

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ивановский государственный политехнический университет
Кафедра организации производства и городского хозяйства

Л.А. Опарина

**ОСНОВЫ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Учебное пособие

Иваново 2014

УДК 699.8(075.8):001.76

Опарина, Л.А. Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве: учеб. пособие / Л.А. Опарина. – Иваново: ПресСто, 2014. – 256 с.

Учебное пособие «Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве» содержит теоретический материал по направлениям, методам и технологиям ресурсо- и энергосбережения при строительстве зданий. Учебное пособие ориентировано на формирование у студентов навыков и знаний в теории ресурсо- и энергосбережения на разных стадиях жизненного цикла объектов строительства с целью последующего их анализа и внедрения в практической деятельности. Учебное пособие предназначено бакалаврам и магистрантам по направлению подготовки 270800.68 Строительство, изучающих дисциплины «Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве» и «Ресурсосберегающие технологии строительного производства». Пособие также может быть использовано в работе проектировщиков, специалистов строительных организаций, научных организаций архитектурно-строительного профиля.

Учебное пособие издано при финансовой поддержке в форме гранта ректора Ивановского государственного политехнического университета.

Печатается в авторской редакции

Рецензенты: Бабкин В.Ф., доктор технических наук, профессор кафедры гидравлики, водоснабжения и водоотведения Воронежского ГАСУ
Технический совет ОАО «РСУ-4», председатель,
Почётный строитель РФ, доктор экономических наук, доцент Строкин К.Б.

© Ивановский государственный
Политехнический университет, 2014

© Л.А.Опарина, 2014

ISBN

Оглавление

Предисловие.	6
1. Основные понятия, виды и направления ресурсо- и энергосбережения в строительстве.	8
1.1. Энерго- и ресурсосбережение в строительной науке – анализ понятийного аппарата.	8
1.2. Основные направления современного ресурсо- и энергосбережения в архитектурном проектировании.	16
1.3. Основные направления современного ресурсо- и энергосбережения в строительстве.	28
1.4. Виды и направления экономии основных ресурсов, применяемых в строительстве.	43
1.4.1. Водные ресурсы.	43
1.4.2. Строительные материалы.	47
1.4.3. Ресурс нетронутых природных территорий.	53
1.4.4. Трудовые ресурсы.	54
1.4.5. Интеллектуальные ресурсы.	55
1.4.6. Энергетические ресурсы.	59
2. Ресурсо- и энергосбережение при организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.	69
2.1. Определение понятия «энергоэффективное здание».	69
2.2. История появления и развития энергоэффективных зданий.	73
2.3. Принципиальная схема энергоэффективного здания.	82
2.4. Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий.	88
3. Тепловой баланс здания и влияние на него отдельных компонентов.	97
3.1. Расчёт теплового баланса здания.	97

3.2. Правила расчёта площадей здания.	102
3.3. Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций. Класс энергоэффективности зданий.	104
4. Нормативно-правовое обеспечение ресурсо- и энергосбережения в строительстве.	122
4.1. Федеральные законы о ресурсо- и энергосбережении в строительстве.	122
4.2. Нормативно-правовые акты, регламентирующие ресурсо- и энергосбережение в строительстве.	125
4.3. Технические регламенты, регламентирующие ресурсо- и энергосбережение в строительстве.	131
5. Современные ресурсосберегающие технологии в строительстве.	139
5.1. Ресурсосбережение при возведении монолитных зданий.	139
5.2. Ресурсосбережение в строительстве на основе использования техногенных отходов в производстве строительных материалов.	143
5.3. Ресурсосберегающие технологии и архитектурно-строительные системы реконструкции жилой застройки первого периода домостроения.	156
5.4. Ресурсосберегающие строительные системы для малоэтажного строительства.	165
6. Современные ресурсо- и энергосберегающие строительные материалы и конструкции.	176
6.1. Современные теплоизоляционные материалы в строительстве.	176
6.2. Энергосберегающие фасадные системы.	185
6.2.1. Навесные вентилируемые фасады.	185
6.2.2. Система штукатурных фасадов.	191
6.3. Энергосберегающие полы.	196
6.4. Энергосберегающие окна.	198
7. Инженерные методы обеспечения	201

энергоэффективности зданий.	
7.1. Рекуперация тепловой энергии.	201
7.2. Использование возобновляемых источников энергии. Тепловые насосы.	205
7.3. Приборы для учета расхода энергии. Компьютерное управление энергетическими системами здания. «Умные дома».	210
8. Установка приборов учёта энергоресурсов в зданиях.	217
8.1. Приборы учёта тепловой энергии.	217
8.2. Приборы учёта холодной и горячей воды.	225
8.3. Приборы учёта газа.	229
8.4. Приборы учёта электрической энергии.	233
9. Энергетический аудит зданий.	237
9.1. Цели и задачи энергетического аудита зданий. Основные этапы энергетического аудита.	237
9.2. Методология энергоресурсаудита ЖКХ. Простой энергоаудит. Комплексный энергоаудит.	242
9.3. Результаты энергоаудита. Энергетический паспорт здания.	246
Библиографический список.	252

Предисловие

Одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, обозначенных Указом Президента РФ от 7 июля 2011 г. № 899 является энергосбережение и энергоэффективность. Строительная отрасль, имеющая огромное значение для всех отраслей народного хозяйства, испытывает в настоящее время значительные изменения, связанные с требованиями к повышению энергетической эффективности объектов строительства. В настоящее время принимаются меры по техническому регулированию, направленные на повышение энергетической и экологической эффективности, ресурсо- и энергосбережению.

Роль ресурсосбережения в современной экономике обусловлена необходимостью разработки и построения целостной модели управления строительством ресурсосберегающего типа, которая базируется на последовательном учете факторов, снижающих ресурсо- и энергопотребление на всех уровнях и этапах управления строительством.

В вузах поставлена задача обеспечения учебного процесса дисциплинами по проблемам ресурсо- и энергосбережения, в различных отраслях экономики, в том числе строительной отрасли. Современные бакалавры, специалисты и магистры должны обладать знаниями и приобрести навыки ресурсо- и энергосбережения

в строительстве. Без этих знаний реформа строительной отрасли не будет иметь запланированного эффекта.

Данное учебное пособие содержит теоретическим материал по дисциплинам «Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве» и «Ресурсосберегающие технологии строительного производства», изучаемым студентами и магистрантами направления подготовки 270800.68 Строительство. Теоретический материал подготовлен автором на основе изучения научной, методической, нормативно-правовой и технической литературы, докладов и научных статей, отражающих результаты научных исследований известных учёных, академиков РААСН по тематике ресурсо- и энергосбережения в строительной отрасли. Также в учебном пособии использованы материалы проведённого автором исследования при подготовке докторской диссертации на тему «Теоретические основы организации процессов жизненного цикла энергоэффективных зданий».

Учебное пособие «Основы ресурсо- и энергосбережения в строительстве» ориентировано на формирование у студентов навыков и знаний в теории ресурсо- и энергосбережения на разных стадиях жизненного цикла объектов строительства с целью последующего их анализа и внедрения в практической деятельности.

От автора: ваши замечания, предложения и вопросы отправляйте по адресу электронной почты L.A.Oparina@gmail.com.

Я буду рада узнать Ваше мнение!

1. Основные понятия, виды и направления ресурсо- и энергосбережения в строительстве

1.1. Энерго- и ресурсосбережение в строительной науке – анализ понятийного аппарата

Перевод строительной отрасли на энерго- и ресурсосберегающий путь развития сопряжён не только с изменениями в нормативно-технической документации, но и методологической базы, неотъемлемой частью которой является понятийный аппарат. В частности, в строительной науке появились и получили своё развитие понятия «энергосбережение», а затем и «ресурсосбережение», «энерго-и ресурсосбережение». Автор считает необходимым уточнить данные термины, так как очевидным является то, что энергоресурсы – это часть понятия «ресурсы», а в научной литературе зачастую эти термины употребляются в разном контексте. Важно проанализировать как понятие «ресурсы», так и понятия, связанные с их сбережением. Эволюция данной терминологии целесообразно представить в виде таблицы.

Таблица 1.1

Эволюция понятий «энерго- и ресурсосбережение»

Документ	Термин	Определение
Закон № 23-ФЗ от 3.04.1996	энергосбережение	реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии

Продолжение табл. 1

	энергетический ресурс	носитель энергии, который используется в настоящее время или может быть полезно использован в перспективе
МДК № 81 от 18.04.01	топливно-энергетические ресурсы	совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в хозяйственной деятельности (в том числе и воды как энергоресурса в системе ЖКХ)
	характеристика энергоресурсопотребления	физическая величина, отражающая количество и качество потребляемого объектом энергоресурса, которая используется для расчета показателей эффективности
	энергоресурсаудит	обследование энергопотребляющих объектов и процессов с разработкой соответствующих рекомендаций и мероприятий по энергосбережению
ГОСТ Р 52106- 2003	ресурсы	используемые и потенциальные источники удовлетворения потребностей общества.
ГОСТ Р 52104- 2003	ресурсосбережение	организационная, экономическая, техническая, научная, практическая и информационная деятельность, в том числе методы, процессы, комплекс организационно-технических мер и мероприятий, сопровождающих все стадии жизненного цикла объектов и направленных на рациональное использование и экономное расходование ресурсов
Закон № 261- ФЗ от 23.10.09	энергосбережение	реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эф-

Окончание табл. 1.1

		фекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг)
	энергетический ресурс	носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии)

Укрупненно можно подразделить все ресурсы на материальные и энергетические (первичные и вторичные), интеллектуальные, трудовые, информационные, финансовые, временные, традиционные и нетрадиционные. К **ресурсам** относят работников, инфраструктуру, производственную среду, информацию, поставщиков и партнеров, природные и финансовые ресурсы; материальные ресурсы, такие как усовершенствованные производственные и вспомогательные средства; нематериальные ресурсы, такие как интеллектуальная собственность; ресурсы и механизмы, содействующие инновационным постоянным улучшениям (ГОСТ Р ИСО 9004-2010).

В ГОСТ 52106-2003 ресурсы также подразделяются по видам: **возобновляемые ресурсы**: часть природных ресурсов в пределах круговорота веществ в биосфере, способная к самовосстановлению в сроки, соизмеримые со сроками хозяйственной деятельности человека (растительность, животный мир, кислород атмосферы и др.) и **топливно-энергетические ресурсы (ТЭР)**:

совокупность природных и произведенных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности.

К терминологии в области ресурсо- и энергосбережения также относятся следующие понятия и определения:

- **менеджмент ресурсов:** процессы определения и обеспечения организации ресурсами, необходимыми для внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества, постоянного повышения его результативности, а также повышения удовлетворенности потребителей путем выполнения их требований (ГОСТ Р ИСО 9001).

- **ресурсосодержание продукции:** показатели, определяющие свойства продукции, связанные с закреплением в ее составе материальных и/или энергетических ресурсов.

- **ресурсоемкость продукции:** показатели материалоемкости и энергоемкости при изготовлении, ремонте и утилизации продукции.

- **ресурсоэкономичность продукции:** показатели расхода материальных и энергетических ресурсов в процессе эксплуатации, ремонта и утилизации продукции.

- **сырье:** природные или вторичные ресурсы, которые могут быть использованы или уже используются в каком-либо производственном процессе.

- **топливо:** продукция, предназначенная для выработки тепловой энергии в процессе ее сжигания.

- **энергия:** продукция, являющаяся средством труда для выполнения работы (оказания услуги) или предметом труда для выработки энергии другого вида.

- **эффективность объекта:** результативность создания и использования объекта как отношение суммарного полезного эффекта к совокупным затратам за его жизненный цикл.

- **эффективность управленческого решения:** степень достижения запланированного результата на единицу затрат путем реализации решения.

- **рациональное использование ресурсов:** достижение максимальной эффективности использования ресурсов в хозяйстве при существующем уровне развития техники и технологии с одновременным снижением негативного воздействия на окружающую среду.

- **ресурсосберегающая технология:** Технология, при которой потребление всех типов ресурсов сведено к рациональному (минимальному) уровню.

- **реутилизационная технология:** Цепочка технологических процессов, когда отходы одного производства становятся сырьем для другого.

- **организация производства** – совокупность правил, ресурсов, процессов и действий, обеспечивающих форму и порядок труда для преобразования вещественных элементов производства

в целях создания продукции, оказания услуг с повышением эффективности производства, увеличением прибыли, безопасности и ресурсосбережения.

- организационно-технологическая подготовка производства – комплекс работ, включающий анализ технологичности конструкции изделий, разработку и типизацию технологических процессов, создание технологического оснащения, нормирование потребности в ресурсах, организацию обеспечения производства, оперативное управление подготовкой производства.

- энергоемкость – количество энергии, необходимое для получения единицы какого-либо продукта или определенного результата, например, услуги.

- энергосберегающая технология: новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования топливно-энергетических ресурсов (ГОСТ Р 51387).

