроме того, при наружной теплоизоляции кирпичных стен в случае отключения источника тепла они остывают в 6 раз медленнее стен с внутренней теплоизоляцией при одной и той же толщине слоя утеплителя [16].

Следовательно, в большинстве случаев предпочтительна наружная теплоизоляция стен зданий. Внутреннюю теплоизоляцию целесообразно применять только в зданиях с сохраняемыми фасадами и при отсутствии возможности использовать наружный способ утепления стен.

При строительстве монолитных зданий актуальным методом повышения теплозащитных качеств наружных стен становится сохранение опалубки, выполняющей одновременно роль теплоизоляции, защитно-декоративного покрытия теплоизоляции монолитных стен, звукоизоляции межэтажных перекрытий (рис.17, д). В качестве оставляемых опалубок для монолитного железобетона в мировой практике известны следующие типы конструкций [42, 41]:

- тонкие сборные железобетонные или полимерцементные панели высотой в этаж с наклеенным с внутренней стороны утеплителем и прикрепленные к монолитному бетону различными анкерами. Использование плит с декоративными выступами, изготовленными в заводских условиях, исключают необходимость проведения работ на фасаде здания (за исключением окраски);
- объемные пенополистирольные блоки (система “Пластбау”) или панели для устройства наружных, внутренних стен и перекрытий. Для зданий, возведенных по системе “Пластбау”, снижаются не только затраты на отопление, но и сметная стоимость строительства. Она на 10-15 % меньше, чем в монолитных зданиях, имеющих другие конструктивные решения.
- объемные керамические блоки и панели из других материалов, соединенные анкерами и дублированные утеплителем.

Обоснование конструктивного решения ограждающих конструкций здания осуществляется на основании теплотехнического расчета, выполненного для конкретных климатических условий. Методика расчета толщины утеплите-

ля при стационарных и нестационарных условиях теплопередачи приведена в СНиП II-3-79* (1998), в учебном пособии [6] и других источниках.

4.3. Особенности проектирования энергоактивных зданий

Проектирование элементов энергоактивных зданий осуществляется с учетом обеспечения эффективного улавливания, преобразования и передачи в энергосистему (внутреннюю или внешнюю) энергии возобновляемых источников. Почти все источники нетрадиционной возобновляемой энергии характеризуются низкой плотностью, что требует больших площадей для ее утилизации. Ввиду этого планировочные и конструктивные решения в зданиях включают энергоэффективную их ориентацию с учетом климатических условий, использование конструкций в качестве аккумуляторов энергии, оптимальное совмещение больших ограждающих поверхностей с дополнительными утилизаторами нетрадиционной энергии [4; 7; 8; 32; 41; 46; 53].

Архитектурно-строительное проектирование энергоактивных зданий так же, как и энергоэкономичных, начинают с разработки объемно-планировочных решений, прежде всего с анализа и выбора формы (см. рис. 10). Одна из особенностей работы над формой, внешним обликом и конструкциями энергоактивного здания состоит в их комплексной увязке с элементами системы формирования микроклимата и теплового режима помещения, основанной на использовании возобновляемых источников энергии (солнечными и гидроколлекторами, отражателями, “массивными стенами” и др.). Форма этого типа зданий должна удовлетворять одному из двух требований. Первое требование включает возможность использования теплофизических свойств самого здания накапливать и сохранять энергию окружающей среды. Ограждающие конструкции такого типа зданий представляют собой *пассивные системы* утилизации энергии. Второе — создание в пределах здания специальных технологических устройств, преобразующих энергию возобновляемых источников энергии в тепловую и электрическую. Это так называемые *активные системы* энергии [4; 7; 41].

Восприятию природной возобновляемой энергии способствует ориентация энергоактивных зданий. В южных широтах страны целесообразно широтное размещение зданий, позволяющее получить ограждающей оболочке меньше солнечной радиации в летний период и уменьшить перегрев помещений, и больше — в холодный период года, что очень важно для устройства системы солнечного подогрева. В северных широтах, где в весенне-летний период наблюдается некоторый дефицит солнечной радиации, выгодно меридиональное размещение зданий. Такое расположение зданий обеспечивает в этот период повышение солнечной облученности наружных ограждений в среднем на 30 % [7].

4.3.1. Пассивные системы

Проектирование энергоактивных зданий в отличие от энергоэкономичных зачастую требует нестандартных творческих решений. Принципиально новым подходом можно назвать проектные решения, включающие аккумулирование тепловой рассеянной энергии природной среды и применение её для теплоснабжения здания и нагревания воды. Тепловую энергию можно накапливать с помощью теплоаккумулирующих конструкций здания или специальных технических устройств, аккумуляторов тепла, представляющих собой емкости с теплоаккумулирующим материалом — водой, каменной засыпкой и т.д.

Основным источником природной возобновляемой энергии в пассивных системах является солнечная радиация. Наружные ограждающие конструкции здания непосредственно нагреваются солнечными лучами и передают тепло в обогреваемые помещения. При этом энергоэффективность проектных решений зависит от теплоаккумулирующих свойств строительных конструкций, которые можно повысить следующими методами: применением строительного материала с большей величиной теплоемкости (например, бетона); отделкой наружной поверхности ограждений материалом, обладающим большим коэффициентом поглощения солнечной энергии; рациональной ориентацией конструкций по сторонам горизонта, способствующей максимальному облучению их поверхностей солнечной радиацией; устройством дополнительных элементов и технических устройств на наружных ограждающих конструкциях зданий.

Остановимся на рассмотрении некоторых методов пассивного использования ВЭР энергоактивными зданиями. Это системы [7; 4; 41]:

- утилизации солнечной энергии конструкциями зданий;
- динамической теплоизоляции наружных стен;
- трансформируемой теплопроводности стен.

Пассивные системы утилизации солнечной энергии широко используются в одноэтажных и незатененных многоэтажных зданиях. Широко известны и применяются следующие виды таких систем:

- “массивная стена” (Тромба – Мишеля) включает экран из стекла, расположенный на расстоянии 100 – 120 мм от наружной стены здания с темной поглощающей наружной поверхностью, за которой расположена воздушная прослойка. Под воздействием солнечной радиации стена нагревается. Через специальные отверстия тепло подается в помещения. В ночное время стекло закрывается трансформируемой теплоизоляцией для сокращения потерь теплоты. Летом воздушная прослойка сообщается с наружным воздухом и охлаждает поверхность стены. Для исключения перегрева помещений в теплый период года можно использовать затеняющие устройства (рис. 18, а);
- система прямого облучения, когда солнечная радиация проходит через оконные стекла, имеющие высокую пропускающую способность для лучей с длиной волны 400 – 3000 нм, но задерживающие инфракрасные лучи (парниковый эффект). В результате происходит нагревание внутренних поверхностей, особенно обладающих высокой теплоемкостью, и повышение внутренней температуры помещений (рис. 18, б);

- “стена инсолируемого объема”. К ней относятся распространенные конструкции оранжерей и зимних садов. Эта система является вариантом вышеприведенной массивной стены, только расстояние между стеклом и стеной увеличено до 2 м (рис. 18, а);
- “стена водонаполненная” имеет наиболее высокую теплоемкость по сравнению с другими материалами. Её целесообразно использовать в качестве теплоаккумулирующей среды. Для сохранения одинакового количества теплоты воды потребуется в 4 раза меньше, чем, например, бетона [4]. Конструктивно такая стена представляет собой цилиндрические емкости, наполненные водой (рис. 18, в);
- система “термический диод” является вариантом водонаполненной стены. Термодиод состоит из двух контейнеров с водой, разделенных слоем теплоизоляции, образующей стеновую панель аналогичную гелиоприемнику солнечного коллектора. Вода в наружной панели, нагреваясь за счет солнечной радиации, поднимается во внутренний коллектор и обогревает помещения здания;
- “водоналивная крыша” — это система, в которой поверх настила крыши расположены наполненные водой баллоны из черного материала, закрываемые в ночное время трансформируемым теплоизолирующим экраном. Нагреваясь энергией солнца, вода, имеющая большой объем (более 100 м²), обогревает здание. Летом вода, охлажденная за ночь, охлаждает здание днем при закрытом экране (рис. 18, г);
- термосифонные системы, в которых система для нагревания воздуха состоит из специальной панели плоского солнечного коллектора с водяным или воздушным теплоносителем и расположена ниже пола здания (теплового аккумулятора), что позволяет эффективно его нагревать (рис. 18, д).

При проектировании подобных конструктивных элементов в многоэтажных зданиях целесообразно охватывать пассивными системами солнечного отопления как можно большую поверхность наружных ограждений. Значимым при этом является вопрос об оптимальной ориентации энергоактивного здания.

Динамическая теплоизоляция наружных стен представляет собой конструкцию, благодаря которой холодный воздух проходит через сквозные вертикальные полости в стене и нагревается от теплоты пассивных систем солнечного отопления и традиционных систем отопления. Воздух попадает в помещение уже нагретым до определенной температуры. Отработанный воздух также проходит через полости в стене, отдавая ей при этом свою теплоту.

При разработке ограждающих конструкций здания, реагирующих на изменения наружной температуры, А. Н. Тетиор [41] предлагает использовать принцип бионики. Конструкции *стен с трансформируемой теплопроводностью* (рис. 19) работают именно по такому принципу, согласно которому животные реагируют на изменение температуры воздуха выростанием более густой шерсти или “взъерошиванием волосяного” покрова. В соответствии с этим наружный слой стены должен иметь трансформируемую облицовку, выполняющую функции теплозащиты в зависимости от температурных условий.

Такие системы могут иметь сложную конструкцию, включающую подобные элементы: светопрозрачную панель, перемещаемую на различные расстояния от черной поверхности стены; поворачивающиеся панели, имеющие покрытие, с одной стороны, светоотражающее, с другой — светопропускающее (рис. 19, а). Для приведения всей системы в движение служат пружины из металла “с памятью”: когда снаружи холодно, открывается доступ солнечным лучам к черному покрытию стены, когда тепло — свет отражается (рис. 19, в).

Более простые конструкции могут содержать теплозащитные элементы в виде замкнутых объемов, образуемых надувными и другими полостями (рис. 19, б), искусственными веерами, обрастающими инеем и снегом и обеспечивающими теплозащиту в зимний период (рис. 19, г).

В ряде случаев пассивное использование солнечной энергии без участия дополнительных технических устройств становится малоэффективным. При благоприятных климатических условиях (см. п. 2.3) энергоснабжение зданий может осуществляться по принципу *активного использования природной возобновляемой энергии* с применением специальных установок и оборудования.

4.3.2. Активные системы

В зависимости от используемых типов утилизаторов возобновляемой энергии выделяют основные виды энергоактивных зданий [4; 7; 40; 41; 46; 53]: гелиоэнергоактивные; ветроэнергоактивные; гидро- и геотермоэнергоактивные; с применением тепловых насосов.