- экономическая оценка ресурсосбережения: совокупность технико-экономических методов определения уровня экономии ресурсов в результате внедрения и осуществления ресурсосберегающих мероприятий в натуральном и стоимостном выражении.

- экономия: разность между нормой (нормативом) или удельным расходом какого-либо ресурса, элементом затрат или затратами на отдельной стадии жизненного цикла объекта до

внедрения организационно-технического мероприятия и тем же показателем после его внедрения за определенный период.

- **энергосберегающая технология:** новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования топливно-энергетических ресурсов (ГОСТ Р 51387).

- **экономическая оценка ресурсосбережения:** Совокупность технико-экономических методов определения уровня экономии ресурсов в результате внедрения и осуществления ресурсосберегающих мероприятий в натуральном и стоимостном выражении.

Таким образом, на основе анализа приведённых терминов и определений можно сделать следующие выводы:

1. Понятие «энергетические ресурсы» является составной частью понятия «ресурсы» и включает его в себя.
2. Понятия «энергосбережение» и «ресурсосбережение» принято разделять несмотря на то, что энергосбережение является частью ресурсосбережения. Разделение понятий, по мнению авторов, произошло вследствие того, что вопросами энергосбережения учёные занялись раньше, чем ресурсосбережения, а также вследствие осознания того, каким важным видом ресурсов являются энергетические ресурсы, которые становятся всё дороже и дефицитнее. Поэтому энергосбережение и энергоэффективные здания рассматриваются отдельно.

3. Данная терминология является общепризнанной не только в России, но и во всём мире, так как российские ГОСТ, посвящённые ресурсосбережению, основаны на зарубежных, так как они разработаны в развитие директивных положений по экономии всех видов ресурсов с учетом отечественных и зарубежных тенденций стандартизации, включая положения по ресурсосбережению, установленные в международных стандартах ИСО серий 9000, 14000 и гармонизированных с ними государственных стандартах Российской Федерации серий ГОСТ Р ИСО 9000 и ГОСТ Р ИСО 14000, в обеспечение заданного качества объектов при меньших затратах ресурсов, что способствует экономии национального богатства и защите окружающей среды, решению проблем устойчивого развития [20].

Таким образом, строительное производство должно выполняться с рациональным использованием и экономным расходованием всех видов ресурсов (вещества, энергии), при безопасном воздействии на человека и окружающую среду. Вопросы устойчивого развития регионов и страны в целом решаются сокращением потребления вещества и энергии, внедрением высоких технологий, экологическим управлением, социальным регулированием. Ресурсосбережение снижает объемы отходов, сбросов и выбросов, что в свою очередь уменьшает их негативное воздействие на человека и окружающую среду.

1.2. Основные направления современного ресурсо- и энергосбережения в архитектурном проектировании

Наша страна одна из самых холодных в мире, поэтому особую важность в России имеют эффективные системы производства тепловой энергии, методы ее транспортировки с наименьшими потерями и технологии экономного потребления. В этом состоит объективная истина формообразования и стилевого характера отечественной архитектуры.

Проблема отопления жилищ в России столетиями решалась посредством сооружения массивных каменных и деревянных стен, оконные проемы имели небольшую площадь. Особо расточительным по теплопотреблению стал период строительства панельных домов первых массовых серий в 1950-1960-х годах. Беспредельно низкие строительные нормы теплоизоляции конструкций действовали до 1994 года, следовательно, самое большое количество существующего жилья возведено по этим нормативам.

Таким образом, экономия тепловой энергии в России до 1990 годов решалась за счет массивных конструкций (их масса на один м^2 общей площади зданий из панелей поперечно-стеновой системы составляла 1,5 т, из крупных блоков – 1,75, а из кирпича продольно-стеновой системы – 1,9 т). Применение ресурсо- и энергоэффективных конструкций на основе смешанных архитектурно-строительных систем с использованием эффективных утеплителей снижает удельный вес здания в 2-2,5 раза по отноше-

нию к традиционным конструкциям. Тем не менее, в крупных городах продолжается массовое многоэтажное крупнопанельное домостроение на основе существующей производственной базы.

Достичь энергетической эффективности возможно только при системном подходе, учитывая два направления работы: обеспечение энергоэффективности, как зданий, так и систем теплоснабжения. Если 30% энергоресурсов связано с непроизводительными потерями в установках генерации, при транспортировке, распределении и учете тепловой энергии, то значительные потери энергии происходят непосредственно при потреблении, включающем в себя множество составляющих. Одна из них на данном этапе – теплоизоляция ограждающих конструкций (в том числе светопрозрачных ограждений), по которым уже приняты соответствующие нормативы. Известный в практике проектирования коэффициент компактности как характеристика объемно-планировочного решения до сих пор не увязан с показателем удельного расхода тепла на отопление. Между тем он может и должен служить объективной характеристикой теплоэффективности здания. Проблема создания среды жизнедеятельности в соответствии с принципами устойчивого развития является сложной и многогранной. В наше время ее невозможно решить с использованием прежних моделей. После второй мировой войны в СССР господствовала идея обеспечения населения жильем в короткие сроки. Была поставлена задача скорейшей индустриализации строительства. Уменьшение количества типоразмеров строи-

тельных деталей и изделий, унификация вели к сокращению стоимости их изготовления, упрощению строительного производства на площадке, следовательно, к снижению стоимости самого строительства. Внедрение сборного железобетона положило начало новому этапу развития «архитектуры» с широким применением типового проектирования.

Сегодня мы признаем потребность в изучении и совершенствовании как проблемы в целом, так и архитектурных аспектов. Особое значение приобретают вопросы, связанные с окружающей средой, стоимостью, комфортом и надежностью эксплуатации зданий. Следует подчеркнуть, что проектирование ведется без учета важнейших задач по созданию среды жизнедеятельности и человеческих потребностей, архитектурного формообразования зданий в зависимости от условий и места строительства. Несовершенство проектных решений, устаревшие нормативы, дефекты строительства и эксплуатации по-прежнему ведут к избыточным потерям тепла в зданиях (40 % через ограждения, 30-40 % через окна, 9 % через крышу, 10-15 % через полы первого этажа).

Относительный расход тепла на отопление зданий связан, прежде всего, с их геометрическими параметрами и функционально зависит от объемно-планировочного коэффициента (отношение периметра к площади здания или помещения при постоянной величине высоты этажа).

Следует иметь в виду, что из-за многофакторности исходных предпосылок, влияющих на оптимальный модуль ячейки, не может существовать одного оптимального решения, а должна рассматриваться некоторая область их вариантов.

Оптимальные размеры несущих конструкций предусматривают получение достаточной надежности при минимальном расходе строительных материалов. Практика проектирования показывает, что увеличение пролета здания в 2 раза приводит к четырехкратному увеличению изгибающего момента, то есть к существенному утяжелению конструкций, поэтому размеры пролета должны определяться фактически необходимым свободным пространством. В противном случае увеличение габаритов ячейки при компоновке здания может оказаться дорогостоящим.

Поиски новых типов жилища в XXI веке, связанные с необходимостью изменения строительной типологии дома в соответствии с современными социально-экономическими условиями, направлены на создание приемов и схем, расширяющих возможности вариантного проектирования. Практика проектирования показывает, что в малоэтажном и многоэтажном домостроении предпочтительными и перспективными являются пролеты 4,8 м и 7,2 м. Пролет 4,8 м обеспечивает оптимальные архитектурно-планировочные решения в соответствии с действующими нормами проектирования. Он дает возможность получить рациональную ширину корпуса здания, а также самые разнообразные типы домов по двухпролетной схеме. Его применение допускает

трансформацию планировочного пространства и вариантность проектирования. Пролет 7,2 м при однопролетной схеме оптимален для всех типов домов и позволяет осуществить кардинальную трансформацию архитектурно-планировочного пространства. Предпочтительность проектирования малоэтажных зданий на пролете 4,8 м и соответствующей ему конструктивной ячейке подтверждается современной отечественной и зарубежной практикой (в Швеции, США, Италии используется шаг стен, близкий к 4,8 м).

В ближайшем будущем станет нормой расширение типологии жилых зданий. Наряду с уже сложившимися относительно новыми для России малоэтажными и многоэтажными домами повышенной площади жилых ячеек, а также комфортности и качества должны появиться многофункциональные жилые структуры. Новая типология жилища и типов жилых домов повлекут за собой дальнейшую их дифференциацию в зависимости от уровня спроса и доходов потребителя. Но требования к энергосбережению остаются в силе. Типология жилого дома оказывает существенное влияние на потребление энергии

Российскими специалистами (на основе проведенных исследований и анализа передового опыта, накопленного в РФ и за рубежом) разработаны и внедряются архитектурно-строительные системы для зданий различного назначения с применением безригельного каркаса. Создание современного отечественного оборудования для выполнения работ в условиях строительной пло-

щадки позволило сократить материалоемкость таких зданий на 30-40 %, а трудоемкость - на 20 %. Построено уже несколько десятков 16-этажных жилых домов, в том числе в Москве и Московской области, в Краснодаре и других регионах страны.

В то же время качественные параметры применяемых сейчас архитектурных систем в большинстве своем не отвечают новым требованиям по энергоэффективности, ресурсосбережению. Большая часть объемов массового жилищного строительства выполняется по модернизированным типовым проектам с утеплением только ограждающих конструкций стен. Несмотря на новые требования по усилению теплоизоляции, практически все индивидуальные застройщики (а объемы осуществляемого ими строительства составляют более 40 % от общих объемов по стране) полностью их игнорируют.

В 1997 году была утверждена подпрограмма «Архитектурно-строительные системы жилищного строительства ГЦП «Жилище». В ней впервые рассматривались архитектурно-строительные системы нового поколения, обеспечивающие широкие возможности организации внутреннего пространства жилых зданий, гигиеническое качество, безопасность и комфорт жилья, а также повышение энергоэффективности и снижение материалоемкости строительства на основе технического перевооружения действующей материально-технической базы домостроения и создания новых технологий производства.

Открытая архитектурно-строительная система включает:

- модули различных подсистем, для которых можно применить взаимозаменяемые узлы, детали и конструкции, созданные на основе существующей нормативной базы строительства;

- возможности организации внутреннего пространства с использованием различных конструктивных решений зданий;

- координированный набор типоразмеров унифицированных строительных изделий, которые могут применяться для возведения зданий различного назначения;

- охват строительства как малоэтажного (до 4 этажей включительно) на основе легких унифицированных конструкций, деталей и элементов, так и многоэтажного – на основе каменных материалов или металлических конструкций, а также разнообразных легких ограждающих конструкций;

- единую модульную систему и конструктивные элементы, взаимозаменяемые с элементами других архитектурно-строительных систем в соответствии с заданным уровнем унификации.

Высокий уровень унификации конструкций, изделий и элементов обеспечивается набором:

- универсальных конструкций и элементов, из которых можно проектировать различные варианты систем;

- универсальных узлов и сопряжений, обеспечивающих совместимость элементов независимо от выбранной конструктивной системы.

Создание открытой архитектурно-строительной системы на основе единой модульной координации должно обеспечить привязку всех элементов здания к модульным разбивочным осям и монтажным горизонтам независимо от материала и толщины сопрягаемых элементов и расположения их в плане. Одним из актуальных направлений ресурсо- и энергосбережения является создание нового поколения элементов строительных конструкций массового применения (энергоэффективные ограждающие конструкции, светопрозрачные ограждения), обладающих повышенным уровнем теплозащиты. Производство таких изделий должно составлять основу строительной индустрии, а их применение позволит снизить стоимость, повысить качество и ускорить возведение объектов. Широкая номенклатура конструкций дает возможность проводить многовариантное проектирование, детально и с высокими потребительскими свойствами (надежностью, долговечностью, экологичностью, эстетичностью) отрабатывать конструктивные решения.

Формирование современного архитектурно-художественного облика застройки невозможно без элементов светопрозрачных конструкций. Повышение теплотехнических качеств окон, наружных остекленных дверей и витражей позволяет сократить потери тепла от общих в здании до 30-40 %. В настоящее время отечественные производители наладили выпуск современных переплетов из ПВХ-профилей, дерева, алюминия, дерево-алюминия для энергоэффективных окон (по разным оценкам – до

5 млн. м²). Однако при условии ежегодной замены остекления в существующих домах (5 % в год) и установки таких окон во вновь строящихся зданиях потребности регионов Российской Федерации возрастут в 5-7 раз.

По удельному весу в общем объеме жилищного строительства здания со стенами из кирпича и мелких блоков занимают в настоящее время второе место. В перспективе мелкоштучные материалы (в основном различные виды камней и блоков) могут с успехом применяться в малоэтажном строительстве при условии разработки конструкций, отвечающих требованиям теплоэффективности жилых зданий.