Гелиоэнергоактивные здания. Солнечная энергия — один из самых доступных источников возобновляемой энергии. В энергоактивных зданиях солнечную энергию используют в следующих целях: для преобразования в электроэнергию; для нагрева теплоносителя и преобразования его энергии в электрическую; для подогрева воды и водоснабжения; для повышения температуры массивных конструктивных элементов зданий и т.д. Эффективность солнечных систем, расположенных в пределах здания, зависит от их энергооблученности, являющейся производной климатических характеристик местности и архитектурно-планировочных решений.

В активных системах зданий преобразование солнечной энергии осуществляется с помощью специальных установок — гелиоколлекторов. Они проектируются в виде плоской панели, совмещенной с обращенными на южную сторону элементами здания: стенами, покрытиями, лоджиями, светопрозрачными конструкциями (рис. 20). Вновь созданные элементы здания называются гелиоконструкциями, которые могут быть нерегулируемыми либо с регулируемым термическим сопротивлением и аккумуляцией солнечной энергии.

Тепло из коллектора передается теплоносителем, как правило, это вода или воздух, в систему обогрева здания либо к тепловым аккумуляторам — для сглаживания суточных и других колебаний температуры. Энергию аккумулируют в специальных баках-аккумуляторах в контуре гелиоприемника. Воздушные солнечные коллекторы более просты в конструкции и изготовлении, а водяные обладают большей эффективностью съема тепла, в среднем на 30 % [46].

Местоположение солнечных коллекторов в коробке здания зависит от его этажности. С увеличением количества этажей удельная поверхность крыши уменьшается, а стен – растет. В этой связи оказывается целесообразным совмещать коллекторы в многоэтажных зданиях с наружной стеной, а в малоэтажных — со скатом крыши.

С целью повышения энергетической эффективности коллекторов в структуре здания следует проектировать дополнительные энергоактивные элементы. В качестве таких элементов могут выступать внешние или внутренние отражатели, концентрирующие солнечную энергию в область гелиоприемника. Такой метод позволяет в 2 – 4 раза уменьшить его площадь [7]. Местом установки отражающих поверхностей могут быть как различные стационарные, поворотные и трансформируемые элементы гелиоздания, так и стены, откосы, насыпи и т.п. противостоящих объектов (рис. 20, ж; з).

Площадь гелиоприемников определяется из условия обеспечения оптимальной доли солнечной энергии в общей тепловой потребности здания с учетом минимальной стоимости единицы тепловой энергии. Этой доли солнечной энергии соответствуют различные значения удельной площади гелиоприемника, которые зависят от этажности здания (табл. 13).

Таблица 13

Оптимальные значения удельной площади гелиоприемника [7]

Этажность здания	Удельная площадь гелиоприемника	
	$F_c/F_{зд}$	$F_c/V_{зд}$
Малоэтажные	0,50 – 0,65	0,17 – 0,22
Четырехэтажные	0,38 – 0,50	0,12 – 0,17
Девятиэтажные	0,38 – 0,46	0,12 – 0,16

Примечание: $F_c/F_{зд}$ — отношение площади гелиоприемника к отапливаемой площади здания;
 $F_c/V_{зд}$ — отношение площади гелиоприемника к объему здания.

Солнечные электростанции на современном уровне развития технологий вырабатывают сравнительно дорогую электроэнергию. Для уменьшения ее стоимости применяют концентраторы солнечного излучения и другие методы. Наибольшее практическое использование нашли к настоящему времени солнечные установки в зданиях для подогрева воды. Они имеются в 90 % домов на Кипре и 70 % в Израиле. В США за 15 лет построено 1,2 млн зданий с использованием таких установок, в Японии за 7,5 лет — 1,5 млн [46].

В России солнечная энергетика находится в зачаточном состоянии, хотя половина территории благоприятна для использования солнечной радиации. Обеспечение гелиоустановками круглогодичного горячего водоснабжения в зданиях эффективно для районов, расположенных южнее 60° с.ш. Применение солнечных установок в режиме теплоснабжения целесообразно в Забайкалье, на юге Хабаровского и Приморского краев [46].

Особенностью *ветроэнергоактивных зданий* является размещение в пределах их корпуса ветрового генератора – аэрогенератора (рис. 21). Здания такого вида различаются по назначению — жилые, производственные, сельскохо-

зайтвенные — и выполняют дополнительную функцию производства электрической, механической и тепловой энергии путем преобразования энергии ветра.

Проектные решения при выборе формы и очертаний ветроэнергоактивного здания могут быть направлены на решение разных задач [4; 7; 41]. Наиболее простым решением является использования здания в качестве высокой опоры для ветроэнергетической установки (ВЭУ) (рис. 21, а; з). При этом на кровле может быть размещен гелиоколлектор, а ветроустановка предназначена для перекачивания энергоносителя в энергосистему здания (рис. 21, в). Более совершенное здание, форма которого обеспечивает дополнительное улавливание и концентрацию ветрового потока. Наиболее сложное архитектурно-строительное решение, когда в ветроэнергоактивном здании конструктивные элементы — зенитные фонари, колпаки, створки защиты проемов и другие — наделяются дополнительной способностью по трансформации в лопасти ветроколеса (рис. 21, б).

Эффективность применения ветровой энергии в зданиях зависит от климатических характеристик территории, рельефа местности, наличия водоемов, местных циркуляционных процессов. Поэтому при выборе площадки для размещения ветроэнергоактивного здания учитывают розу ветров и топографические особенности местности. Идеальным местом расположения ветроэнергоактивных зданий является район со среднегодовой скоростью ветра не меньше 3 м/с и отсутствием турбулентности. Городская застройка часто не соответствует этим требованиям, так как в ней преобладают процессы торможения и разделения ветрового потока с возникновением турбулентности.

Отмеченное показывает, что ветер является еще более непостоянным во времени источником энергии по сравнению с солнечной энергией. По этой причине для полной реализации потенциала ветроэнергетической системы в проекте здания необходимо предусматривать аккумуляторы энергии и подбирать соответствующие типы лопастей для ветроколеса. Имеется большая разновидность лопастей, повышающих эффективность работы ВЭУ: складывающиеся, поворачивающиеся, с клапанами, с машущими крыльями и др. Описанию их конструктивных особенностей уделено достаточное внимание в работе [41]. Заметим только, что наиболее экономичными являются аэрогенераторы с вертикальной осью (цепная мельница), лопасти которых в виде узких гибких полос образуют эллипсовидную фигуру (рис. 21, з, д). Такие лопасти под воздействием аэродинамических и центробежных сил могут менять ориентацию и принимать форму, которая уравнивает возникшие в них усилия.

ВЭУ имеют ряд преимуществ перед другими установками нетрадиционной энергетики [7; 44], акцентируем внимание на следующих моментах:

- для климатических условий строительства с большим количеством облачных дней они более предпочтительны для энергоснабжения, чем гелиоколлекторы;
- ветровое воздействие на здание при низких температурах хорошо согласуется во времени с дополнительной потребностью в обогреве;
- аэрогенераторы работают в условиях низких температур практически без снижения эффективности в отличие от солнечного коллектора.

Тем не менее широкому использованию ВЭУ в городской застройке мешают уровень рентабельности, размеры, внешний вид и шум [7; 41]. Экономическая эффективность использования ветровой энергии для энергоснабжения здания находится на пределе допустимой величины рентабельности и существенно зависит от уровня цен традиционных источников энергии и динамики их изменения.

Ветроколеса способны генерировать низко- и высокочастотные колебания, опасные для человека и нежелательные с точки зрения прочностных характеристик конструкций. Для устранения этих неблагоприятных явлений при проектировании ветроэнергоактивных зданий необходимо предусматривать различные способы виброизоляции и шумозащиты. Целесообразно размещать ВЭУ на производственных, научных и сельскохозяйственных зданиях или на некотором расстоянии от зданий, тем более что ветроэнергоактивные участки расположены на территориях, как правило, наименее пригодных для размещения зданий — над морем в зоне шельфа, на плоскогорьях и т.д. [41].

Особый интерес к использованию энергии ветра отмечается в Дании, на ее долю приходится 45 % мирового экспорта ветроэнергетической техники. Серийное производство ветроэнергетических установок (ВЭУ) налажено в США, Нидерландах, Германии, Великобритании, Италии и ряде других стран [5].

Гидро- и геозенергоактивные здания. Гидро- и геотермальная виды энергии являются низкопотенциальной тепловой энергией со слабым сезонным и суточным изменением температуры. Общая для данных видов энергии схема использования возобновляемой энергии может включать [22]: узел подачи или отбора энергии из внешнего источника с подводом энергоносителя (воздуха, воды или другой жидкости) к конструкциям здания; систему каналов для подачи энергоносителя в здание; насос для принудительной регулируемой циркуляции в системе; совмещаемые с ограждающими конструкциями здания теплообменники, представляющие собой систему труб с энергоносителем [4].

В геозенергоактивных зданиях теплоснабжение и горячее водоснабжение осуществляется за счет энергии геотермальных вод и теплоты земных недр. Значительные запасы термальных вод имеются в Исландии, США (штат Калифорния), Японии, России (Камчатская область), на Украине и др. Скважины в этих регионах дают водяной пар с температурой 200 – 400 °С, который позволяет получать электроэнергию, а также пароводяную смесь с температурой 100 – 120 °С, пригодную для теплоснабжения зданий. Отбор теплоты земных недр происходит из глубоких скважин, достигающих пород с высокой температурой, с помощью теплоносителя — воды [41].

В гидроэнергоактивных зданиях вода из гидротермального источника не может быть непосредственно подана в теплообменную систему здания, поэтому отбор тепла осуществляется через вторичный контур и теплообменник. Для тепло- и водоснабжения используют тепловую сбросную энергию ТЭЦ и промышленных предприятий, энергию естественных водных источников при протекании теплой воды в полости ограждающих конструкций здания или через трубчатые теплообменники.

Различают гидротермальные коллекторы открытого типа (теплая вода на всем протяжении соприкасается с воздухом) (рис. 22, г), полуоткрытого (вода частично не соприкасается с воздухом) (рис. 22, д), закрытого (вода соприкасается со стенками каналов) (рис. 22, е; з).

Гидроколлекторы для преобразования низкопотенциального теплоносителя размещают в любой части массива ограждения по толщине сечения. Для обеспечения нагрева помещения и исключения выпадения конденсата коллектор обычно занимает всю площадь стены, покрытия, перекрытия или проема светотехнического или вентиляционного назначения. В закрытых коллекторах конструкции гидроэнергоактивной системы могут быть совмещены с фундаментом здания.

Для оценки эффективности размещения гео- и гидроактивных зданий необходимо проанализировать топографические, геологические и климатические условия территории. Одновременно следует установить наличие свободных площадей, пригодных для размещения внешнего гео- и гидроколлектора. Важность этого действия показывает следующий пример: для геокolleктора одноэтажного коттеджа на широте Санкт-Петербурга требуется 0,2 – 0,5 га на глубине около 1 м [41].

Применение *тепловых насосов в энергоактивных зданиях* представляет одно из наиболее перспективных направлений в ускорении замены органического топлива возобновляемыми источниками энергии. В США более 30 % жилых домов оборудованы тепловыми насосами. В Швеции общее количество тепла, вырабатываемое теплонасосными установками (ТНУ), составляет около 50 % потребного. Россия существенно отстает в этой деятельности. Общая мощность всех ТНУ страны составляет около 45 Гкал·ч, что оказывается меньше, чем в Люксембурге.

Основными преимуществами тепловых насосов (ТН) являются возможность извлекать и рекуперировать тепло из низкотемпературных источников и более высокая эффективность использования энергии по сравнению с любым традиционным методом теплоснабжения. Независимо от типа ТН на единицу затраченного исходного топлива потребитель получает в 1,1 – 2,3 раза больше тепла, чем при прямом сжигании этого топлива [31].

В качестве низкотемпературных источников в ТНУ используют тепло: наружного и вентиляционного воздуха; сточных вод; сбросовое промышленное; подземной, озерной и морской воды; земли; накопленное в грунте и ограждающих конструкциях здания; выделяющееся при конденсации и др. Преобразование этого тепла в энергию с более высокой температурой может быть: компрессионным (компрессор последовательно сжимает и расширяет рабочее вещество — воздух или пар); сорбционным (последовательное осуществление термохимических процессов поглощения — сорбции рабочего вещества сорбентом, а затем — выделения его, т.е. десорбции); термоэлектрическим (выделение и поглощение теплоты при прохождении через спаи материалов электрического тока). Наиболее перспективными являются пароконпресссионные тепловые насосы [4; 41; 53].

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЗДАНИИ ПРИ КУРСОВОМ И ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Первые теоретические разработки в области создания и технико-экономической оценки энергоэкономичных зданий в России относятся к 1908 – 1910 гг. Пионерские исследования в этом направлении были осуществлены профессором В.А. Сокольским. Примечательно, что многие из сформулированных им принципов и методов расчета эффективности гражданского строительства в диссертации “Принципы экономичности и их выражение в современном строительстве” сохранили свою значимость и перекликаются с выводами зарубежных исследователей. Однако положения теории ученого недостаточно учитываются отечественными специалистами [32, 49].

Основные принципы проектирования гражданских зданий, предложенные В.А. Сокольским, включают методы повышения их экономичности, которые могут быть сформулированы следующим образом:

- широкое внедрение многовариантного архитектурно-строительного проектирования и выбор на его основе экономически наиболее выгодного варианта;
- оптимизация трех измерений здания и соотношений основных размеров;
- комплексный учет при архитектурно-строительном проектировании местных условий строительства (климатических, транспортных, рынка труда и местных строительных материалов), объемно-планировочных и теплозащитных качеств зданий, стоимости строительных материалов и энергии и др.;
- оценка на стадии проекта стоимости строительства здания во взаимосвязи с эксплуатационными затратами, прежде всего энергетическими;
- минимизация сроков строительства.

Перечисленные принципы достижения экономичности строительства должны представлять собой дополнение к инженерным методам создания ЗЭИЭ, изложенным в разделе 4. Комплексный подход даёт возможность проектировщику варьировать инженерные решения в процессе архитектурно-строительного проектирования зданий, достигая важную на современном этапе народнохозяйственную цель — экономию энергии при эксплуатации зданий.

Процесс обоснования энергосбережения в зданиях можно разделить на следующие взаимосвязанные этапы:

1. Сбор исходных данных для проектирования.
2. Выбор и обоснование оптимальных объемно-планировочных и конструктивных решений.
3. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания.
4. Определение технико-экономических и энергетических показателей при различных вариантах энергосбережения в зданиях.
5. Оценка эффективности энергосбережения в здании и выбор оптимального проектного варианта ЗЭИЭ.

На первом этапе предполагается сбор и подготовка исходных данных для проектирования зданий, таких как климатические характеристики, коэффици-

енты и параметры внутренней среды и ограждающих конструкций здания, показатели и параметры объемно-планировочных решений, цены на продукцию строительной индустрии и энергоносители и др.

Исходной базой информации по курсовому и дипломному проектированию ЗЭИЭ служат: справочная литература; проектные данные проектируемых или эксплуатируемых зданий; система общероссийских нормативных документов в строительстве, включающая СНиП 23-01-99 “Строительная климатология”, СНиП II-3-79* “Строительная теплотехника” (изд. 1998 г.), СНиП 2.04.05-91* “Отопление, вентиляция и кондиционирование”, СНиП 2.08.01–89 “Жилые здания”, СНиП 2.08.02-89* “Общественные здания и сооружения” и т.д.; учебные пособия; методические указания и др.

При проектировании пассивных и активных систем энергоактивных зданий особое внимание необходимо уделить тем климатическим параметрам, которые достаточно полно характеризуют выбранный источник возобновляемой энергии. Этим вопросам было уделено внимание в параграфах 2.3; 3.1; 4.3.

При сборе предпроектной информации, проектных данных, коэффициентов и критериев целесообразно ориентироваться на показатели, сведенные в табл. 14.

Таблица 14

Исходные параметры и коэффициенты для инженерных расчетов в процессе проектирования

Обозначение	Показатель	Источник
$t_n, ^\circ\text{C}$	Температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92	СНиП 23-01-99
$t_{o.n}, ^\circ\text{C}$	Средняя температура отопительного периода	– “ –
$z_{o.n}, \text{сут}$	Продолжительность отопительного периода	– “ –
$\varphi_n, \%$	Влажность наружного воздуха	– “ –
$t_{в}, ^\circ\text{C}$	Температура внутреннего воздуха	СНиП 2.08.01-89*; 2.08.02-89*
$\varphi_{в}, \%$	Влажность внутреннего воздуха	– “ –
n	Коэффициенты (табл. 3), (табл. 4,). По справочным данным определяется температура точки росы	СНиП II-3-79**
$a_{в}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Коэффициент тепловосприятия внутренней поверхности ограждения	– “ –
$a_{н}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения	– “ –
$\Delta t^H, ^\circ\text{C}$	Нормативный температурный перепад	– “ –
$\lambda_i, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	Коэффициент теплопроводности материала слоев ограждения	– “ –
$\tau_{mp}, ^\circ\text{C}$	Температура точки росы	Прил. 8 *
$\delta_i, \text{м}$	Толщина слоя	Проектные данные
N	Число однородных слоев в конструкции наружного ограждения	– “ –
$F^{sum}, \text{м}^2$	Суммарная площадь всех ограждающих конструкций здания	– “ –

Окончание табл. 14

Обозначение	Показатель	Источник
$F_1, F_2, F_3,$ $F_4, \text{ м}^2$	Площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по сторонам света	проектные данные
$F, \text{ м}^2$	Общая отапливаемая площадь здания	– “ –
$V, \text{ м}^3$	Общий отапливаемый объем здания	– “ –
β_v	Коэффициент снижения объема воздуха в здании	– “ –
β	Коэффициент для зданий: жилых – 1,13; для прочих 1,1	
n_a	Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период	СНиП 2.04.05-91
β_h	Коэффициент, учитывающий теплотери в системе отопления, для протяженных зданий $\beta_h=1,13$, для многосекционных и других протяженных зданий и для зданий башенного типа — 1,11	С.13 **
ν	Коэффициент, учитывающий способность ограждения аккумулировать или отдавать тепло – 0,8	– “ –
n_a	Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период	СНиП 2.04.05-91
k	Коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях	– “ –
$\rho, \text{ кг/м}^3$	Плотность воздуха в помещении	С.14 **
$Q_s, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	Теплопоступления от солнечной радиации	Климатологические справочники

Примечание: * Расчет и проектирование ограждающих конструкций зданий (Справочное пособие к СНиП) / НИИСФ. — М.: Стройиздат, 1990. — 233 с.;

** Ливчак В.И. Энергоэффективные здания — в московское массовое строительство // Вентиляция, отопление, кондиционирование. — 1999. — № 1. — С. 13–20.

Выбор и обоснование оптимальных объемно-планировочных и конструктивных решений. В процессе изучения курса архитектуры и основ энергосбережения студенты постепенно приобретают навыки архитектурно-строительного проектирования ЗЭИЭ. Для них, еще малоопытных проектировщиков, целесообразно систематизировать полученные данные и результаты, представляя их в табличной форме. Основные объемно-планировочные характеристики зданий, требуемые в процессе проектирования и обоснования мер по энергосбережению, сведены в табл.15.

На этом этапе проектирования представляется возможным параллельно анализировать несколько типов зданий, отличающихся объемно-планировочными и конструктивными решениями. Для выбора наиболее экономичного варианта с позиции общих и энергетических затрат важно располагать информацией из различных источников, в том числе от заказчика, энергетиков, муниципальных и коммунальных служб. При этом студент должен знать факторы, определяющие энергопотребление зданий на различных этапах архитектурно-строительного проектирования. Для упрощения этой задачи основные факторы по системам инженерного оборудования, основным планировочным и конструктивным параметрам систематизированы в табл. 16.

Таблица 15

Объемно-планировочные характеристики здания

Показатели	Тип и серия здания	
	Вариант 1	Вариант 2
Количество этажей Основные габариты здания, м В том числе длина ширина высота Общая площадь здания, м ² Конструкция стен Толщина наружных стен, м Ориентация здания по сторонам горизонта Общая площадь наружных ограждающих конструкций, м ² В том числе стен окон чердачного перекрытия пола 1-го этажа дверей Отапливаемый объем здания, м ³ Показатель компактности здания Коэффициент остекленности		

Таблица 16

Показатели и параметры, влияющие на энергопотребление здания

Планировочные и конструктивные параметры, показатели системы инженерного оборудования	Факторы, влияющие на энергопотребление здания
1. Параметры объемно-планировочного решения	Сетка осей. Размеры и объем здания. Площадь наружной ограждающей поверхности здания, в том числе светопрозрачных конструкций, покрытия и других глухих участков оболочки. Компактность здания, коэффициент его остекленности. Конфигурация здания в плане. Коэффициент эффективности блокирования здания. Ориентация здания и помещений. Высота и площади помещений. Аэрация помещений
2. Ограждающие и несущие конструкции: - наружные стены - светопроемы - покрытия - перекрытия (полы)	Конструктивное решение, последовательность расположения слоев. Строительный материал, его удельная и поверхностная плотности, объемная теплоемкость, теплоаккумулирующие свойства. Ориентация по сторонам горизонта. Величины приведенного сопротивления теплопередаче, сопротивлений воздухопроницанию и паропроницанию конструкции. Тепловая инерция конструкций. Наличие и особенности солнцезащитных устройств

Планировочные и конструктивные параметры, показатели системы инженерного оборудования	Факторы, влияющие на энергопотребление здания
3. Система инженерного оборудования: - отопление - вентиляция - искусственное освещение - горячее водоснабжение	Общие — нормативные критерии и образ жизни населения Вид отопления. Нормативная температура внутреннего воздуха помещений. Приборы авторегулирования, контроля и учета расхода энергии. Используемая энергия на отопление. Удельный расход энергии на отопление Кратность воздухообмена. Система вентиляции. Рекуперация уходящего тепла Местоположение и площади освещаемых помещений. Продолжительность естественного освещения. Удельный расход энергии на освещение, Вт/м ² Температура подаваемой воды и ее расход, л/чел. день

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания. В России сегодня существует два вида строительных нормативных документов: федеральные строительные нормы и правила (СНиП), обязательные для исполнения всеми организациями независимо от форм собственности, и территориальные нормы и правила (ТСН), применение которых ограничено их территориями. При этом ТСН не должны противоречить СНиПам. Вследствие этого имеется два основных метода теплотехнического расчета — предписывающий, являющийся основой СНиП II-3-79* “Строительная теплотехника” и энергетический, заложенный в ТСН ряда субъектов Российской Федерации [15; 37].