В основу архитектурно-строительных систем массового малоэтажного жилищного строительства, применяемых в городах и других поселениях, должны быть положены конструкции из местного строительного материала, древесины, а также созданные на основе тонкостенного металлического холодногнутого профиля и эффективных утеплителей в форме оставляемой опалубки.

Для развития деревянного домостроения необходимо наладить массовый выпуск индустриальных конструкций, изделий и деталей на базе открытой системы типизации, то есть совершить переход от типовых домов к унифицированным конструкциям для различных типов зданий.

Холодногнутые тонкостенные металлические несущие элементы применяются в качестве стоечно-балочных и плоских рамных систем, а также пространственных решетчатых ферм по-

крытий. Благодаря легкости обработки и разнообразию форм сечений их целесообразно использовать как несущие элементы зданий, кровли и стеновых панелей.

Системы из монолитного железобетона на основе оставляемой опалубки из эффективных утеплителей являются стеновыми или каркасными. В зависимости от типа элементов опалубки они обеспечивают строительство стен и перекрытий зданий любой этажности, но особенно эффективны в малоэтажном жилищном строительстве в районах со сложными инженерно-геологическими и погодными условиями.

Для перехода к открытой архитектурно-строительной системе потребуется перестройка предприятий домостроения и промышленности строительных материалов. Решение этой проблемы должно исходить из необходимости преобразования производства на всех этапах создания готовой строительной продукции: от проектирования до возведения жилых зданий на базе разработки сырьевых запасов, производства строительных материалов и выпуска строительных конструкций.

Важнейшей частью нынешнего этапа жилищной политики на долгосрочную перспективу является не только новое строительство, но модернизация и реконструкция существующего фонда жилья с учетом его сохранения и обновления, снижения расходов энергопотребления и снижения выбытия по ветхости.

В настоящее время жилищный фонд России составляет более 2,8 млрд. м², около 2 % из них является ветхим и аварийным,

третья часть имеет физический износ более 30 %. Ежегодно выбывает около 4 млн. м² жилья. Резкое сокращение финансирования на проведение капитального ремонта может привести к тому, что в ближайшие 10-15 лет значительное количество жилья из-за потери потребительских качеств станет неперспективным в качестве источника доходов местных бюджетов.

Сегодня требуется коренная комплексная реконструкция многих районов, изменение их пространственно-планировочной структуры, обновление архитектуры жилых домов, повышение технического качества квартир и инженерного оборудования. Основными объектами реконструкции должны стать районы морально и технически устаревшей по архитектурно-планировочным и техническим параметрам застройки, серой однообразной архитектуры, с большими ничейными и бесхозными дворами, внутриквартальными и микрорайонными пространствами, в которых человек не находит себе удобной экологической ниши и содержать которые в новых экономических условиях непосильное дело для муниципальных служб.

Проблема массового жилища особенно осложняется моральной и технической деградацией жилой застройки 1950-1960-х годов. Дома первых массовых серий требуют обновления, к тому же прошел нормативный срок проведения их капитального ремонта. Объем жилищного фонда пятиэтажек составляет порядка 250 млн. м² общей площади, в Москве – более 20 млн. м², в Санкт-Петербурге – более 10 млн. м². В этом фонде размещается

существенная часть социального жилья посемейного заселения (около 10 % всего жилищного фонда страны, в котором проживает более 15 млн. человек).

Зарубежный и отечественный опыт реконструкции показывает, что здание может быть повышено на 1-2 этажа за счет его расширения, увеличения размеров кухонь и летних помещений. Устройство мансард не только увеличивает общую площадь дома на 20-40 %, но и уменьшает потери тепла через кровлю на 7-9 %, значительно улучшая архитектурную выразительность здания.

В условиях рыночных отношений (установленной стоимости на землю, резко возросшей стоимости энергоносителей и основных строительных материалов) особенно ярко проявляется экономическая эффективность по следующим позициям:

- реконструкция не требует нового участка земли;
- прирост жилой площади происходит за счет реализации резервов на существующих территориях, а также градостроительного освоения малоуклонных, плоских крыш и пустующих чердаков зданий, пригодных для устройства надстроек (в том числе мансардного этажа как наиболее оптимального варианта) без отселения жителей, что в 1,5 раза дешевле, чем строительство на новых территориях. На 25-40 % снижаются расходы на создание инженерной и транспортной инфраструктуры;
- реконструкция – одно из средств гармонизации квартирной структуры в существующих районах;

- реконструкция повышает социальную привлекательность жилья, а с учетом получения дополнительных новых площадей (как правило, в центральных районах города) и его перспективность для инвесторов.

Совершенствование архитектурно-градостроительных и социальных решений за счет реконструкции возможно в любых условиях, в малых, средних и крупных городах. Проблема в том, каким образом и в каких объемах производить изменения, чтобы материальные затраты не были чрезмерно велики, чтобы не был нанесен ущерб культуре и традициям, чтобы создавалась соразмерная человеку жилая среда. Одна из важнейших задач проведения реконструкции жилищного фонда – это разработка стратегических направлений, определяющих архитектурную, градостроительную и техническую политику, которая бы обеспечивала динамику роста возобновления жилья и устойчивое развитие городов России [24].

1.3. Основные направления современного ресурсо- и энергосбережения в строительстве

Конечным продуктом строительного производства являются здание, сооружение или их комплексы. При этом ресурсосбережение должно рассматриваться на всех этапах строительства:

- **при выборе участка строительства** – учитывать природно-климатические, горно-геологические, сейсмические,

ландшафтные условия, наличие существующей промышленной и коммунальной застройки, а также пропускную способность инфраструктурных объектов;

- **при разработке проектов** необходимо не только ориентироваться на достижение требуемых в строительных нормах критериев теплозащиты и теплосбережения, но и активно применять рациональные архитектурно-строительные решения, ресурсосберегающие технологий ведения строительных и строительномонтажных работ, прогрессивные строительные материалы и конструкции;

- **при производстве строительных материалов и конструкций** использовать инновационные энергоэффективные технологии, а также включать промышленные отходы в производство строительных материалов;

- **при ведении строительных и строительномонтажных работ** – использование современных машин и механизмов, прогрессивных технологий и техоснастки, внедрение научной организации труда, оптимальных логистических потоков, сетевого планирования, а также безопасных и безвредных условий труда, что позволит снизить энергетические издержки строительного производства;

- **при эксплуатации:** снижение энерго-, тепло-, водопотребления в зданиях, увеличение сроков эксплуатации и межремонтных циклов, создание комфортных условий проживания.

Основу организации ресурсо- и энергосберегающего строительного производства составляют:

- ресурсосберегающие и энергосберегающие технологии изготовления строительных материалов и конструкций;
- энергосберегающие методы организации трудовых процессов;
- ресурсосбережение и энергосбережение при производстве СМР;
- проектирование энергосберегающих зданий с высоким классом энергоэффективности;
- энергосберегающий менеджмент эксплуатации зданий и сооружений;
- производство текущих и капитальных ремонтов здания ресурсосберегающими и энергосберегающими способами;
- ресурсосбережение и энергосбережение в процессе вывода здания из эксплуатации и в процессе утилизации строительных материалов.

Для решения задач согласования и организации деятельности строительных организаций в области энергосбережения на всех стадиях создания строительной продукции требуются комплексный анализ и выбор технически возможных и экономически целесообразных на современном этапе направлений. Пути совершенствования энергетических показателей производственного процесса и готовой строительной продукции определяются, в первую очередь, спецификой энергопотребления в жилищном

строительстве, особенностями формирования и освоения потенциала энергосбережения в отрасли, методами.

Предприятия жилищного строительства функционируют на территориальных рынках, поэтому характер их развития, динамика энергопотребления и стратегия энергосбережения формируются под воздействием социально-экономических, природно-климатических, географических факторов и условий конкретного региона.

Выделение жилищного строительства в самостоятельную отрасль произошло в результате отраслевой специализации, поэтому тенденции энергопотребления и стратегия энергосбережения в жилищном строительстве складываются под влиянием особенностей, присущих данному виду строительной деятельности, что проявляется в следующем:

- на уровень энергопотребления в жилищном строительстве и эксплуатируемом жилищном фонде определяющее влияние оказывает **целенаправленная государственная энергосберегающая политика**, которая предусматривает ужесточение энергетических стандартов на жилье, технику и оборудование, изменение технологий проектирования и строительства, применение энергоэффективных строительных материалов;
- при строительстве одного и того же типа зданий **в разных регионах требуется различное количество энергоресурсов**. Энергоемкость здания зависит от природно-климатических,

географических, геологических условий на площадке строительства и специфических местных условий;

- особенностью готовой продукции жилищного строительства является так называемый **отложенный энергоэкономический эффект**;

- свойства жилья, заданные при его проектировании и реализованные при возведении, проявляются не сразу после начала пользования, а в течение длительного периода эксплуатации. Поэтому масштабы этого эффекта зависят от множества факторов, которые необходимо учитывать уже на начальных стадиях создания зданий;

- **задачи энергосбережения, стоящие перед проектировщиками на каждом этапе жизненного цикла здания, особенно в каждом конкретном случае.** Это связано с многообразием конструктивных и объемно-планировочных решений проектируемого жилого здания, материалов, применяемых при его строительстве, инженерных решений по обеспечению водо-, тепло- и газоснабжением в период эксплуатации;

- **жилищное строительство формирует технологический спрос на энергоносители** как в строительном производстве, так и при эксплуатации зданий, так как создает жилье, характеризующееся, с одной стороны, сложившейся для данной технологии энергоемкостью, а с другой, – заданными нормативными параметрами функционирования и определенным качеством строительного-монтажных работ.

Перечисленные особенности жилищного строительства свидетельствуют о **межотраслевом характере энергосбережения**, сложности оценки и управления этим процессом. Представляется, что решению задач активизации сбережения энергоресурсов в жилищном строительстве может способствовать декомпозиция процесса создания жилья, рассматриваемого одновременно как с позиций строительной продукции, так и с позиций потребительского товара. В капитальном строительстве при таком подходе **процесс создания здания рассматривается по этапам его жизненного цикла**. Приемлем **процессный подход** и для решения конкретных задач энергосбережения в жилищном строительстве, поскольку энергоресурсы используются при производстве промежуточной строительной продукции (строительных материалов и изделий), возведении и эксплуатации здания в объеме, заданном при его проектировании. Это позволяет выделить этапы жизненного цикла здания, различающиеся по структуре энергопотребления, составу характерных мероприятий по энергосбережению, показателям и методам оценки их результативности.

Жизненный цикл здания объединяет следующие основные этапы: проектирование, возведение, эксплуатацию, капитальный ремонт и утилизацию. С точки зрения энергопотребления первый и последний этапы не представляют интереса. Основная доля энергозатрат (до 90%) приходится на эксплуатацию зданий, в процессе производства строительных материалов и конструкций потребляется около 8%, в процессе строительства –

примерно 2%. С позиции энергосбережения в жилищном строительстве ведущая роль принадлежит этапам проектирования и возведения здания, конечный результат которых проявляется в социально-экономическом эффекте на этапе эксплуатации здания.

Роль проектирования в решении задач энергосбережения в жилищном строительстве, прежде всего, заключается в переработке информации о строительном объекте, разработке архитектурно-строительных идей, выборе альтернативных вариантов проекта в соответствии с требованиями строительных норм, оценке прогрессивности проектных решений и возможностей инвестирования, преобразовании всей информации в форму проекта. Следовательно, реализация энергосбережения на этапе проектирования проходит идеальную стадию (замысел проекта), технико-экономическое обоснование (оценка показателей проекта), а затем разработку архитектурно-строительного проекта.

Сроки сдачи объекта в эксплуатацию, с одной стороны, задаются инвестором или заказчиком проекта, с другой, – ограничены конструктивно, технически и экономически, а также требованиями строительных норм. Значительные масштабы энергопотребления и потенциала энергосбережения на этапе эксплуатации здания определяют сегодня изменение подходов и методов строительного проектирования. Принимаемые даже на начальных стадиях проектирования объемно-планировочные, конструктивные и инженерные решения практически определяют энергетиче-

ские характеристики здания. Это предполагает применение функционального подхода к оценке энергосбережения и управлению им при проектировании объекта, т.е. задание его проектных характеристик от требований эксплуатационного периода.

В процессе проектирования формируются основные проектные технико-экономические показатели жилого здания – сметная стоимость, продолжительность строительства, характер строительных материалов и конструкций, организационно-технологические методы выполнения строительно-монтажных работ (и, следовательно, уровень энергопотребления при возведении здания), эксплуатационные и потребительские, в том числе энергетические, свойства жилища как товара, что в дальнейшем обуславливает прибыльность или убыточность управления им при эксплуатации.

Окончательное решение по выбору варианта для дальнейшего проектирования принимает заказчик, который при ограниченных возможностях финансирования может выбрать проект с низкими стартовыми капитальными вложениями, при ограничениях во времени – вариант, обеспечивающий меньшую продолжительность строительства и быстрый ввод в эксплуатацию здания.