Методика предписывающего подхода к теплотехническому расчету приведена в СНиП II-3-79* “Строительная теплотехника” [37], в учебном пособии [6] и других литературных источниках. Согласно этому методу толщина слоя утеплителя в многослойных ограждающих конструкциях определяется по значению наибольшего из требуемых сопротивлений теплопередаче: 1) по санитарно-гигиеническим условиям; 2) по условиям энергосбережения в зданиях. Полученная расчетами толщина ограждающей конструкции проверяется по критериям воздухопроницаемости, паропроницаемости, теплоустойчивости.

Принципы энергетического подхода заложены, в частности, в ТСН Ярославской области и г. Москвы и Московской области, МГСН 2.01-99 “Энергосбережение в зданиях”. Последовательность теплотехнического расчета по этой методике и математические выражения для определения основных показателей даны в табл. 21, в [15] и другой специальной литературе.

Отдельные показатели и коэффициенты, необходимые для теплотехнического расчета, приведены в табл. 14, в СНиП II-3-79*, в учебном пособии [6]. Окончательные результаты теплотехнического расчета для различных вариантов повышения теплозащиты зданий следует занести в табл. 17.

Таблица 17

Расчетные теплотехнические и энергетические показатели здания

Показатель	Вариант			
	Базовый	1	2	N
Приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$				
- стен				
- окон и балконных дверей				
- покрытия				
- цокольного перекрытия				
Толщина дополнительного слоя утеплителя, м				
- стен				
- покрытия				
- перекрытия				
Среднее приведенное сопротивление теплопередаче наружной оболочки здания R_o^{des} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$				
Приведенный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$				
Общий коэффициент теплопередачи здания, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$				
Эффективность энергосбережения в здании, $\text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{руб.}$				
Коэффициент энергосбережения				
Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период q_h^{des} , $\text{Вт} \cdot \text{ч} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$				
Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания, $\text{Вт} \cdot \text{ч} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$				

Определение технико-экономических и энергетических показателей строительства при различных вариантах энергосбережения в зданиях. Экономическая оценка архитектурно-строительных решений в зданиях включает расчет затрат на теплоизоляцию ограждающих конструкций при различных системах утепления, стоимость инженерного оборудования обеспечения микроклимата в помещениях и сметную стоимость в целом для разных вариантов строительства. Справочные технико-экономические показатели, представленные в табл. 18 и 19, помогут определить стоимостные показатели для некоторых типов внутренних стен, перегородок и оконных блоков.

Стоимость работ может стать основанием для выбора того варианта здания, который отвечает требованиям инвестора в пределах имеющихся финансовых средств. Локальный расчет стоимости по отдельным составляющим позволит в дальнейшем дать технико-экономическую оценку новым конструктивным и планировочным решениям, определить эффективность энергосбережения и т.д. Облегчит анализ различных типов зданий сведение стоимостных показателей по основным видам строительных работ в табл. 20.

Таблица 18

Технико-экономические показатели внутренних стен и перегородок, на 1 м³ конструкции [18]

Вид конструкции	Удельные капитальные затраты, руб./год	Приведенные затраты, руб.	Полная трудоемкость, чел.-ч	Полная энергоемкость, кг у.т.	Расход	
					цемент, кг	стали, кг
Панели гипсобетонные толщ. 80 мм	5,6	5,27	0,7	0,7	8,0	1
Из гипсовых плит 600x300x80 мм	9,25	4,1	22	22	8,6	—
Межкомнатные из гипсокартонных листов со звукоизоляционным слоем из минераловатных плит:						
- на металлическом каркасе построечного изготовления	4,3	6,8	1,55	1,55	0,35	—
- на деревянном каркасе заводского изготовления	3,8	7,6	0,87	0,87	1,55	—
Кирпичные оштукатуренные в 0,5 кирпича	7,5	7,8	4,3	15,0	15,0	10,0
Панельные из обычного бетона толщ. 80 мм	7,2	6,7	2,8	19,0	19,0	30,0

Таблица 19

Технико-экономические показатели по оконным блокам с двойным и тройным остеклением на 1 м² остекленной поверхности [18]

Характеристика конструкции	Место применения	Сопротивление теплопередаче, м ² град/Вт	Годовой расход на возмещение потерь, МДж	Приведенные затраты на 1000 МДж, руб.	
				При экономии	При получении
Блоки с двойным остеклением	Москва	0,34	1248	-	3,58
То же с тройным остеклением	“	0,52	804	4,08	3,58
Блоки с двойным остеклением	Владивосток	0,34	1248	-	5,02
То же с тройным остеклением	“	0,52	804	4,95	5,02

Определение энергетических потребностей при возведении и эксплуатации зданий является наиболее сложной задачей на этапе проектирования. Это объясняется двумя основными причинами. Первая причина обусловлена необходимостью выбора оптимального решения по энергосбережению в зданиях при проектировании по полной энергоемкости строительных объектов, которая включает прямые, косвенные и эксплуатационные затраты энергии. Учет полных затрат неодинаково сказывается на уровне энергоемкости различных архи-

тектурно-строительных решений и может повлиять на выбор тех вариантов здания, которые в конечном итоге дадут наибольший народно-хозяйственный эффект. Однако в справочниках недостаточно данных о полном энергопотреблении возводимых зданий [12; 16; 46].

Таблица 20

Стоимость строительства ЗЭИЭ

Перечень основных работ по возведению здания и устройству систем инженерного оборудования	Общая стоимость строительства различных типов зданий, тыс. руб.		Стоимость строительства 1-го и 2-го типов зданий			
			в расчете на 1 м ² площади		% от общей стоимости строительства	
	1	2	1	2	1	2
Архитектурно-строительная часть						
Нулевой цикл (выемка грунта, монтаж фундамента и др.)						
Надземная часть						
Наружные ограждающие конструкции						
Внутренние ограждающие конструкции						
Отделочные работы						
Система инженерного оборудования						
Отопление						
Вентиляция						
Кондиционирование						
Искусственное освещение						
Горячее водоснабжение						
Другие работы						
Вертикальная планировка и подготовка территории						

Прямые энергозатраты находят свое отражение в виде общепроизводственного удельного энергопотребления и характеризуют производственную энергоемкость технологических процессов и выпускаемой продукции. Косвенные энергозатраты опосредованы в применяемых материалах, сырье, металле и находят свое отражение лишь в себестоимости конечной продукции. Этот вид энергозатрат для отдельных строительных материалов и конструкций ориентировочно можно определить с учетом данных табл. I прил. 3. Эксплуатационные затраты энергоносителей на содержание отапливаемых зданий и сооружений могут быть рассчитаны на основании их энергодансы. Справочные данные по полным энергозатратам для основных материалов и конструкций приведены в табл. II и III прил. 3

Вторая причина затруднений при расчетах энергопотребления здания связана с тем, что на федеральном уровне не приняты нормативные документы, содержащие методику определения энергетических потребностей зданий раз-

личного назначения в конкретных климатических условиях. Имеющиеся разработки в этой области позволяют предложить вниманию студентов ряд формул для расчета основных энергетических показателей на стадии проектирования ЗЭИЭ, сгруппированных в табл. 21. Обозначения входящих в формулы коэффициентов и показателей были включены в табл. 14.

Таблица 21

Основные математические выражения определения удельного расхода энергии на отопление зданий

Показатель	Формула	Ед. измерения	Номер формулы
Потребность в тепловой энергии на отопление здания	$Q_h = [Q^{sum} - (Q_{int} + Q_s)\nu]\beta_h$	кВт · ч	1
Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода	$Q_{int} = 0,024 \times q_{int} \times z_{om.n} \times F_r$,	кВт · ч	2
Общие трансмиссионные и вентиляционные теплопотери здания	$Q^{sum} = Q_{tr} + Q_{inf}$	кВт · ч	3
Градусо-сутки отопительного периода	$D = (t_e - t_{om.n}) z_{om.n}$	°С · сут	4
Удельный расход энергии системой теплоснабжения на отопление здания за отопительный период	$q_h^{des} = \frac{Q_h}{F \circ D}$	Вт · ч / (м ² × °С · сут)	5
	$q_h^{des} = \frac{Q_h}{V \circ D}$	Вт · ч / (м ³ × °С · сут)	6
Трансмиссионные потери тепла через ограждающие конструкции здания	$Q^{sum} = 0,024 \times K_m \times D \times F^{sum}$,	кВт · ч	7
Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_m = \frac{1}{R_o^m} + K_m^{inf}$,	Вт / (м ² × °С)	8
Среднее приведенное сопротивление теплопередаче совокупности ограждающих конструкций здания	$R_o^m = \frac{F^{sum}}{\beta \left(\frac{F_w}{R_o^w} + \frac{F_F}{R_o^F} + \frac{F_{ed}}{R_o^{ed}} + \frac{F_c}{R_o^c} + \frac{F_f}{R_o^f} \right)}$	м ² · °С / Вт	9
Приведенный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{inf} = 0,28 \frac{n_a \times \beta_v \times F \times c \times \rho \times k}{F^{sum}}$,	Вт / м ² · °С	10
Средняя плотность наружного воздуха за отопительный период	$\gamma_\alpha = \frac{353}{(273 - t_{om.n})}$	кг / м ³	11
Показатель компактности здания	$K^{des} = \frac{F^{sum}}{V}$	1/м	12

Источники: Ливчак В.И. Энергоэффективные здания — в московское массовое строительство // Вентиляция, отопление, кондиционирование. — 1999. — № 1. — С.13–20; а также [8; 15; 40].

Оценка эффективности энергосбережения в здании и выбор оптимального проектного варианта ЗЭИЭ. Обобщающим критерием энергопотребления здания в целом является удельный расход энергии на его отопление за отопительный период q_h^{des} (отнесенный на 1 м² общей отапливаемой площади здания

F или на 1 м^3 его отапливаемого объема). В общем случае этот показатель рассчитывается по формуле [8]

$$q_h^{des} = Q_h \frac{(t_e - t_{om.n})}{(t_e - t_n)} \times 24 \times z_{om.n} \times \frac{1}{F}, \quad (5)$$

где t_e , t_n , $t_{om.n}$ — температура воздуха, °С, соответственно внутреннего, наружного, отопительного периода;

$z_{om.n}$ — продолжительность отопительного периода, сут.

Расчет данного показателя при обосновании уровня энергосбережения должен в корне изменить проектирование теплозащитных качеств здания по крайней мере по двум причинам. Первая – удельный расход тепловой энергии на отопление здания является показателем потребительского качества всего здания и основным показателем эффективности использования тепловой энергии. Вторая – все показатели теплового баланса здания (рис. 23) и теплозащитных качеств ограждающей оболочки влияют на его потребность в энергии на отопление, которая совместно с объемно-планировочными параметрами здания определяет уровень q_h^{des} (рис. 24).

Такая взаимосвязь технических показателей, замыкающихся на обобщающем критерии, позволяет достигать при проектировании требуемого значения удельного расхода энергии на отопление здания путем варьирования по принципу взаимозаменяемости значений теплоизоляции отдельных элементов ограждающей оболочки и характеристик систем инженерного обеспечения микроклимата здания. В частности, можно уменьшить теплоизоляцию стен, чрезвычайные требования к теплозащите которых в федеральных нормах вызвало ряд негативных последствий в строительном комплексе, путем повышения сопротивления теплопередаче других ограждающих конструкций здания.

Гибкий подход к проектированию теплозащитных качеств здания дает возможность увеличить площадь остекления, желательной по архитектурным соображениям, или создать сложный фасад с большим количеством углов, но при этом требуемый уровень энергопотребления достигается изменением других теплоэнергетических параметров здания (рис. 23).

Расчетный удельный расход энергии на отопление зданий не должен превышать нормативного значения. Требуемые параметры удельного расхода тепловой энергии в различных типах зданий за отопительный период q_o^{req} по данным НИИСФ РААСН приведены в табл. III прил. 3.

На этом этапе проектирования возникает необходимость экономического обоснования выбранных технических решений по энергосбережению в зданиях и определения целесообразности капитальных вложений в дополнительную их теплозащиту. Представление здания как единой теплоэнергетической системы и учет теплового баланса (рис. 23) позволяют определить потребность энергии на его отопление, рассчитать экономию энергии на отопление здания по сравниваемым вариантам в натуральном и стоимостном исчислении.

Для сопоставления вариантов нет необходимости устанавливать полную стоимость проекта, достаточно определить затраты на дополнительную теплозащиту здания и экономию энергии на его отопление за отопительный период

по сравнению с базовым вариантом, за который можно принять эксплуатируемое здание, уровень теплозащиты по санитарно-гигиеническим условиям и т.д.



Рис. 23. Тепловой баланс здания

Экономическая целесообразность осуществления мер по энергосбережению в здании может быть установлена по показателю сравнительной эффективности энергосбережения \mathcal{E} , Гкал/руб. (кВт·ч / руб.) [15].

Значение \mathcal{E} представляет собой отношение сэкономленной энергии на отопление здания за отопительный период \mathcal{E}_z к дополнительным затратам на повышение его теплозащиты ΔC по различным конструктивным решениям:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_z}{\Delta C}, \quad \text{где } \Delta C = C_t + C_{inf}. \quad (6)$$

Дополнительные затраты на повышение теплозащиты здания складываются в основном из капитальных вложений в дополнительную теплоизоляцию оболочки здания C_t и затрат по снижению неконтролируемых вентиляционных потерь C_{inf} . Последние включают стоимость оборудования и расходы на его установку. Единовременные затраты на дополнительное утепление ограждающих конструкций здания могут быть определены по формуле

$$C_t = \sum_{i=1}^{n-1} R_{ym} \times \lambda_{ym} \times Z_{ym} + C_F + C_r, \quad (7)$$

где n – количество несветопрозрачных ограждающих конструкций с различными теплозащитными свойствами;

R_{ym} и λ_{ym} (см. табл. 14) – показатели для слоя теплоизоляции;

Z_{ym} – цена дополнительного слоя теплоизоляции, руб.;

C_F – затраты на повышение сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждений, руб.;

C_r – стоимость работ по дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций, руб.

Под оптимальной эффективностью энергосбережения следует понимать тот уровень, при котором отношение экономии энергии на отопление эксплуатируемого здания к затратам на его дополнительную теплозащиту имеет максимально возможное значение.

Для учета влияния политики ценообразования на энергетические ресурсы и взаимозаменяемости различных видов энергии на отопление здания в различных условиях развития энергетики и экономики формула (6) может быть представлена в следующем виде:

$$E = \frac{\mathcal{E}_z \circ T_{\mathcal{E}}}{\Delta C}, \quad (8)$$

где E – коэффициент энергосбережения;

$T_{\mathcal{E}}$ – тариф на энергию, руб./Гкал (руб./кВт·ч).

Результаты расчетов удельного расхода энергии на отопление зданий, сравнительной эффективности и коэффициента энергосбережения по различным вариантам следует внести в табл. 17.

Следует учитывать, что прогнозирование стоимости энергии, в данном случае коммунальных услуг, зависит от многих факторов и является сложной задачей не только для условий нашей страны. Например, в США учитываемая в проектах энергоэкономичных зданий норма роста стоимости энергии нередко составляет 10, а то и 15 % в год. Краткосрочный прогноз стоимости энергии для проектируемого здания можно составить на основании сведений муниципаль-

ных служб и анализа счетов на оплату коммунальных услуг для аналогичного эксплуатируемого здания [7].

В случае когда эффективность энергосбережения и другие показатели технико-экономической и энергетической оценки не являются достаточным условием для выбора рационального решения по энергосбережению в зданиях, рассчитывают индикаторы определения эффективности капитальных вложений. Наиболее полно специфику предметной области учитывает методика, предложенная В. Логиновым [24]. В этой методике предложен обобщающий показатель F , характеризующий цену сэкономленного объема энергии по отношению к инвестиционным и эксплуатационным затратам. F определяется по формуле

$$F = \left[I_0 + \sum_{t=1}^N \frac{C_t}{(1+d)^t} \right] - \frac{\sum_{t=1}^N T_e \times \Delta E_t}{(1+d)^t}, \quad (9)$$

где ΔE_t – объем энергии, сэкономленной в t -м году;

d – ставка дисконтирования;

I_0 – объем первоначальных инвестиций;

C_t – операционные затраты в t -м году;

N – количество лет жизненного цикла проекта;

T_e – величина тарифа на энергию.

Проект является энергоэффективным в том случае, когда стоимость сэкономленной энергии превышает суммарные затраты, связанные с реализацией проекта. Это определяется знаком величины F . Если $F < 0$, то стоимость сэкономленной энергии превышает суммарные затраты и инвестиционный проект является эффективным. В случае когда $F > 0$, затраты превышают выгоды от экономии энергии и проект является неэффективным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понятие “энергосбережение” появилось в системе отраслевых терминов сравнительно недавно и обусловило возникновение нового научного направления. Использование энергоносителей во всех сферах жизнедеятельности человека, а также социальная, экономическая, экологическая, энергетическая и другая эффективность энергосбережения требуют для успешного его осуществления привлечения знаний из многих разделов экономики, энергетики, социологии, архитектуры, строительных наук и др.

Энергия настолько широко вошла во все сферы экономики и быта, что дать исчерпывающее описание всех возможных идей и моделей более эффективного её использования не представляется возможным. В предложенном учебном пособии сделана попытка рассмотреть основные аспекты территориального энергосбережения, включающие определение понятия “энергосбережение” и его целей, обзор нормативно-законодательного обеспечения этого процесса, системный подход к сбережению энергии в городской застройке и в зданиях.

Разработанное учебное пособие позволит студентам–архитекторам (специальность 290100) повторить и закрепить теоретические знания по дисциплине “Энергосбережение в градостроительстве”, студентам строительных и экономических специальностей (290300, 290500, 060800) познакомиться с основами энергосбережения в городском хозяйстве, при проектировании и строительстве зданий. Кроме того, современные справочные и иллюстративные материалы помогут студентам выполнить соответствующие разделы курсового и дипломного проектирования на достаточно профессиональном уровне, обосновать технико-экономическую эффективность энергосбережения в энергоэкономичных и энергоактивных зданиях.

Рассмотренные в учебном пособии направления, учитывающие влияние климатических условий, пространственного размещения производства, градостроительных решений при застройке и планировке поселений и объемно-планировочных решений в зданиях на уровень территориального энергопотребления, позволят более квалифицированно использовать факторы и условия, повышающие результативность энергосбережения, в практической работе будущих архитекторов, строителей и экономистов.

Автор надеется, что учебное пособие “Основные аспекты территориального энергосбережения” может оказаться полезным не только студентам, но и инженерам-практикам, занимающимся вопросами более эффективного использования энергоносителей во многих областях народного хозяйства.