Таким образом, в процессе проектирования задается проектная энергоемкость как возведения здания, так и его эксплуатации. Уровень проектной энергоемкости жилья зависит от запросов заказчика проекта, требований строительных норм и правил,

мастерства автора проекта, рационального применения им архитектурно-строительных и инженерных мер по энергосбережению в здании. Основным критерием экономической оценки строительных проектов становится не снижение сметной стоимости и экономия материальных ресурсов, а высокое качество проектных решений, предопределяющее снижение расходов на содержание жилищного фонда в период эксплуатации.

Этап строительства включает ряд технологических процессов, совокупным результатом которых является ввод в действие готовой строительной продукции. Каждый процесс требует определенного расхода энергоресурсов и сопровождается их потерей. Топливо и энергия расходуются в процессе производства строительных материалов и конструкций, при их транспортировке на строительную площадку; на освещение и отопление зданий при выполнении строительно-монтажных работ; при использовании средств малой механизации, электрического инструмента, подъемно-транспортных механизмов и т.д. Кроме того, энергоресурсы расходуются в смежных отраслях на производство строительных машин и механизмов, материалов и продукции, предназначенных для строительства.

Следовательно, в совокупной энергоемкости готовой продукции жилищного строительства по так называемой всеобъемлющей энергии учитываются прямые и косвенные энергетические затраты. Прямые входят в общепроизводственное энергопотребление и характеризуют производственную энергоемкость

строительства здания, косвенные опосредованы в применяемых материалах, сырье, металле и находят свое отражение лишь в себестоимости конечной продукции, если их получение и переработка в конечную продукцию не являются составляющей единого технологического процесса.

В современных условиях хозяйствования критерием эффективности деятельности строительных организаций во все большей степени становится снижение затрат производства. Рост цен на энергетические ресурсы, повышение конкуренции на рынках промежуточной и готовой строительной продукции стимулирует их все шире использовать возможности энергосбережения. Способствует снижению энергоемкости строительного производства (продукции) и то, что на рынке жилья преобладает предложение услуг со стороны подрядных организаций над предложением инвестиционных ресурсов со стороны заказчиков.

Это вызывает конкуренцию среди подрядных строительных организаций, а, следовательно, и стремление каждой из них к совершенствованию своей работы, поиску и реализации резервов производства, освоению потенциала энергосбережения, повышению качества выполняемых работ.

На этапе эксплуатации жилья проходят проверку практикой все заложенные в проекте технические идеи. На этом этапе нормативная и фактически достигнутая в процессе проектирования и возведения здания энергоёмкость его эксплуатации могут не совпадать. Кроме того, она изменяется с течением времени. Под воз-

действием морального и физического износа конструктивных и инженерных систем здания фактическое энергопотребление возрастает, а при проведении текущего и капитального ремонта, реконструкции и модернизации – восстанавливается до первоначального уровня или снижается в результате применения энергосберегающих инноваций.

Одной из основных проблем активизации процесса энергосбережения на всех этапах жизненного цикла здания является недостаточная сбалансированность интересов всех субъектов, участвующих в создании жилья и его потребления как товара, поэтому дальнейшие исследования необходимо направить на формирование мотивационного механизма внедрения энергосбережения при строительстве жилых зданий и комплексов.

За последние полтора-два десятилетия различным странам удалось не только задержать, но и существенно снизить рост энергопотребления в строительном секторе. Например, Швеция за десятилетие (1978-1988 годы) снизила энергопотребление в жилых зданиях на 28 ТВт•ч (50 ТВт•ч в 1978 г.), Дания уже к 1985 году потребляла на 28% меньше тепловой энергии на эти цели по сравнению с 1972 годом, что с учетом возрастания жилой площади за этот период фактически привело к энергосбережению на 47% по отношению к м² жилья.

Более корректно сравнивать удельные показатели энергопотребления, пересчитанные по отношению градусо-суток отопительного периода:

Россия - $85 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}\cdot\text{сут})$ ($5000^\circ\text{С}\cdot\text{сут}$),
Германия - $82 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}\cdot\text{сут})$ ($3163^\circ\text{С}\cdot\text{сут}$),
США - $44 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}\cdot\text{сут})$ ($2700^\circ\text{С}\cdot\text{сут}$),
Швеция - $34 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}\cdot\text{сут})$ ($4017^\circ\text{С}\cdot\text{сут}$).

Европейский парламент и Совет Европейского союза разработали Директиву по энергетическим характеристикам зданий, обязательную для применения во всех странах, входящих в Европейский союз. Целью Директивы является улучшение энергетических параметров жилых зданий, потребляющих около 40% производимой энергии (с учетом местных климатических и внутренних условий, а также с учетом эффективного использования финансовых средств). В этом документе отмечается, что повышение эффективности использования энергии составляет неотъемлемую часть экономической политики и мер, соответствующих реализации Киотского протокола по снижению объемов выделения углекислого газа для защиты окружающей среды от последствий парникового эффекта.

Государства, входящие в Евросоюз, должны обеспечить такие условия, чтобы перед началом строительства новых зданий полезной площадью более 1000 м^2 были бы рассмотрены следующие источники энергии (в зависимости от местных условий):

- системы централизованного теплоснабжения района или квартала при их наличии;
- автономные установки комбинированного производства тепловой и электрической энергии;

- установки децентрализованного энергоснабжения, основанные на возобновляемых источниках энергии;
- тепловые насосы (при определенных условиях). Представленным перечнем констатируется, что базовое решение проблемы источника энергии, а именно сжигание топлива в котле, предназначенном для передачи воде тепла, высвобождаемого в процессе горения, не является оптимальным решением.

Подчеркивается, что наибольший эффект в энергосбережении достигается в том случае, когда жители сами могут управлять энергопотреблением и оценивать результаты своей деятельности. Они должны иметь возможность регулировать свое потребление тепла и горячей воды. Инженерные системы следует проектировать таким образом, чтобы эта возможность была обеспечена.

Госстрой России и РААСН заняли активную позицию по вопросам энергосбережения в зданиях. В 1995 году Госстроем были приняты разработанные НИИСФ РААСН с участием других организаций новые нормативные требования к тепловой защите зданий. В основу их был положен принцип поэтапного снижения расходов тепловой энергии на отопление с тем, чтобы за пять лет (к началу 2000 года) снизить уровень энергопотребления строящихся и реконструируемых зданий не менее чем на 40%.

Большая работа проведена НИИСФ РААСН по созданию системы территориальных строительных норм по энергетической

эффективности зданий и внедрению ее в 37 регионах РФ с населением свыше 70 млн. человек.

В основных положениях Энергетической стратегии России на период до 2020 года отмечено, что природные топливно-энергетические ресурсы и созданный производственный, научно-технический и кадровый потенциал энергетического сектора экономики – национальное достояние России. Эффективное его использование является необходимой основой выхода страны из кризиса и перехода на траекторию устойчивого развития, обеспечивающего рост благосостояния народа.

Следует отметить большие достижения в энергосбережении эталонных жилых зданий, построенных в Москве: в 8-м микрорайоне Куркино, энергоэффективный жилой дом в микрорайоне Никулино-2. Этот ценный опыт надо проанализировать и положить в основу дальнейших разработок.

НИИСФ предложены основные положения новой стратегии жилищного строительства России на период до 2015 года. Суть этой стратегии заключается в нахождении путей создания Комфортных Энерго- Ресурсо- Минимизирующих жилых зданий (КЭРМ-хаус) со сниженным в 3-4 раза потреблением первичной энергии по сравнению с базовым годом (2001) и действующими нормами.

Очевидно, что создание зданий КЭРМ-хаус с удельным конечным энергопотреблением $18-35 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$ при 3000 градусо-сутках или $21,6-43 \text{ кДж}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}\cdot\text{сут})$ требует разработки сис-

темы общих энергетических показателей здания и квалитетических методов их оценки как для сооружения в целом, так и по видам расходуемой энергии.

Такое существенное снижение энергопотребления требует разработки новых объемно-планировочных и конструктивных решений КЭРМ-хаус с точки зрения их энерго- ресурсо- минимизации, формирования его объема с оптимизацией ориентации и площади наружных ограждений, дифференциации размещения помещений в зависимости от требуемых комфортных условий и их функциональной направленности.

Проектирование таких зданий должно вестись с использованием высокоэффективных, экологически чистых и долговечных материалов и технологий. При этом должны быть исследованы возможности применения как новых, так и традиционных строительных материалов, включая особо легкие ячеистые бетоны и дерево, а также использованы разнообразные технологии утилизации теплоты в процессе теплопередачи, при удалении вентиляционного воздуха, при поступлении в здание солнечной радиации, системы низкотемпературной тепловой энергии грунта, воды, воздуха. Нужны долговечные автоматизированные системы управления микроклиматом. Будут учтены и совокупные затраты энергии на производство строительных материалов и выбранны наиболее энергоэффективные материалы,

Для подобных зданий уместно ставить вопрос об использовании локальных источников теплоснабжения. В российских ус-

ловиях децентрализованные источники теплоснабжения могут быть более эффективны в небольших городах, так как сети теплоснабжения в нашей стране являются одним из главных расточителей тепловой энергии (хотя опыт Дании демонстрирует очень высокую эффективность систем централизованного теплоснабжения). Жилые кварталы, построенные из таких зданий, могут быть организованы по принципу свободной планировки, мало зависящей от сетей коммуникаций систем теплоснабжения. Поэтому эти кварталы могут иметь и совершенно другой архитектурный облик [24].

1.4. Виды и направления экономии основных ресурсов, применяемых в строительстве

1.4.1. Водные ресурсы

Природный минерал – вода обладает одновременно свойствами твердого тела и газа, образует с грунтами структуры, напоминающие структуры воды в живой клетке. По этому признаку существует порядка 150 видов воды. Она является физическим символом информации, обладает памятью и другими удивительными свойствами.

Строительство и коммунальное хозяйство используют воду вполне прагматически – водозабор из природного источника, водоподготовка и подача потребителям по водопроводу, сбор использованной воды, очистка и сбрасывание в природные водоемы. Водой Россия не обделена, по ресурсам речного стока – чет-

вертое место в мире на человека. Однако техника и экономика этой отрасли могут быть существенно улучшены, что очень важно, поскольку, по оценкам западных экспертов, вследствие истощения источников вода в XXI веке будет играть такую же стратегическую роль, какую играла нефть в XX веке. В недалеком будущем цена на воду превысит цену на нефть и бензин.

Средняя величина утечек из водопроводных сетей в России составляет 14,6% от объема поданной воды. Наибольшие нерациональные расходы имеются в жилом секторе: отсутствие регулирования напора воды на вводах в здания, низкое качество водоразборной и запорной арматуры, недостаточный учет воды с помощью водосчетчиков, безразличное отношение населения к экономии воды и относительно низкая цена на нее. Как правило, тарифы на воду для населения России в 2-3 раза ниже ее себестоимости и почти на порядок ниже, чем за рубежом.

При всем этом имеются методы водоподготовки на основе озонирования (а не хлорирования) и оптимизации энергии для перекачки воды по водопроводным системам, методы очистки сточных вод, в том числе локальные, исключаящие наличие полей фильтрации. Есть и реальные возможности сократить вдвое-втрое объем забираемой из природных источников воды, не уменьшая фактическое ее потребление населением, а за счет ликвидации потерь с соответствующим уменьшением затрачиваемой энергии и перекачиваемых водных потоков во всем цикле. Можно назвать и множество других научно-технических достижений

в этой области. Все это позволяет улучшить инженерную инфраструктуру городов, по-новому формировать генпланы, оздоровить население, уменьшить коммунальные расходы в будущем.

Расчет потребности в воде при разработке ППР производится с учетом расхода по группам потребителей, исходя из установленных нормативов расхода.

При проектировании стройплощадок суммарный расход $Q_{\text{ОБЩ}}$, л/с, определяется по формуле:

$$Q_{\text{ОБЩ}} = Q_{\text{ПР}} + Q_{\text{ХОЗ}} + Q_{\text{ПОЖ}}, \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{ПР}}$ - соответственно расходы воды на производственные, хозяйственно-бытовые и противопожарные нужды, л/с.

Расходы для производственных целей $Q_{\text{ПР}}$, л/с, определяют по формуле:

где $1,2$ – коэффициент на неучтенные расходы воды;

– средний производственный расход воды в смену, л;

– коэффициент неравномерности, принимают равным $1,6$;

$8,0$ – число часов работы в смену;

3600 – число секунд в часе.

Расход воды на хозяйственно-бытовые нужды $Q_{\text{ХОЗ}}$, л/с, определяется по формуле:

-
- где
- максимальное количество рабочих в смену;
 - норма потребления воды на одного человека в смену, которая принимается для площадок с канализацией - 20-25 литров и без канализации 10-15 литров;
 - норма потребления на прием одного душа, принимается равным 30 литрам;
 - коэффициент неравномерности потребления воды, принимаемый равным 2,5-3,0;
 - коэффициент, учитывающий отношение пользующихся душем к наибольшему количеству рабочих в смену, принимается равным 0,3-0,4.