Издание данного пособия предполагает подготовку других публикаций, развивающих теорию территориального энергосбережения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Авдеев В.В.* Задействовать экономический механизм энергосбережения // Жилищное и коммунальное хозяйство. – 1998. – № 5. – С. 15–18.
2. *Авдеев В.В.* Энергосберегающая политика в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве // Энергосбережение. – 1998. – № 11–12. – С. 5–10.
3. *Башмаков И.А.* Региональная политика повышения энергетической эффективности: от проблем к решениям. – М.: ЦЭНЭФ, 1996. – 245 с.
4. *Беляев В.С., Хохлова Л.П.* Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. Учеб. пособие: – М.: Высшая школа, 1991. – 225 с.
5. *Беляев Ю.М.* Концепция альтернативной экологически безопасной энергетики. – Краснодар: Сов. Кубань, 1998. – 61 с.
6. *Береговой А.М.* Ограждающие конструкции с повышенными теплозащитными качествами: Учеб. пособие. – Пенза: Пензенский архитектурно-строительный институт, 1995. – 315 с.
7. *Береговой А.М.* Энергоэкономичные и энергоактивные здания: Учеб. пособие. – Пенза: Пензенская архитектурно-строительная академия, 1997. – 155 с.
8. *Богословский В.Н., Сканава А.Н.* Отопление: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
9. *Браде И., Перцик Е.Н., Питерский Д.С.* Районная планировка и разработка схем расселения. Опыт и перспективы. – М.: Международные отношения, 2000. – 136 с.
10. *Буданов Б.А.* Проблемы энергосбережения при реконструкции 5-этажных зданий массовой застройки 60-х годов // АВОК. – 1998. – № 6 – С. 48–49.
11. *Булгаков С.Н.* Энергоэффективные строительные системы и технологии. // Промышленное и гражданское строительство. – 1999 – № 11. – С. 20–23.
12. *Быков В.А., Бесчинский А.А., Башмаков И.А.* и др. Современные проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов // Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. Экономия топлива, тепловой и электрической энергии. – М.: ВИНТИ, 1989. – Т.1. – 252 с.
13. *Волков А.М., Попов Б.Е., Проценко О.Д., Потрясов С. А.* Энергосбережение, эффективность ТЭК и экономики России в целом // Энергетическая политика. – 1999. – № 1. – С. 31–34.
14. *Временные* руководящие указания по организации работ в сфере энергосбережения и управления Государственного энергетического надзора в субъектах Российской Федерации: В 3 т. – М.: Минтопэнерго, 1999. – Т.1–3.
15. *Голованова Л.А.* Управление энергосбережением при проектировании и строительстве зданий: Дис... канд. экон. наук. – Хабаровск: Хабар. гос. техн. ун-т, 2000. – 205 с.
16. *Граник Ю.Г.* Теплоэффективные ограждающие конструкции жилых и гражданских зданий // Строительные материалы. – 1999. – № 2. – С. 4–6.

17. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики: Учебник для вузов. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 495 с.
18. Гришан А.А. Энергосбережение в строительстве. – Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та, 2000. – 224 с.
19. Дальний Восток на рубеже веков: Матер. науч.-практ. конф. – Хабаровск: ДВ ИЭИ РАН, 1998. – 136 с.
20. Зуев Э.Н. Четыре ипостаси энергетики // Вестник МЭИ. – 1998. – № 2. – С. 70–80.
21. Коваленко П.П., Орлова Л.Н. Городская климатология: Учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1993. – 144 с.
22. Концепция РАО “ЕЭС России” // Энергосбережение и водоподготовка. – 1998. – № 2. – С. 47–70
23. Кузьмич В.В., Шибалова А.М. Совершенствование управления энергосбережением. – Минск: БелНИИТИ, 1990. – 178 с.
24. Логинов В. Простые критерии экономической эффективности инвестиционных проектов в области энергосбережения // Инвестиции в России. – 1999. – № 10. – С. 24–27.
25. Мингалеев Г.Ф. Экономические методы и модели управления процессом энергосбережения в регионе. – Казань: Казанский ГТУ, 1998. – 160 с.
26. Некрасов А.С., Воронина С.А. Экономические проблемы теплоснабжения в России // Проблемы прогнозирования. – 2000. – № 3. – С. 3–11.
27. Никкинен Рейо. Энергетическое сравнение систем централизованного теплоснабжения России и Финляндии // Теплоэнергетика. – 1999. – № 4. – С. 75–78.
28. Основные направления и механизмы энергоресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве РФ // Вестник Главгосэнергонадзора РФ. – 1998. – № 3. – С. 35–49.
29. Основные положения Энергетической стратегии России на период до 2020 года: Прил. к обществ.-дел. журн. “Энергетическая политика”. – М.: ГУ ИЭС, 2001. – 120 с.
30. Проблемы размещения производительных сил и территориальной организации хозяйства: Сб. науч. статей – М.: Финансовая академия при Правительстве РФ, 1996. – 96 с.
31. Проблемы энергосбережения и рационального использования энергоресурсов в Сибирском регионе: Сб. Докладов: в 2 ч. – Новосибирск: ГТУ, 1999. – Ч. 1 – 186 с. Ч. 2 – 179 с.
32. Проектирование энергоэкономичных общественных зданий / С.Терной, Л. Бекл, К. Робинсон и др.; Пер. с англ. А.С. Гусева. – М.: Стройиздат, 1990. – 336 с.
33. Санеев Б.И., Авдеев В.А., Огнев А.Ю. Направления и механизмы стабилизации функционирования, приоритеты и пропорции развития ТЭК Дальнего Востока // Ведомости МТЭА. – 1997. – № 22. – 347 с.

34. Семченков А.С. Возможности снижения топливно-энергетических затрат в гражданском строительстве // Строительные материалы. – 1998. – № 5. – С. 2–3.
35. Сибикин Ю. Сибикин М. Стратегические задачи РАО “ЕЭС России” по повышению энергоэффективности // Вестник электроэнергетики. – 1998. – № 4. – С. 43–56.
36. Сибикин Ю. Экономия энергетических ресурсов.// Промышленная энергетика. – 1998. — № 6. – С. 2–5.
37. СНиП П–3–79*. Строительная теплотехника – М.: Стройиздат, 1998. – 29 с.
38. Современное состояние и перспективы совершенствования энергоэффективных светопрозрачных ограждений // Проект Россия. Конкурсы: архитектура, градостроительство, дизайн, технология. – 1998. – № 8. – С. 124–126.
39. Хиж Э.Б., Скольник Г.М. Энергосбережение в системах централизованного теплоснабжения.// Жилищное и коммунальное хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 26–29.
40. Табунщиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1986. – 380 с.
41. Тетиор А.Н. Здоровый город XXI века. — М.: Изд-во РЭФИА, 1997. – 699 с.
42. Тетиор А.Н. Монолитные здания с оставляемой опалубкой — один из путей создания энергосберегающих решений // Строительные материалы. – 1999. – № 2. – С. 16–17.
43. Тимофеев А.В. Факторы, определяющие численность персонала и уровень оплаты его труда в электроэнергетике некоторых стран // Проблемы прогнозирования. – 1999. – № 6. – С. 149–151.
44. Топливо-энергетический комплекс России: современное состояние и взгляд в будущее / Г.Ф. Агафонов, Е.Д. Волкова, Н.И. Воропай и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. издательская фирма РАН, 1999. – 312 с.
45. Транспорт, связь и энергетика Дальнего Востока и Забайкалья: Инвестиционный атлас: В 2 т. – Хабаровск: Дальневосточное бюро по разработке и экспертизе инвестиционных проектов, 1999. – Т. 1–2.
46. Экологическое домостроение. Проблемы энергосбережения./А.В.Аврорин, И.А.Огородников и др. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, ГипроНИИ, АОЗТ “Экодом”, 1997. – 71 с.
47. Экономическая политика на Дальнем Востоке России. Концепция и программа. – Хабаровск: ООО “Спецтехсервис”, 2000. – 92 с.
48. Экономия энергии — новый энергетический источник: Пер. с нем. – М.: Прогресс, 1982. – 384 с.
49. Экономия энергоресурсов в градостроительстве / Под ред. Г.И. Фильварова. – Киев: Будивельник, 1985. – 104 с.
50. Энергия, энергоэффективность и энергоснабжение в городах России / И.А. Башмаков, В.В. Чекмарев, Д.А. Ершов, А.О. Перевозчиков. – Кострома: Б.И., 1995. — 291 с.

51. *Энергопотребление* и энергосбережение: проблемы, решения: Тезисы докладов МНПК. – Пермь: Издательско-полиграфический комплекс “Звезда”, 1998. – 190 с.
52. *Энергосберегающая* политика в условиях хозяйственной самостоятельности. – Киев: Знание, 1991. – 20 с.
53. *Энергосберегающие* технологии в современном строительстве / Пер. с англ. Ю.А. Матросова и В.А. Овчаренко; Под ред В.Б.Козлова. – М.: Стройиздат, 1990. – 296 с.

Понятийный аппарат

Агломерация — фактическое слияние городов и населенных пунктов, объединенных в одно целое интенсивными производственными, трудовыми, культурно-бытовыми связями.

Вторичные энергетические ресурсы — энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, который образуется в технологических агрегатах (установках, процессах) и не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других агрегатов (процессов).

Замыкающие затраты на топливо и энергию — система удельных экономических показателей, характеризующих необходимые народнохозяйственные затраты, которые имеют место при изменении потребности в различных видах топлива и энергии в данном районе и в определенном интервале времени.

Компактность здания — показатель энергоэффективности формы здания, представляющий отношение площади наружной оболочки здания к его объему ($S_{\text{нп}}/V$).

Нетрадиционные возобновляемые источники энергии — источники, постоянно существующие или периодически появляющиеся в окружающей природной среде в виде потоков энергии Солнца, ветра, тепла Земли, энергии морей, океанов, рек, биомассы.

Пассивное использование природной возобновляемой энергии на тепло-снабжение здания заключается в непосредственном нагревании конструкций зданий солнечной радиацией с последующей передачей тепла в обогреваемые помещения.

Первичная энергия — энергия, заключенная в потенциальных запасах или произведенных энергетических ресурсах.

Потенциал энергосбережения представляет собой эффект между запланированным или реально достигнутым минимальным уровнем энергопотребления в отечественной или зарубежной практике и фактическими показателями.

Природный энергетический ресурс — энергетический ресурс, образовавшийся в результате геологического развития Земли и других природных процессов.

Рациональное использование ТЭР — достижение максимальной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологии при одновременном снижении техногенного воздействия на окружающую среду.

Структурные факторы энергосбережения проявляются в активной и пассивной формах. Активная форма предполагает изменение расхода энергоресурсов на единицу изделия в связи со снижением его материалоемкости, переходом на новые технологии или вследствие прямой замены более энергоёмких видов продукции менее энергоёмкими и т.д. Пассивная — основывается на ус-

корени наращивания производства менее энергоёмкой продукции в общем её объеме, без каких-либо изменений удельной энергоёмкости.

Теоретический потенциал энергосбережения — максимально возможная экономия энергоресурсов при полном использовании всех энергосберегающих мероприятий и технологий, известных на данный момент времени.

Территория — комплексный ресурс, включающий площадку земной поверхности с проецируемыми на нее природными (участок воздушного бассейна, акватории, недр, почв, растительности и т.д) и антропогенными (здания, сооружения, коммуникации и др.) ресурсами.

Топливо-энергетические ресурсы — совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в национальном хозяйстве.

Топливо-энергетический баланс — полное количественное соответствие между приходом, расходом и потерями ТЭР.

Топливо-энергетический комплекс (энергетика, энергетическое хозяйство) — комплекс взаимосвязанных систем, состоящий из совокупности предприятий и установок получения, переработки, преобразования, транспорта, хранения и использования в народном хозяйстве энергоресурсов и энергоносителей всех видов.

Удельная площадь наружных ограждений — показатель, представляющий отношение площади наружных ограждающих конструкций к развернутой площади здания.

Удельный периметр наружных стен здания — отношение периметра стен к общей площади этажа.