Расход воды на противопожарные нужды определяют в зависимости от территории стройплощадки.

Диаметр водопроводной напорной сети определяют по формуле:

$$\frac{\quad}{\quad}$$

где D – диаметр трубы, мм;

v – скорость движения воды в трубе, принимается 1,0-1,5 м/с;

– общий расход воды.

Полученное значение должно быть определено до ближайшего диаметра по ГОСТу. Таким образом, резервы ресурсосбережения воды следует искать в значениях величин в формулах (1.1-1.3).

1.4.2. Строительные материалы

Энергоемкость строительных материалов еще предстоит проанализировать, однако имеющиеся результаты уже позволяют сделать предварительные оценки. Керамзит, например, выходит из употребления именно благодаря большим энергетическим затратам на его изготовление.

По данным [28], на организацию производства кирпича, равного по теплозащитным свойствам минераловатному утеплителю (1 м³ утеплителя в конструкции стены по теплозащитным свойствам равен 3000 шт. глиняного кирпича), требуется сделать капиталовложений в 7 раз больше, чем для производства утеплителя. Энергозатраты на производство основных строительных материалов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Энергоемкость производства основных строительных материалов

Наименование материала	Ед. изм.	Энергоёмкость, кг.у.т.
Портландцемент М-400	т	280
Сталь арматурная	т	920
Металлоконструкции строительные	т	1050

Алюминиевый профиль	т	6120
Кирпич глиняный	тыс. шт. усл. кирп.	260
Кирпич силикатный	тыс. шт. усл. кирп.	85
Щебень, гравий	м ³	30
Песок	м ³	25
Полистирольный пенопласт ПС БС	м ³	35
Плиты минераловатные на синтетическом связующем жёсткие	м ³	91

Таким образом, производство строительных материалов требует значительных энергетических затрат. При выборе стройматериалов необходимо учитывать, что суммарные удельные энергозатраты на строительство здания (в том числе на добычу и переработку сырья, производство строительных материалов и изделий-полуфабрикатов, строительные-монтажные работы, транспорт, оборудование здания и пр.) могут существенно превышать удельные эксплуатационные энергозатраты на отопление здания за весь расчетный срок службы дома и затраты на дельнейшую утилизацию здания.

Строительство является самой материалоемкой отраслью – для получения конечной продукции стройматериалы поставляют более 70 отраслей экономики страны. В строительстве используется 50% продукции промышленности стройматериалов, около 18% металлопроката, 40% пиломатериалов, более 10% продукции машиностроительной промышленности. Структура продукции

строительной отрасли наглядно демонстрирует, что энергопотребление при создании строительной продукции распределяется по двум основным стадиям – производство строительных материалов и процесс возведения объектов – и составляет примерно 23,5% от сметной стоимости строительного-монтажных работ. Процесс производства строительных материалов является более крупным потребителем энергетических ресурсов, чем процесс возведения объектов, при этом наиболее энергоемкими является производство цемента, листового стекла, сборных железобетонных конструкций и изделий, штучных стеновых материалов, в т. ч. керамического кирпича [28].

Известно, что многие «отходы» являются вторичным сырьем для производства новой продукции. Если установить правильную, справедливую цену за первичное природное сырье (и вырученные деньги направлять на восстановление поврежденной природы), то вторичное сырье становится почти бесплатным (а сдатчики, например, бытового мусора еще и платят сейчас, чтобы его у них приняли на свалку).

Примеров утилизации строительных материалов достаточно много. В России в Институте химической физики РАН в Черноголовке создан метод огневой переработки свалок твердых органических отходов, перемешанных с грунтом, которые сами не горят и требуют либо трудоемкой сортировки, либо дополнительного топлива. Это не мусоросжигание на заводе. Технология основана на процессе, названном «сверхадиабатическое горение». С

его помощью твердая органика превращается в газообразную с КПД 90-95%. Газ подается в отдельную турбину либо в стационарную ТЭЦ или ГРЭС. А грунт и минеральный мусор после обжига могут служить стройматериалом для дорог. Технология сверхадиабатического горения способна уничтожить экологически безопасно и экономически очень выгодно свалки ТБО вокруг и внутри городов, поля фильтрации на окраинах населенных пунктов, что позволит оздоровить обстановку и по-новому строить генплан. Кроме того, сверхадиабатическое горение может быть основой «малой энергетики».

В настоящее время нет точно определённого понятия «энергоёмкость строительных материалов», так как это направление является развивающейся и недостаточно изученной областью исследования. По мнению автора данного учебного пособия, понятие «энергоёмкость» применительно к строительным материалам можно определить через понятие «полная энергоёмкость продукции – величина расхода энергии и (или) топлива на изготовление продукции, включая расход на добычу, транспортирование, переработку полезных ископаемых и производство сырья, материалов, деталей с учетом коэффициента использования сырья и материалов» [ГОСТ 51387]. При этом необходимо учитывать, что строительные материалы в течение жизненного цикла зданий испытывают системные трансформации, на которые также тратятся энергоресурсы: это производство СМР, эксплуатация с текущими и капитальными ремонтами, реконструкция и, наконец, демон-

таж, утилизация или рециклинг. Все эти процессы требуют энергетических затрат и должны учитываться при определении полной энергоёмкости жизненного цикла зданий как систем, и строительных материалов как подсистемных объектов. На основе вышеизложенного, автором предлагается следующее определение: «энергоёмкость строительного материала – это совокупные энергозатраты на производство, транспортировку, строительномонтажные работы, эксплуатацию (ремонтные и реставрационные работы) за весь расчетный срок службы этого материала, а также на дальнейшую утилизацию и рециклинг».

Затраты энергии на строительство дома могут быть существенно уменьшены при оптимальном проектировании и выборе материалов. Оптимум может быть найден при тщательном и строгом анализе эффективности принятых решений на всех стадиях использования материала:

- добычи сырья;
- производства строительных материалов и конструкций;
- транспортировки;
- производства строительных работ;
- поддержании в рабочем состоянии и ремонте в процессе эксплуатации здания;
- разборки здания и размещения отходов после окончания его эксплуатации;
- переработки строительных материалов для вторичного использования.

Эти стадии образуют полный жизненный цикл строительного материала. Мерилом воздействия на окружающую среду при оценке и выборе строительного материала может служить, в этом случае, величина энергии, необходимой для обеспечения полного жизненного цикла материала [Аврорин].

Исходя из всех перечисленных выше критериев можно заключить, что многие материалы, используемые в современной строительной индустрии, не отвечают требованиям экономичности и устойчивого развития. Так отмечается, что в XX в. развилась тенденция преимущественного использования в строительстве стали, цемента, алюминия и пластиков, благодаря быстрому опережающему развитию энергетики на основе органических топлив. Относительная дешевизна энергии в развитых странах привела к расточительному её использованию и распространению энергоёмких технологий, а, следовательно, к повышению загрязнённости окружающей среды. Мировой энергетический кризис заставляет сегодня правительства многих стран пересмотреть эту политику. Поэтому в строительстве предлагается ориентироваться на широкое использование материалов с низкой и средней энергоёмкостью производства.

Таким образом, учёт энергоёмкости строительных материалов в течение всего жизненного цикла зданий, проведение энергетического анализа для вновь проектируемых и реконструируемых зданий способствует более разумному выбору материалов и соответствует принципам устойчивого развития.

1.4.3. Ресурс нетронутых природных территорий

Данный ресурс представляется очень важным, самым главным, стратегическим на ближайшие десятилетия и, к сожалению, уменьшающимся и невозполнимым. В России такие территории есть, как есть и районы экологически крайне неблагополучные. На последнем всемирном форуме по устойчивому развитию в Йоханнесбурге российская делегация представила мировому сообществу доказательства благоприятного влияния на Землю экологически чистых территорий Сибири, Алтая, Дальнего Востока и, конечно, требовала платы за это. Необходимо принять превентивное законодательство по защите нетронутых природных территорий, придать им статус национальных парков, поддержать коренное население, внести ограничения на экологически опасные производства.

Уменьшение энергопотребления в строительстве и коммунальном хозяйстве позволит увеличить резерв квоты России, уже имеющейся за счет экологически чистых территорий по Киотскому протоколу, и направить эти средства на дальнейшее сокращение энергопотребления в жилом секторе. К восточным территориям России проявляют интерес соседние ближние и дальние страны, имеется много предложений по их «освоению». Например, японцы предлагают построить водопровод из Байкала в Японию, не говоря о существующих рубках леса, далеких от разумного хозяйствования по отношению к «осваиваемой» терри-

тории. Дальний Восток фактически заселяется гражданами Китая и Кореи. И нет законодательства, препятствующего этому процессу и обеспечивающего интересы страны (во всяком случае, российские архитекторы скоро не будут там нужны). Понимание или непонимание значения ресурса нетронутых территорий отличает развитые страны от развивающихся стран.

1.4.4. Трудовые ресурсы

Население России сокращается, соответственно сокращаются, но относительно быстрее и трудовые ресурсы. По данным Госкомстата РФ, постоянное население России сократилось с 148,7 млн. человек на начало 1992 года до 146,3 млн. на начало 1999 года, на январь 2000 года - 145,5 млн. Естественная убыль примерно вдвое больше, но общее сокращение меньше за счет миграционного прироста. По оценкам за эти годы коэффициент смертности (13-14) почти вдвое превышает коэффициент рождаемости (8,4-8,8). За год население страны уменьшается на 700 - 800 тыс. человек, хотя имеется въезд в страну. Коэффициент суммарной рождаемости в 1999 году составил 1,2 и имеет тенденцию к уменьшению (а должен быть порядка 2,1-2,2 просто для воспроизводства населения). По некоторым оценкам, через 30-40 лет численность населения составит порядка 100 млн. человек, Упоминаются западные оценки, что наша страна может прокормить в условиях рынка от 15 до 50 млн. (в речи Тэтчер прозвуча-

ло, что на территории страны экономически оправдано проживание 15-20 млн. человек).

1.4.5. Интеллектуальные ресурсы

Это наиболее трудная и многоплановая тема (как и сам интеллект). Естественно, его надо «сберегать», в смысле развивать. Если кому и нужна независимость, то начинать надо с интеллектуальной независимости, без нее другие виды независимости невозможны. Культура (российская система образования, архитектурные и научные строительные школы) и интеллект – основа самостоятельности и единственный источник развития. Интеллектуальная независимость строительной отрасли обеспечивается тремя компонентами – творческие кадры, компьютерные программы и нормы.

Операционные системы несут на себе отпечаток культуры их создателей, то есть США. Операционная система навязывает ментальную логику этой страны другим этническим образованиям. По этой причине в принципе затруднена конкуренция, тем не менее есть альтернативы по другим операционным системам. Современные программы столь высокого уровня, что превышают возможности любого инженера. Выполняя работу выше своих возможностей, инженер получает удовлетворение и материальный выигрыш на рынке, но профессионально деградирует и как пользователь навсегда утрачивает возможность конкурировать с создателями программы, то есть теряет свою независимость. Что

касается существа расчетных программ, то российские зачастую превышают уровень имеющихся на рынке зарубежных программ. Ключевой вопрос состоит в том, что российские специалисты организационно и финансово не могут и психологически не любят создавать дружественный интерфейс для расчетных и проектных программ.

Нормы. Российская система строительных норм одна из лучших в мире. Закон № 184-ФЗ от 27.12.2002 «О техническом регулировании» в недостаточной мере учитывает специфику создания товарной строительной продукции, которая по своей сути индивидуальна и содержит большое количество так называемых скрытых работ, от которых зависит безопасность здания. Разработка Закона изначально мотивировалась необходимостью преодолеть запутанную систему согласований для начала строительства, вызывающую справедливые нарекания. Но в итоге эта система незначительно затронута, зато перестали быть обязательными выверенные практикой прочностные нормы проектирования и строительства, к которым не было претензий и которые основаны на законах физики и механики.

Закон меняет менталитет, делая отечественных строителей уязвимыми в конкурентной борьбе. Закон не сохраняет международные преимущества существующей российской системы норм строительства. Инвестор может потребовать создания специфических норм для своего объекта или применения национальных норм своей страны, если это иностранный инвестор. Последствия

нетрудно предвидеть. Почти автоматически генпроектировщиком и генподрядчиком становятся иностранные фирмы, а российские будут выполнять рутинную и малооплачиваемую работу как субподрядчики. То есть уже на этапе проектирования и строительства, не говоря о законченном предприятии, зарубежные инвестиции будут кормить зарубежных же строителей, у которых, например, сейчас кризисная экономическая ситуация. Выход надо искать в подготовке корректирующих законодательных актов по системе технического регулирования и нормирования в строительстве.