Фактический (ожидаемый) потенциал энергосбережения — часть экономически целесообразного ПОТЭР, фактически достигнутого в данном периоде за счет усилий и заинтересованности потребителей в осуществлении энергосберегающих мероприятий.

Экономически целесообразный потенциал энергосбережения — часть теоретического ПОТЭР, реализация которого обеспечивает экономию затрат в национальной экономике (т.е. стоимость мероприятий по энергосбережению оказывается меньше, чем вложения в добычу и доставку эквивалентного количества энергоресурсов).

Экономия ТЭР — относительное сокращение расходования ТЭР, выражающееся в снижении их удельных расходов на производство единицы конкретной продукции, выполнение работ и оказание услуг установленного качества.

Энергетическая безопасность — состояние защищенности государства, региона, предприятия и человека от угрозы недополучения топлива и энергии в необходимом для жизнедеятельности количестве и соответствующего качества для нынешнего и будущего поколения.

Энергетический кризис — структурный кризис, вызванный увеличивающимся дефицитом топливо-энергетических ресурсов.

Энергоактивное здание — использующее энергию окружающей природной среды, в котором позитивное и негативное влияние климатических условий избирательно фильтруется его конструктивными и инженерными системами, а также для отопления, освещения, вентиляции и охлаждения могут быть задействованы нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Энергоёмкость продукции — отношение всей потребленной за год энергии (в пересчете на первичную энергию) к годовому объему продукции (в натуральном, условном или стоимостном выражении), выпускаемой предприятиями.

Энергоноситель — непосредственно используемый на стадии конечного потребления облагороженный, переработанный, преобразованный, побочный энергетический ресурс, а также природный энергетический ресурс, потребляемый на этой стадии.

Энергосберегающая политика — административно-правовое и финансово-экономическое регулирование процессов добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, распределения и использования ТЭР в целях их рационального использования и экономного расходования.

Энергосбережение — процесс, характеризующийся снижением удельного конечного энергопотребления, эффективным использованием первичных (природных) невозобновляемых энергоресурсов, вовлечением в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии с целью сохранения невозобновляемых энергетических ресурсов, экосистемы, энергетической безопасности России для экономического развития и повышения благосостояния населения страны.

Энерготехнологические факторы энергосбережения (факторы НТП) направлены на более полное использование ПОТЭР при его производстве, транспортировании и потреблении на основе применения принципиально новых технологий и техники, на совершенствование существующего оборудования и технологий, на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых и вторичных источников энергии, на изменение структуры энергоносителей.

Энергоэкономичное здание — не использующее энергию окружающей природной среды здание, архитектурные и инженерные средства в котором предназначены для уменьшения энергетических нагрузок, обусловленных климатом.

Энергоэкономичность объемно-планировочного решения здания принято оценивать величиной удельного расхода тепла — отношением тепловых потерь здания к его полезной площади.

Эффект энергосбережения — это разность затрат на осуществление энергосберегающих мероприятий и затрат на добычу (производство) и доставку энергоресурсов к потребителю, отнесенная к единице сэкономленной энергии. При затратах на энергосбережение меньших, чем затраты на добычу, производство и доставку энергоресурсов до конечных потребителей, имеет место *абсолютная экономическая эффективность* энергосберегающих мероприятий.

Перечень и краткое содержание основных нормативно-законодательных актов и программ по энергосбережению

Таблица I

Основные федеральные документы

Наименование	Содержание
“Энергетическая стратегия России” (Общие положения)	Главная цель – определение путей и формирование условий наиболее эффективного использования энергетических ресурсов и производственного потенциала ТЭК для подъема благосостояния граждан и социально-экономического возрождения страны. Основные цели: снизить техногенную нагрузку ТЭК на окружающую среду; сохранить и укрепить энергетическую стратегию России; уменьшить использование материальных, трудовых и природных ресурсов на обеспечение нужд общества в энергии. Приоритет энергетической стратегии — энергосбережение
Федеральный закон № 28 “Об энергосбережении” от 03.04.96 г.	Намечены: основные принципы и порядок разработки государственной энергосберегающей политики; государственный надзор за реализацией энергосбережения; источники финансирования; порядок стимулирования, образования и информационного обеспечения энергосбережения. Разграничена деятельность федеральных органов и субъектов Федерации
Федеральный закон № 41 “О государственном регулировании тарифов на электрическую и тепловую энергию в РФ” от 14.04.95 г.	Определена необходимость создания экономических стимулов для использования энергосберегающих технологий и включения в себестоимость тепловой и электрической энергии затрат на энергосбережение
Указ Президента РФ № 472 “Об основных направлениях энергетической политики и структурной перестройки топливно-энергетического комплекса Российской Федерации на период до 2010 года” от 07.05.95 г.	Определена важнейшая роль энергосбережения при формировании энергетической политики страны и необходимость разработки федеральной целевой программы “Энергосбережение России”
Постановление Правительства РФ № 998 “О государственной поддержке создания в РФ энергоэффективных демонстрационных зон” от 12.10.95 г.	Определен порядок государственной поддержки демонстрационных зон
Постановление Правительства РФ № 1087 “О неотложных мерах по энергосбережению” от 02.11.95 г.	Намечен комплекс мер (с указанием исполнителей) по осуществлению энергосбережения. В течение 1995 – 2000 гг. предполагается реализовать меры по внедрению систем учета, изменению структуры топлива, совершенствованию государственных стандартов

Продолжение табл. I

Наименование	Содержание
Постановление Правительства РФ № 263 “О федеральной целевой программе “Топливо и энергия” на 1996-2000 гг.” от 06.03.96 г.	Утверждена федеральная целевая программа “Топливо и энергия”, Минтопэнерго определено в качестве государственного заказчика-координатора подпрограмм, установлены направления формирования и расходования финансовых средств по программе
Постановление Правительства РФ № 832 “О повышении эффективности использования энергетических ресурсов и воды предприятиями, учреждениями и организациями бюджетной сферы” от 08.07.97 г.	Намечены направления оснащения приборами учета и регулирования потребления энергоносителей в зданиях, занимаемых предприятиями, учреждениями, организациями бюджетной сферы
Указ Президента РФ № 1010 “О государственном надзоре за эффективным использованием энергетических ресурсов в РФ” от 11.09.97 г.	Минтопэнерго переданы функции государственного надзора за эффективным использованием энергии в РФ, Правительству РФ привести до конца 1997 г. свои нормативные правовые акты в соответствие с настоящим Указом
Постановление Правительства РФ № 80 от 24.01.98 г. “О федеральной целевой программе “Энергосбережение России” на 1998 – 2005 гг.”	Утверждение и финансирование Программы за счет средств федерального бюджета, выделенных на финансирование федеральной целевой программы “Топливо и энергия”. Заказчиком-координатором определены Минтопэнерго РФ, в ЖКХ — Госстрой России
О федеральной целевой программе “Энергосбережение России” на 1998 – 2005 гг.” с подпрограммами: <ul style="list-style-type: none"> • энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве; • энергосбережение в ТЭКе; • энергосбережение в энергоемких отраслях промышленности; • оснащение приборами учета потребителей; • энергосберегающая электротехника 	Целью программы является ускоренный перевод экономики на энергосберегающий путь развития. Даны основные направления проведения государственной энергосберегающей политики России в новых экономических условиях, определены общий потенциал энергосбережения и направления экономии энергии в ТЭК, ЖКХ и энергоемких отраслях до 2005 г., экологическая, экономическая и социальная эффективность программы с учетом проведения жилищно-коммунальной реформы. Представлены энергосберегающие инвестиционные программы по отраслям, по демонстрационным зонам, приборам учета и контроля и регулирования расхода энергоресурсов, стандартизации
Постановление Правительства РФ № 588 “О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России” от 15.06.98 г.	В целях реализации ФЦП “Энергосбережение России” предусмотрено устанавливать лимиты на энергоносители в натуральном и стоимостном выражении для организаций бюджетной сферы. Организациям предоставлено право оставлять в своем распоряжении сэкономленные средства на срок окупаемости проекта плюс один год
Постановление Правительства РФ № 938 “О государственном энергетическом надзоре в России” от 12.08.98 г.	Установлена единая система государственного энергетического надзора на базе действующих в ТЭК отдельных надзорных организаций и инспекций. Определена система финансирования управлений Госэнергонадзора

Окончание табл. I

Наименование	Содержание
Постановление Правительства РФ № 166 “О возложении на Министерство топлива и энергетики РФ функций государственного надзора за эффективным использованием энергетических ресурсов в РФ” от 12.02.98 г.	Дополнение в Положение о Министерстве топлива и энергетики функций по осуществлению государственного надзора за эффективным использованием энергоресурсов в РФ
Постановление Правительства РФ № 1093 “Энергообеспечение районов Крайнего Севера и приравненных к ним территорий, а также мест проживания коренных малочисленных народов Севера и Дальнего Востока за счет использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива на 1997 – 2000 гг.” от 28.08.97 г.	Вовлечение в хозяйственный оборот нетрадиционных источников энергии, за счет чего предполагается заместить к 2000 г. не менее 1 млн т привозного жидкого топлива

Таблица II

Отраслевые документы и программы

Наименование	Содержание
Постановление Минстроя России от 30.06.93 г. “Основные направления реконструкции и капитального ремонта жилых зданий”	Предусматривает осуществление реконструкции и модернизации морально и физически устаревших первых массовых серий домов и предполагает достижение значительного экономического эффекта
Постановление Госстроя РФ № 18-14 от 06.06.97 г. “Об экономии энергоресурсов при проектировании и строительстве”	Предусматривает при использовании проектов, разработанных до 1996 г., обязательное использование мероприятий, направленных на усиление теплозащиты ограждающих конструкций, установку приборов регулирования, контроля и учета расхода энергоресурсов
СНиП 10-01-94 “Система нормативных документов в строительстве. Основные положения”	Впервые разрешена разработка строительных норм на региональном уровне. В основу положен принцип защиты прав и интересов потребителей строительной продукции при развитии самостоятельности и инициативы разработчиков проектов зданий и сооружений
Изменения № 3 и 4 (1995 и 1998 гг.) к СНиП П-3-79* “Строительная теплотехника”	Внесено дополнение, определяющее необходимость расчета показателей теплозащиты ограждающих конструкций отапливаемых зданий и сооружений по условиям энергосбережения. Вместе с тем исключен расчет экономической целесообразности технических решений увеличения теплозащиты ограждающей оболочки зданий

Наименование	Содержание
Государственная программа “Жилище”	Предусматривает реконструкцию и модернизацию морально и физически устаревших первых массовых серий домов и предполагает достижение значительного экономического эффекта
Постановление Госстроя РФ № 18-11 от 02.02.98 г. “О теплозащите строящихся зданий и сооружений”	С 01.10.98 г. запрещается приемка в эксплуатацию объектов без установки приборов учета, контроля, регулирования тепла, горячей и холодной воды, газа. С 01.01.2000 г. – без выполнения в полном объеме нормативных требований по сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, в этой связи было рекомендовано при проектировании новых объектов, начиная с 1998 г., применять более высокие нормативные показатели по табл. 1б СНиП II-3-79*
Программа энергосбережения в отрасли “Электроэнергетика”	Цели программы: надежное энергоснабжение населения при минимальных инвестициях; повышение энергоэффективности электроэнергетики. Определена система приоритетов энергосбережения у потребителей и производителей энергии, его организация и источники финансирования, тарифная и налоговая политика. Предложены меры по совершенствованию нормативно-правовой базы энергосбережения
Федеральная подпрограмма “Структурная перестройка производственной базы строительства на 1998 – 2000 гг.”	Включает вопросы осуществления производства новых, экологически чистых, долговечных высокопрочных материалов и изделий; расширение их номенклатуры; освоение прогрессивных технологий; сочетание протекционистских и рыночных мер в отношении отечественных производителей
“Основные направления и механизм энергоресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве Российской Федерации”	Конечные цели: снижение себестоимости услуг предприятий ЖКХ и смягчение для населения процесса реформирования системы оплаты энергоносителей. Основные направления: экономия расходования энергоресурсов и снижение теплопотерь; внедрение приборного учета энергоресурсов; создание экономического механизма энергоресурсосбережения; совершенствование систем тарифов, стандартизации, сертификации и метрологии; переход к энергосберегающим архитектурно-строительным системам и инженерному оборудованию
Программа “Малая энергетика городов и поселков России”	Цели: предотвратить энергетический кризис вследствие обвального выбывания физически изношенного энергетического оборудования; снизить стоимость энергии; повысить надежность энергоснабжения. Основные средства достижения целей – использование нетрадиционных источников энергии

Справочные данные по энергетическим затратам

Таблица I

Усредненные удельные затраты топливно-энергетических ресурсов
на производство строительных материалов и конструкций [18]

Материалы и конструкции	Топливо-энергетические затраты, т у.т.	
	Прямые	Общие
1. Цемент, т	0,244	0,25
2. Известь, т	0,238	1,24
3. Асбест, т	0,373	0,377
4. Гипс, т	0,054	0,056
5. Нерудные материалы, м ³	0,003	0,003
6. Кирпич силикатный, 1000 шт.	0,096	0,207
7. Кирпич глиняный, 1000 шт.	0,305	0,307
8. Асбоцементный лист, <u>1000 усл. плиток</u>	<u>0,072</u>	<u>0,342</u>
- 1000 м ²	0,86	4,16
9. Мягкая кровля и изол., 1000 м ²	0,250	2,4
10. Стекло листовое, т / 1000 м ²	<u>0,617</u>	<u>0,623</u>
	3,08	3,11
11. Стальной прокат, т	0,207	1,7
12. Алюминиевый прокат, т		9,8
13. Пористые заполнители, м ³		
В том числе:		
керамзитовый гравий	0,12	0,122
аглопорит	0,11	0,112
шунгизит	0,118	0,12
вспученный перлит	0,041	0,042
шлаковая пемза	0,002	0,003
14. Утеплитель, м ³		
В том числе:		
полиуретановый пенопласт ($\gamma=45$ кг/м ³)	0,162	0,493
фенолформальгидный пенопласт($\gamma=50$ кг/м ³)	0,081	0,33
полистирольный пенопласт ($\gamma= 30$ кг/м ³)	0,02	0,169
минеральная вата товарная	0,079	0,08
маты прошивные	0,077	0,078
минераловатные плиты на синтетическом связующем:		
М-50	0,054	0,057
М-75	0,067	0,07
М-125	0,096	0,103
М-175	0,169	0,179
М-200	0,29	0,314
М-250	0,38	0,405
плиты самонесущие на битумном связующем:		
М-100	0,049	0,055
М-150	0,106	0,145
М-200, 250	0,231	0,298
минеральная вата и изделия из нее, в среднем на 1 м ³	0,098	0,106

Продолжение табл. I

Материалы и конструкции	Топливо-энергетические затраты, т у.т.	
	Прямые	Общие
15. Теплоизоляционные ячеистые бетоны, м ³		
В том числе:		
газосиликат	0,062	0,104
газобетон	0,077	0,124
пенобетон	0,081	0,119
16. Перлитофосфогелиевые изделия, м ³	0,102	0,319
17. Звукопоглощающие материалы		
В том числе:		
звукопоглощающие литые гипсовые плиты, 1000 м ²	2	5,773
перфорированная сухая гипсовая штукатурка, 1000 м ²	0,9	0,8
18. Силакпор, м ²	0,016	0,021
19. Плитки керамические, 1000 м ²		
В том числе:		
для полов	12,7	12,55
облицовочные	11,2	12,72
фасадные	15,45	18,05
20. Круглый лес, м ³	0,003	0,013
21. Изделия на основе древесины		
В том числе:		
цементно-стружечные плиты (ЦСП), м ³	0,304	0,497
пиломатериалы, м ³	0,102	0,108
древесно-стружечные плиты (ДСП), м ³	0,237	0,288
древесно-волокнистые плиты (ДВП), м ³	3,2	3,246
строительная фанера, м ³	0,353	0,393
штучный паркет, 1000 м ²	8,8	9,678
22. Листовой плоский стеклопластик, т	0,04	5,78
23. Трубы канализационные чугунные, т	0,262	0,99
24. Трубы керамические дренажные (усл. Ø50 мм), 1 км	0,732	0,734
25. Трубы керамические канализационные, т	0,367	0,369
26. Трубы из полиэтилена, т	0,905	7,29
27. Трубы из поливинилхлорида, т	1,403	4,839
28. Трубы стальные, т	0,229	1,929
29. Трубы асбестоцементные, 1 км усл. Ø	2,709	7,869
30. Стальные конструкции, т	0,2	1,9
31. Алюминиевые конструкции, т	0,18	6,48
32. Экструзионные асбестоцементные неутепленные панели (δ=0,12 м), м ²	0,019	0,039
33. Экструзионные асбестоцементные панели (δ=0,12 м), утепленные полужесткими минераловатными плитами, м ²	0,019	0,05
34. Гипсокартонные листы, 1000 м ²	1,251	1,8821
35. Гипсоволокнистые листы, 1000 м ²	2,41	2,687
36. Гипсостружечные листы, 1000 м ²	1,121	1,349
37. Железобетонные сборные несущие конструкции из тяжелого бетона, м ³	0,098	0,338

Материалы и конструкции	Топливо-энергетические затраты, т у.т.	
	Прямые	Общие
38. Железобетонные сборные стеновые конструкции из легкого бетона, м ³	0,098	0,314
39. Железобетонные сборные стеновые конструкции из ячеистого бетона, м ³	0,09	0,181
40. Бетонные сборные конструкции, м ³	0,098	0,202
41. Железобетонные монолитные конструкции, м ³	0,018	0,27
42. Бетонные монолитные конструкции, м ³	0,018	0,136
43. Растворы, м ³		
В том числе:		
В2,5	0,002	0,058
В7,5	0,002	0,086
М150	0,002	0,093
В10	0,002	0,126
В15	0,002	0,153

Таблица II

Расчетные значения энергозатрат различных стеновых материалов и конструкций [18]

Конструкции	В жилищно-гражданском строительстве				В производственном строительстве			
	Толщина конструкций, см	Приведенные затраты*, руб./м ²	Энергозатраты, т у.т./м ²		Толщина конструкций, см	Приведенные затраты*, руб./м ²	Энергозатраты, т у.т./м ²	
			на производство	на отопление			на производство	на отопление
1. Стена из полнотелого глиняного кирпича	51	46,6	0,069	0,038	38	41,95	0,053	0,04
2. Стена из полнотелого силикатного кирпича	64	42,54	0,054	0,033	38	39,37	0,033	0,041
3. Стена из пустотелого глиняного кирпича	38	44,4	0,048	0,037	—	—	—	—
4. Эффективная кирпичная кладка (утеплитель - минеральная вата) (δ=12 см)	50	32,37	0,071	0,013	—	—	—	—
5. Стеновая панель из керамзитобетона (γ=1100 кг/м ³)	40	42,57	0,115	0,03	26	42,32	0,077	0,036
6. Стеновая панель из керамзитобетона (γ=1000 кг/м ³)	35	41,08	0,101	0,028	22	40,29	0,066	0,036
7. Конструкции крупноблочные (из легких и ячеистых бетонов)	40	42,57	0,115	0,03	—	—	—	—
8. Стена из монолитного железобетона	40	35,72	0,116	0,034	—	—	—	—

Конструкции	В жилищно-гражданском строительстве				В производственном строительстве			
	Толщина конструкций, см	Приведенные затраты*, руб./м ²	Энергозатраты, т у.т./м ²		Толщина конструкций, см	Приведенные затраты*, руб./м ²	Энергозатраты, т у.т./м ²	
			на производство	на отопление			на производство	на отопление
9. Стеновая панель из ячеистого бетона ($\gamma=800$ кг/м ³)	35	39,51	0,073	0,028	22	38,35	0,048	0,034
10. Стеновая панель из ячеистого бетона ($\gamma=900$ кг/м ³)	—	—	—	—	—	—	—	—
11. Стеновая панель из ячеистого бетона ($\gamma=700$ кг/м ³)	35	36,08	0,071	0,028	18	37,4	0,039	0,035
12. Трехслойная железобетонная панель (утеплитель – минеральная вата) ($\delta=13$ см)	35	35,4	0,069	0,017	—	—	—	—
13. Деревянная стеновая конструкция с обшивкой из доски (утеплитель – минеральная вата) ($\delta=12$ см)	—	30,09	0,046	0,021	—	—	—	—
14. Панели типа «сэндвич» с обшивками из стального и алюминиевого листа ($\delta=0,06$ мм) с утеплителем из пенополиуретана ($\delta=7$ см)	—	28,09	0,037	0,014	—	—	—	—

Примечание: * В ценах 1984 г. в среднем на 1 м³

Таблица III

Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период q_o^{req} , Вт·ч / (м²·°С·сут) [Вт·ч / (м³·°С·сут)]

Типы зданий	Этажность здания,			
	1–3	4–5	6–9	10 и более
Система теплоснабжения				
Жилые, общеобразовательные и другие общественные здания	64 [23]	52 [19]	44 [16]	38 [14]
Поликлиники и лечебные учреждения	68 [19]	63 [18]	57 [16]	—
Дошкольные учреждения	86 [25]	—	—	—
На отопление здания				
Жилые здания	31,9	26,4	22,2	19,4
Общеобразовательные и другие общественные здания	10	9,2	8,3	—

Источник: Материалы НИИСФ РААСН