Россия традиционно готовила специалистов высокого профессионального уровня и также традиционно использовала их наихудшим образом. Это беда России. Это связано с наукой об управлении или с ограничениями, в которых она работала. Попытка соединить творческих работников и работников рутинного труда в одном коллективе привела к созданию в лучшем случае Наукоградов, оторванных от остальной экономики, в которую «внедряют» результаты.

В развитых странах появились технопарки типа Силиконовой долины и Киберсити, из которых научно-технические достижения выходят в экономику, преобразуя ее и общество в целом. Суть заключается в следующем. Продукт творческого труда, новый научный постулат и созданное на его основе ноу-хау не отчуждаемы в принципе от его создателя. Это напоминает невозможность отделения по Марксу результатов труда от работающе-

го в первобытнообщинном строе. Творческий работник, приглашенный корпорацией, получает зарплату, однако продукт своего творчества он как собственник передает в аренду собственнику материальных средств за долю прибыли, получаемой в результате реализации на рынке товара, созданного по новой технологии. Можно сказать и по-другому, оба собственника объединяют свои средства (интеллектуальные и материальные), то есть складывают их в один фонд, фондируют, затем производят продукцию, а прибыль делят в некоторой пропорции. В системном изложении это называется фондо-рыночными или программно-целевыми, а теперь уже и проблемно-целевыми методами управления.

Необходимо переходить на такой путь управления научно-техническим и социальным прогрессом, что вполне в рамках сегодняшнего законодательства. РААСН сделала предварительный шаг в этом направлении, разработав методические рекомендации, а в настоящее время ведется работа над подготовкой инструкции по созданию и применению инновационного механизма реализации научно-технических новшеств в строительстве.

Положение в строительной науке вообще парадоксально. Ученые приглашаются в строительство для научного сопровождения. Получая заработную плату, по ходу работы они вносят улучшения в проект и в строительное производство или предотвращают аварийные ситуации, если объект вне рамок СНиП. В этом случае экономическая выгода в строительстве превышает существенно затраты на науку, ученые финансируют стройку –

то есть все наоборот по сравнению с мировым опытом и «нормальной» экономической практикой.

Более того, финансовые потоки в российском строительстве вообще мало чувствительны к научно-техническим достижениям. Например, известие о возможном снижении себестоимости объекта на 20-30%, что уже доказано практически, не вызывает ажиотажа ни у инвесторов, ни у подрядчиков. А отсюда - потеря интереса к строительной науке, так называемая ее невостребованность, то есть это не рынок, а нечто иное.

Безусловно, все изложенные выше проблемы необходимо решать комплексно, беря за основу интеллектуальный ресурс и стремясь к конечной цели – устойчивому развитию [7].

1.4.6. Энергетические ресурсы

В основном законе «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 года приводится определение энергетических ресурсов: «энергетический ресурс – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная энергия или другой вид энергии); вторичный энергетический ресурс – энергетический ресурс, полученный в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате

осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса; энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг)».

Правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации основывается на следующих принципах:

- 1) эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов;
- 2) поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 3) системность и комплексность проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- 4) планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 5) использование энергетических ресурсов с учетом ресурсных, производственно-технологических, экологических и социальных условий.

В строительной отрасли энергосбережение направлено в первую очередь на повышение тепловой защиты здания, которое достигается комплексом различных мер: архитектурно-планировочных, конструктивных, инженерных решений здания, повышение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, окон, установка энергосберегающего инженерного оборудования и т.д. Комплекс данных мер приводит к достижению ключевого показателя энергетической эффективности зданий: экономии тепловой энергии на отопление и вентиляцию, которое выражается показателем удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $Q_{\text{отопл. и вент.}} / V \cdot \Delta T$, Вт/(м³·°C), определяется с учетом климатических условий района строительства, на основе выбранных объемно-планировочных решений, ориентации, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, системы вентиляции здания, а также применения других энергосберегающих решений по формуле:

$$(1.4)$$

где $Q_{\text{отопл. и вент.}} / V \cdot \Delta T$ – удельная теплозащитная характеристика здания,

Вт/(м³·°C);

$Q_{\text{вент.}} / V \cdot \Delta T$ – удельная вентиляционная характеристика здания,

Вт/(м³·°C);

$Q_{\text{быт.}} / V \cdot \Delta T$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м³·°C);

$Q_{\text{солн.}} / V \cdot \Delta T$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³·°C);

– коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения ;

– коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения;

– коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций;

– коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления.

Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемого значения , Вт/(м³·°C):

$$, \quad (1.5)$$

где – нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/(м³·°C), определяемая для различных типов жилых и общественных зданий.

Одним из вариантов снижения энергозатрат является формирование и реализация организационно-технологических меро-

приятий, основанных на комплексном системном подходе к данной проблеме. Анализ работ в области энергосбережения показал, что научные разработки и их внедрение в производство не полностью используют имеющийся потенциал. Большинство исследований направлено на сокращение расхода энергоресурсов в процессе эксплуатации зданий и сооружений. И только небольшое их количество посвящено совершенствованию технологии производства строительных работ, особенностям их выполнения в зимнее время, созданию и применению новых материалов и изделий. При формировании и разработке энергосберегающих мероприятий необходимо рационально использовать комплексный подход к исследованию системы потребления энергоресурсов. Согласно разработанной в [28] классификации, затраты энергоресурсов при производстве строительного-монтажных работ распределены по восьми группам (рис. 1.1).

Затраты энергоресурсов при производстве СМР	1. Транспортные нужды
	2. Бытовые нужды
	3. Освещение
	4. Технические нужды
	5. Автоматизация процессов управления
	6. Отопление и кондиционирование
	7. Организационно-технологические нужды
	8. Прочие затраты

Рис. 1.1. Затраты энергоресурсов при производстве СМР

В каждой группе проанализированы и выделены их основные составляющие. Например, на организационно-технологические нужды необходимы следующие энергозатраты:

- на разработку и перемещение грунта;
- на подачу материалов и конструкций к месту их использования и установки;
- на создание требуемых параметров микроклимата;
- на приведение материалов и конструкций к требуемому состоянию;
- на прочие организационно-технологические нужды.

Исследование этих затрат в процессе их взаимодействия с управляемыми и неуправляемыми параметрами системы потребления энергоресурсов позволяет выбрать наиболее эффективный состав мероприятий, обеспечивающий снижение энергопотребления при возведении зданий и сооружений в каждом конкретном случае. Разнообразие объемно-планировочных и конструктивных решений, их индивидуальность, большое количество видов строительно-монтажных работ и организационно-технологических способов их выполнения определяют соответственно оптимальные энергосберегающие мероприятия.

Определение возможных методов снижения затрат энергоресурсов в процессе строительства осуществлялось путем использования литературных источников, изучения опыта работы научно-исследовательских, проектных и производственных орга-

низаций, экспертного опроса квалифицированных и опытных специалистов. Выявленные организационно-технологические методы классифицированы по функциональному признаку и по признаку времени их преимущественной реализации.

По функциональному признаку возможные мероприятия могут быть распределены по следующим группам: административно-правовые; нормативные; технические; технологические; организационные; экономические; прочие.

Мероприятия, находящиеся в каждой из этих групп, объединены в отдельные блоки [28].

По признаку времени реализации они распределяются следующим образом:

Мероприятия, реализуемые при проектировании зданий и сооружений, в том числе:

- выбор архитектурно-планировочных решений, допускающих производство работ в условиях отрицательных температур с минимальным расходом энергоресурсов;
- использование изделий и конструкций, требующих минимального расхода энергоресурсов при их изготовлении и монтаже, в том числе в условиях отрицательных температур;
- использование строительных материалов, не требующих дополнительного расхода энергоресурсов при производстве строительных работ, в том числе при отрицательных температурах (максимальное исключение «мокрых» процессов, снижение

энергозатрат на подгонку и доводку устанавливаемых деталей и т.д.);

- проектирование систем отопления зданий и сооружений с учетом возможности рационального их использования при выполнении строительно-монтажных работ в зимнее время;
- детальная проработка и анализ проектных решений с точки зрения затрат энергоресурсов при производстве строительно-монтажных работ;
- выбор организационно-технологических решений возведения зданий и сооружений, отвечающих требованиям снижения затрат энергоресурсов, с дальнейшим их отражением в проектной и далее в исполнительной документации.

Мероприятия, реализуемые при определении сроков производства работ, в том числе:

- определение продолжительности возведения объектов с учетом возможности максимального выполнения в теплое время года строительных работ, требующих дополнительного расхода энергоресурсов при их производстве в условиях отрицательных температур;
- выбор сроков начала строительства объектов и величины задела с учетом выполнения в теплое время года работ, требующих повышенного расхода энергоресурсов в условиях отрицательных температур.

Мероприятия, реализуемые в процессе организационно-технологической подготовки производства, в том числе:

- разработка стройгенплана с учетом минимальных затрат на освещение (реализация этого мероприятия возможна при компактной схеме размещения строительной площадки);
- выбор временных зданий и сооружений с ограждающими конструкциями, имеющими высокий коэффициент сопротивления теплопередаче;
- разработка календарных планов производства работ с их обязательной оптимизацией по критерию расхода энергоресурсов во времени;
- выбор малоэнергоемких типов машин и механизмов с минимальным расходом энергоресурсов в зимних условиях;
- выбор технологии производства работ на альтернативной основе с учетом критерия величины расхода энергоресурсов.

Мероприятия, реализуемые в процессе производства работ, в том числе:

- осуществление мер, предусмотренных проектно-сметной и организационно-технологической документацией;
- оперативное реагирование на основе метеорологических прогнозов и фактического состояния погодных условий;
- использование безобогревных, малоэнергоемких технологических методов производства строительных работ;
- организация четкого учета и контроля расхода энергоресурсов;

Мероприятия, реализуемые при разработке и внедрении современных передовых технологий, техники и пр., в том числе:

- создание новых материалов и конструкций, исключающих или снижающих расход энергоресурсов на стройплощадке;
- создание новых модификаторов, обеспечивающих протекание беспрогревных технологических процессов;
- создание и внедрение новых технологий, обеспечивающих снижение затрат энергоресурсов;
- создание и внедрение новых малоэнергоёмких машин и механизмов для производства строительного-монтажных работ;
- создание и внедрение специальных малоэнергоёмких машин, оснастки и оборудования, предназначенных для производства строительного-монтажных работ в зимних условиях.

2. Ресурсо- и энергосбережение при организации жизненного цикла энергоэффективных зданий

2.1. Определение понятия «энергоэффективное здание»

Обеспечение энергетической эффективности зданий является важным направлением процесса перевода экономики России на энергосберегающий путь развития. Этот процесс начался в 90х годах с появлением идеологии нормирования зданий, основанной на минимизации энергетических затрат. На федеральном и региональном уровнях был создан и внедрён комплекс нормативных документов, произошёл переход строительного комплекса страны на новые энергоэффективные технологии. В строительной

отрасли сформировалось и прочно установилось новое понятие – «энергоэффективное здание».

Проведённое автором данного пособия исследование научной и нормативно-правовой литературы по вопросам энергетической эффективности зданий выявило необходимость уточнения терминологии энергоэффективности применительно к зданиям и определение понятия «энергоэффективное здание», так как развитие терминологии, определяющей энергоэффективность здания, и появление различных терминов требует определения понятия, носителем которого они являются.

Термин «энергоэффективность» введён СНиП 23-02-03 «Тепловая защита зданий», сменивший СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника». Нормы данного СНиПа устанавливают классификацию зданий и правила оценки по показателям энергетической эффективности, как при строительстве, так и при эксплуатации. Здания, удовлетворяющие нормативным требованиям удельной потребности в тепловой энергии на отопление (или охлаждение) и вентиляцию, получили название «энергоэффективные здания». Таким образом, разработчики нормативно-правовой документации, посвящённой энергетической эффективности зданий определяют энергетическую эффективность здания как свойство объекта и его инженерных систем обеспечивать заданный уровень расхода тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений.

В научной литературе также можно встретить определение понятия «энергоэффективное здание» как здание с пониженными показателями энергопотребления по сравнению с нормативными их значениями. В Московских нормах по энергосбережению в зданиях (МГСН 2.01-99) энергетическая эффективность здания определена как свойство объекта и его инженерных систем обеспечивать заданный уровень расхода тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров микроклимата помещений.

В процессе формирования и развития понятия «энергоэффективное здание» произошло расширение его содержания от требований низкой теплопроводности ограждающих конструкций к минимизации первичной энергии на обеспечение необходимого микроклимата внутри здания. Таким образом, энергоэффективность – это эффективное использование не только тепловой энергии, но и других видов энергии и энергетических ресурсов.

Авторы методических основ проектирования энергоэффективных зданий определяют энергоэффективное здание как совокупность архитектурных и инженерных решений, наилучшим образом отвечающих целям минимизации расходования энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания, то есть результат выбора определенными научными методами совокупности технических решений, наилучшим образом отвечающих поставленной цели. Данное определение содержит основные признаки понятия «энергоэффективное здание», однако не учитывает особенности современной энергетической экономики, а именно, не-

обходимость минимизации финансовых ресурсов на обеспечение энергоэффективности.

Процесс образования понятия «энергоэффективное здание» рассмотрен автором при помощи диалектической логики, так как диалектическая логика исследует процессы формирования и развития понятий в связи с переходом научного знания от менее глубокой сущности к сущности более глубокой, рассматривает их как ступени познания, как итог научной познавательной деятельности.

Рассматривая понятие «энергоэффективное здание» как целостную совокупность суждений, т.е. мыслей, в которых что-либо утверждается об отличительных признаках исследуемого объекта, в первую очередь необходимо определить его ядро, которым являются суждения о наиболее общих и в то же время существенных признаках этого объекта. Ядром понятия «энергоэффективное здание» служат такие признаки как «здание», «планировочные, конструктивные и инженерные решения», «уровень комфортности», «затраты на энергоресурсы».

На основании вышеизложенного автором предлагается следующее определение: **«энергоэффективное здание – это строение, совокупность планировочных, конструктивных и инженерных решений которого обеспечивает необходимый потребительский уровень комфортности при нормативных или меньших затратах на энергоресурсы».**

Предлагаемое определение построено в соответствии с правилами определения понятий диалектической логики, а именно:

1. Понятие «энергоэффективное здание» определено через ближайший род – строение и видовое отличие – соответствие нормативам энергопотребления.

2. Определение соразмерно, т.е. объём определяемого понятия и понятия, посредством которого определено искомое понятие, одинаковы, соответственны.

3. Видовым отличием является признак или группа признаков, свойственных только данному понятию и отсутствующих в других понятиях, относящихся к тому же роду, т.е. признак соответствия нормативам энергопотребления при обеспечении необходимого уровня комфортности отсутствует в других понятиях, относящихся к строениям.

4. Определяемое понятие не содержит круга, т.е. энергоэффективное здание не определено посредством такого понятия, которое само становится ясным только посредством определяемого понятия.

5. Определение не отрицательно и соответствует цели определения, которая заключается в том, чтобы ответить на вопрос, чем же является энергоэффективное здание, отображаемое в понятии, а для этого перечислены в утвердительной форме его существенные признаки.

6. Определение логически непротиворечиво.

7. Определение чёткое, ясное, не содержит двусмысленностей [14].

2.2. История появления и развития энергоэффективных зданий

Вопрос энергосбережения в строительстве стал объектом пристального внимания с 70-х годов XX века. Главной причиной послужило осознание необходимости экономии энергоресурсов после мирового энергетического кризиса 1974 года, а также создание инновационной концепции устойчивого развития и её принятие большинством развитых стран мира. Разработка первых принципов в области энергоэффективности зданий стала результатом критики Международной энергетической конференции ООН. Оппонентами МИРЭК выступили специалисты, которые говорили об огромных резервах повышения тепловой эффективности зданий. В ответ на это в 1976 году МИРЭК был сформулирован основной принцип экономии энергии. Он гласил, что «энергоресурсы могут быть использованы более эффективно, если меры, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и социальной точек зрения».

В последующие годы во многих странах были разработаны нормы, которые позволили в ограниченное время значительно снизить рост энергопотребления в строительстве. Первые нормативно-правовые акты были приняты на государственном уровне в Дании (Danish BR77 standard) и Швеции (SBN-80, Svensk Bygg

Norm). Как результат, в течение семи лет в Дании потребление тепловой энергии на нужды отопления зданий снизилось на 28%, а в Швеции - почти в два раза.

В середине 80-х годов в Германии была создана новая концепция энергосбережения в жилищном строительстве, которая получила название Passivhaus. Дома, построенные в рамках Passivhaus, должны были использовать для нужд отопления преимущественно внутренние тепловые ресурсы и иметь минимальный теплообмен с окружающей средой за счёт высококачественной теплоизоляции.

Первым нормативным актом, который в полной мере можно назвать международным, стала Директива Евросоюза 93/76/ЕС по ограничению выделений двуоксида углерода путем улучшения энергетической эффективности или SAVE. Документ был принят в 1993 году и предусматривал целый ряд мер по повышению энергоэффективности жилых зданий. В их числе – разработка энергетических паспортов зданий, эффективная теплоизоляция вновь возводимых зданий, регулярный анализ статей расхода энергии и повышение эффективности её использования, и даже субсидирование на государственном уровне трети расходов, направленных на экономию энергии.

На основе закона SAVE в феврале 2000 года Европейский Парламент и Совет ЕС принял программу содействия энергоэффективности зданий с аналогичным названием. Программа предусматривала меры по стимулированию повышения энергоэф-

фективности зданий, поощрение инвестиций в энергосбережение частными и общественными потребителями и в промышленности, а также создание условий улучшения интенсивности энергопотребления в сфере конечного потребления.

Нормативный акт и программа SAVE стала базой для создания новых норм и стандартов в области энергоэффективности в ряде стран ЕС – Германии (EnEV-2002), Франции (RT - 2000), Нидерландах (1998) и других. Их основная задача состоит в снижении до 30% потребления первичной энергии в жилых зданиях по сравнению с ранее действующими стандартами. Необходимо также отметить тот факт, что нормы, созданные на основе SAVE, приравнивают меры по сбережению энергии тепловой защитой здания к мерам по сохранению энергии в отопительных системах и системах теплоснабжения.

В 2000 году было проведено научное исследование, которое показало, что к 2030 году зависимость Евросоюза от импорта энергоресурсов достигнет 70%, тогда как в данный момент этот показатель не превышает 50%. Это подтолкнуло Европейский Парламент и Совет ЕС к принятию «Европейской стратегии надежного обеспечения энергетических поставок», получившей широкую известность как «Зелёная декларация».

В одном из приложений к декларации указано, что потребление энергии в быту и сфере услуг составляет 40,7% совокупного потребления энергии в странах ЕС. При этом порядка 84% этой энергии приходится на обеспечение нужд отопления и снабжения

зданий горячей водой. В свою очередь, данные национальных исследований, проведённых в ряде стран Евросоюза, показали, что более 75% жилищного фонда в Европе требуют модернизации для снижения энергопотребления.

Опираясь, на данные исследований и показатели, приведённые выше, в декабре 2002 года была принята новая Директива 2002/91/ЕС (общепринятое название EPBD), которая вступила в силу с первого января 2003 года. Её главной целью является реализация потенциала экономии энергии, который на текущий момент оценивается в 50% и снижение выбросов CO₂ в атмосферу на 45 млн. тонн в год.

В Директиве прописаны общие условия методологии расчёта энергоэффективности и минимальные требования для строящихся и уже существующих зданий, являющихся предметом реконструкции. Кроме того, документ говорит о необходимости энергетической сертификации зданий, о которой говорилось ещё в SAVE.

Наиболее важным при расчёте энергоэффективности зданий является учёт абсолютно всех факторов, способных повлиять на конечный результат. Это теплотехнические характеристики здания, отопительные установки и горячее водоснабжение, механическую вентиляцию, осветительные установки, характеристики внутреннего микроклимата, а также климатические особенности региона и даже ориентацию зданий на местности.

EPBD повысил значение сертификата (энергетического паспорта) энергоэффективности зданий, по сравнению со стандартами SAVE. Энергетический паспорт должен содержать показатели энергетической эффективности здания, используемые в стандартах, принятых на государственном уровне. Это необходимо для того, чтобы потребители могли провести сравнение характеристик нескольких объектов и выбрать оптимальный вариант. Данное положение является стимулирующим фактором, так как, работая над повышением энергоэффективности здания, девелоперы получают дополнительные конкурентные преимущества.

На основе EPBD в государствах ЕС были внедрены нормы, способствующие повышению энергоэффективности вновь возводимых и существующих зданий площадью свыше 1000 м². В частности, ещё на этапе проектирования домов данного типа должны быть выбраны и утверждены системы теплоснабжения.

В ноябре 2008 года было одобрено внесение поправок в Директиву EPBD, значительно ужесточающих требования к энергоэффективности. В частности, современным стандартам должны будут также соответствовать дома площадью менее 1000 м².

Важным международным документом стал и Киотский протокол, принятый в декабре 1997 года. Он обязывает страны с развитой и переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов в 2008-2012 годах по сравнению с 1990 годом. В частности, страны ЕС приняли обязательство по снижению выбросов на 8%, Япония и Канада – на 6%, а Россия

обязалась сохранить среднегодовые выбросы на уровне 1990 года. Киотский протокол действует в период с 2008 по 2012 год.

Необходимо отметить, что международные документы, в том числе Директива 2002/91/ЕС, Киотский протокол и «Глобальная энергетическая безопасность», рассматривающие в качестве одного из приоритетных направлений повышение энергетической эффективности в строительстве, а также опыт развитых стран, послужили основой для создания нормативно-правовой базы в России.

Первым шагом к реализации мер по повышению энергоэффективности в нашей стране стала «Энергетическая стратегия России до 2020 года», принятая в 1992 году. Согласно ей, приоритетными направлениями в области снижения энергоёмкости ВВП является привлечение интереса бизнеса к вопросам энергосбережения, а также создание условий для инвестирования в данную область. Помимо всего прочего стратегия предусматривает предоставление льготных условий для ведения бизнеса в сфере энергосбережения.

Правовые, экономические и организационные основы стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий устанавливает федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации. Данный федеральный закон сменил закон от 03.04.1996 № 28-ФЗ «Об

энергосбережении», положения которого носили декларативный характер. Закон регламентирует, что, строения, сооружения должны соответствовать требованиям энергетической эффективности, в соответствии с правилами, утвержденными Правительством РФ («Правила установления требований к энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требования к правилам определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов»). Данные правила устанавливают нормативные показатели, характеризующие удельную величину энергетических ресурсов в зданиях. Устанавливаются требования к архитектурным, функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям. В результате применения этих правил будут созданы условия, исключающие нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта, так и в процессе эксплуатации зданий строений сооружения. В соответствии с правилами будут устанавливаться классы энергетической эффективности многоквартирных домов. И для каждого класса минимальные и максимальные значения показательной энергетической эффективности. Класс энергетической эффективности будет включаться в энергетический паспорт многоквартирного дома.

Требования энергетической эффективности зданий, строений, сооружений подлежат пересмотру не реже чем один раз в пять лет. Действие закона № 261-ФЗ распространяется на дея-

тельность, связанную с использованием энергетических ресурсов, и относится ко всем типам зданий, для которых устанавливает общие требования к энергетической эффективности:

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

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

3) требования к отдельным элементам, конструкциям зданий, строений, сооружений и к их свойствам, к используемым в зданиях, строениях, сооружениях устройствам и технологиям, а также требования к включаемым в проектную документацию и применяемым при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте зданий, строений, сооружений технологиям и материалам, позволяющие исключить нерациональный расход энергетических ресурсов как в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта зданий, строений, сооружений, так и в процессе их эксплуатации.

Закон № 261-ФЗ также устанавливает правила энергетического обследования зданий и сооружений и разработку на его основе энергетического паспорта объекта с целью определения класса энергетической эффективности зданий и разработки мероприятий по его повышению.

Таким образом, федеральный закон № 261-ФЗ устанавливает концептуальные положения организации энергосбережения и конкретные меры его стимулирования, в том числе в отрасли строительства на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий.

В декабре 2009 г. был принят Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ, в котором также указывается, что здания должны отвечать требованиям энергетической эффективности на стадиях проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса), таким образом, процесс обеспечения энергетической эффективности зданий и сооружений должен носить непрерывный характер. Во исполнение технического регламента утверждён «Перечень нормативных документов», выполнение которых на обязательной основе обеспечит выполнение требований закона № 384-ФЗ. Согласно этому регламенту правительство должно утвердить перечень национальных стандартов и сводов правил (или – частей этих документов), применение которых будет обеспечивать соблюдение регламента, и которые будут носить обязательный характер. В качестве обязательных сводов правил будут приняты ранее утвержденные строительные нормы и правила или их части. До середины 2012 года эти документы должны быть актуализированы уполномоченным на это федеральным органом исполнительной власти (Минрегионом России).

Требования по энергосбережению регламентом отнесены к обязательным.

2.3. Принципиальная схема энергоэффективного здания

При проектировании архитектор решает задачу – наилучшим образом использовать положительное и максимально нейтрализовать отрицательное воздействие наружного климата на тепловой баланс здания. Задача инженера – организация такой системы климатизации здания, которая с наименьшими затратами энергии обеспечит требуемые параметры микроклимата в помещениях.

Возникает естественный вопрос: насколько удачно архитектору и инженеру удалось решить свои задачи по проектированию энергоэффективного здания? Качественная оценка результата вряд ли удовлетворит строгого заказчика: он пожелает иметь объективную количественную. Ему может быть предложена, например, удельная тепловая характеристика здания, отнесенная к одному из расчетных климатических периодов. Этот показатель позволяет сравнить достигнутый уровень с уже существующим, но не дает ответа на вопрос - ее ли возможное сделано. Очевидно, что лучшим результатом работы архитектора и инженера является оптимальное энергоэффективное здание, обеспечивающее минимум расхода энергии в системах его климатизации. Современные методы математического системного анализа позволяют на-

ходить такие оптимальные архитектурные и инженерные решения.

Архитектурные решения:

1. Выбор местоположения здания с учетом климатических особенностей, рельефа местности и существующей застройки в районе предполагаемого строительства.

2. Общая архитектурно-планировочная концепция здания.

2. Определение формы и ориентации здания.

4. Выбор остекления здания (площади и расположения светопроемов) и солнцезащиты.

4. Выбор конструкции и материалов наружной облицовки.

6. Выбор объемно-планировочных решений здания (внутренней планировки).

7. Выбор схемы организации освещения

Инженерные решения:

1. Выбор источников теплоснабжения, в том числе возможность использования нетрадиционных источников энергии - солнечных, геотермальных, ветровых и т.д.

2. Выбор системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха здания.

3. Выбор конструкции и материалов наружных ограждений.

4. Выбор системы автоматического (автоматизированного) управления инженерным оборудованием здания.

Современные энергоэффективные здания имеют сбалансированные и примерно равноценные по значимости архитектур-

ные, конструктивные, конструктивно-технологические и инженерные решения. Причем делать их такими следует в первую очередь за счет архитектурных приемов, во вторую – за счет конструктивных решений и в третью – за счет верно подобранного инженерного оборудования. С точки зрения энергетической эффективности, направленной на минимизацию энергетических затрат и экономию ресурсов целесообразно разделить способы энергосбережения в здании на активные и пассивные. Активные способы – это способы, обеспечивающее энергосбережение при необходимости постоянных и переменных затрат. Пассивные способы – это способы, обеспечивающее энергосбережение без переменных затрат (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Группировка способов энергосбережения

Активные	Пассивные
Солнечный коллектор	Ориентация дома на юг
Солнечная батарея на основе фотоэлементов	Общая архитектурно-планировочная концепция
Тепловой насос	Светлая кровля
Рекуператор	Площадь остекления

Окончание табл. 2.1

Теплообменник	Вентилируемые окна
Теплый пол	Рециркуляционный воздухо-вод в плитах перекрытий
Энергосберегающее освещение	Отражённое освещение
Фотоэлементы устройств освещения	Теплоёмкие ограждающие конструкции
Автоматизированная система управления инженерным	Узел учёта энергоресурсов

Энергоэффективность здания обеспечивает следующее оборудование:

1. радиатор – устройство, в котором осуществляется передача теплоты от горячего теплоносителя к холодному (нагреваемому).

2. рекуператор – теплообменник поверхностного типа для использования теплоты отходящих газов, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделяющую их стенку. Этот процесс называется утилизацией тепла или рекуперацией.

3. тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой.

4. солнечный коллектор – устройство для сбора энергии Солнца, переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. Используется для подогрева входящей воды и грунта (при наличии теплового насоса).

5. инвертор – это полупроводниковый преобразователь электроэнергии, предназначенный для преобразования постоянного тока в переменный, это обязательный компонент систем альтернативной энергетики, таких как ветрогенераторы и солнечные энергосистемы.

6. узел учёта энергоресурсов – это счётчики электрической и тепловой энергии, а также расхода воды;

7. энергосберегающие лампы - это электрические лампы, обладающие существенно большей светоотдачей (соотношением между световым потоком и потребляемой мощностью), например в сравнении с наиболее распространёнными в обиходе лампами накаливания. Благодаря этому применение энергосберегающих ламп способствует экономии электроэнергии.

8. фотоэлементы устройств освещения – это фотодиоды, фоторезисторы, фототранзисторы и другие светочувствительные приборы, используемые в электронной автоматике в качестве датчиков устройств, реагирующих на изменение интенсивности освещения.

Исследование различных архитектурных и инженерных решений, обеспечивающих энергосбережение в зданиях, выявило необходимость интегрировать их в принципиальной схеме энергоэффективного здания, разработанной автором в качестве наглядного примера системного подхода к энергосбережению в зданиях. Схема представлена на рис. 2.2. На схеме пассивные способы энергосбережения обозначены синими штриховыми линиями. Потоки воздуха обозначены пунктирными линиями. Тёплые потоки обозначены красным цветом, холодные – синим. Схема содержит синтез архитектурных, конструктивных и инженерных решений, направленных на энергосбережение в зданиях.

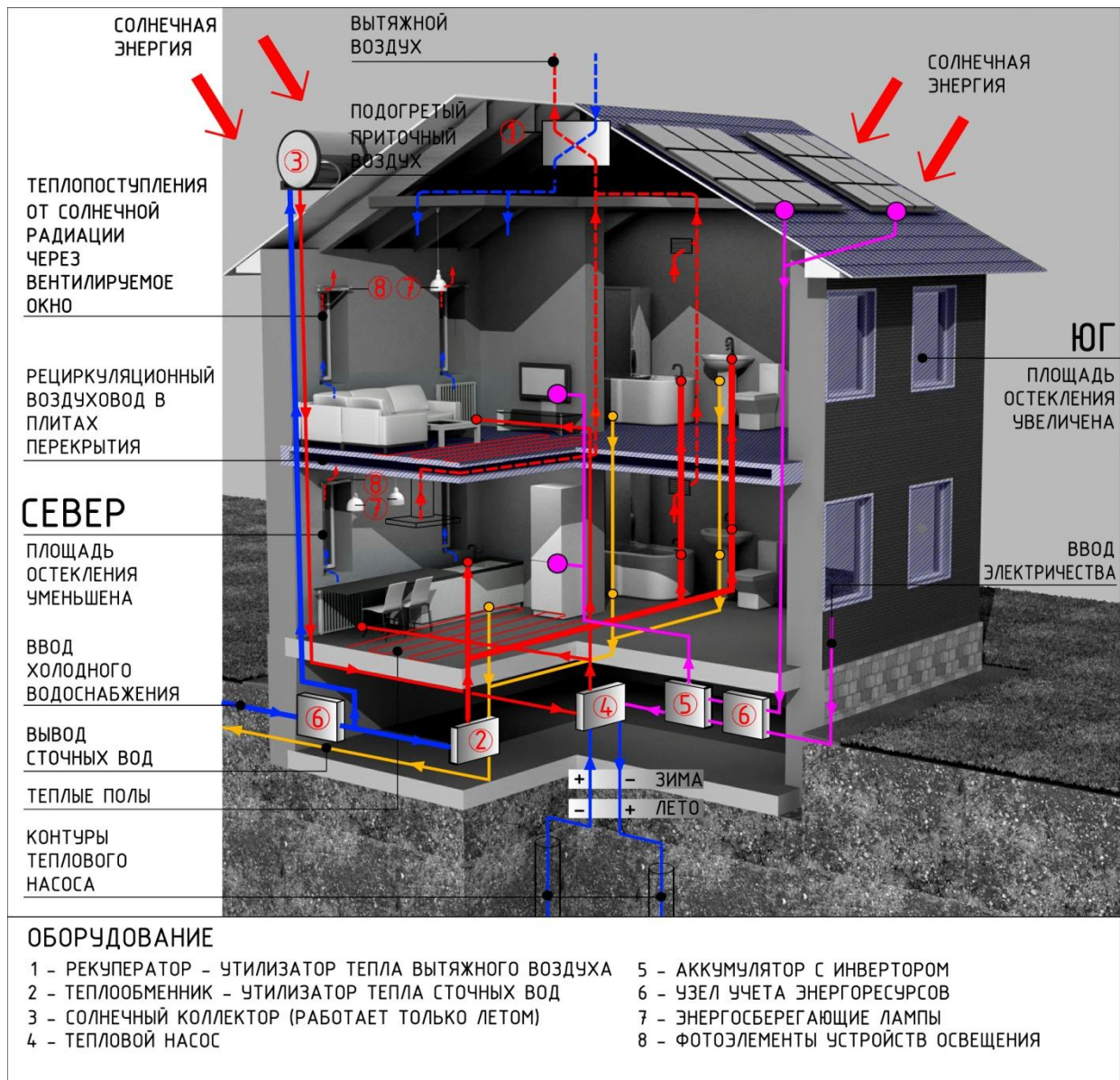


Рис. 2.2. Принципиальная схема энергоэффективного здания

Таким образом, энергоэффективное здание представляет собой синтез архитектурных, инженерных и конструктивных решений, совокупность которых направлена на минимизацию потребления энергетических ресурсов с одновременной экономией затрат на его эксплуатацию [14].

2.4. Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий

Энергоэффективные здания являются реальностью нашего времени, одним из неотъемлемых факторов устойчивого развития среды обитания человека. С конца 70-х годов прошлого века из единичных пилотных проектов они превратились в реальные объекты: энергоактивные, энергопассивные, нулевые, энергоэффективные здания, представляющие собой синтез архитектурно-планировочных, конструкторских, инженерных решений, направленных на снижение потребляемых зданиями энергоресурсов без потери их надёжности и комфортности.

Несмотря на активную политику, направленную на энергосбережение и повышение энергетической эффективности, в том числе в строительной отрасли, в настоящее время нерешёнными остаются многие проблемы:

1. Принятая в России практика проектирования нового здания с определённым классом энергоэффективности либо реконструкции существующего здания с целью повышения этого класса не учитывает динамики жизненного цикла: заказчик и проектировщик не заинтересованы ни в энергосбережении, ни в повышении энергоэффективности своего здания, мотивирующие механизмы для этого отсутствуют.

2. Организация строительного производства в нашей стране не направлена на энергосбережение: в настоящее время процесс организации строительного производства регламентируется СП

48.13330.2011 (актуализированном СНИП 12-01-2004 «Организация строительства»), не содержащий разделов по энергосбережению и энергетической эффективности.

3. Строительство новых зданий осуществляется без учёта принципов устойчивого развития среды жизнедеятельности, согласно которым основой гармоничного развития является разумный выбор между реконструкцией существующего здания или сносом, со строительством нового.

4. Существующая нормативно-техническая база энергоэффективного строительства регламентирует осуществление отдельных процессов, например, ужесточению теплотехнических требований к ограждающим конструкциям, повышению уровня тепловой защиты зданий в целом, в то время как повышение требований к теплозащите зданий приводит не только к повышению стоимости строительства, но и отрицательно влияет на долговечность ограждающих конструкций. Таким образом, отсутствуют требования к системного подхода к управлению процессами.

5. На государственном уровне практически не уделяется внимания к завершающей стадии жизненного цикла зданий: вывода из эксплуатации, демонтажа и утилизации и рециклингу строительных материалов после демонтажа, в то время как в России строительная индустрия потребляет до 50% общего объема добываемых природных ресурсов.

По мнению автора, одной из основных причин появления данных проблем является отсутствие системного подхода к орга-

низации жизненного цикла зданий. Ключевым моментом здесь является взгляд на здание не только как на статический объект, но рассмотрение его в аспекте жизненного цикла, во взаимосвязи и динамике всех процессов: проектирования, строительства, эксплуатации и выводе из эксплуатации. Жизненный цикл здания можно определить как совокупность связанных причинно-следственными отношениями этапов, стадий, процессов, образующих законченный виток развития от возникновения проектного замысла до ликвидации.

Организация и управление жизненным циклом зданий как энергетических систем с учётом энергосбережения и энергоэффективности является предметом изучения зарубежных учёных, изучающих эту проблему более 50 лет и достигнувших значительных результатов, в частности, известны примеры проектирования и строительства зданий с нулевым потреблением невозобновляемых энергоресурсов. Обобщённый обзор зданий с нулевым энергопотреблением и методик их расчёта, проведённый зарубежными учёными на основе результатов 51 научного исследования, представленный в [16], позволил его авторам сделать важный вывод, что несмотря на различные определения и методы расчёта «нулевых» зданий, в целом методологической основой их проектирования является системный подход, а также учёт динамики жизненного цикла зданий как системы. Таким образом, повышение уровня энергетической эффективности зданий, снижение их энергоёмкости невозможно без принятия того, что здание

как единая энергетическая система представляет собой не простое суммирование этих элементов, а особое их соединение, придающее всей системе в целом новые качества, отсутствующие у каждого из элементов. Современные российские научные исследования в строительстве и архитектуре посвящены вопросам разработки и внедрения всеохватывающего принципа «целенаправленной системной работы архитекторов и инженеров по созданию жилых многоэтажных зданий с ресурсо- и энергосберегающей структурой». Системный подход – это методология исследования объектов как систем. Неотъемлемой частью системного подхода является процессный подход, так как центральным понятием системного анализа является понятие процесса. Анализируя здание как энергетическую систему, необходимо учесть, что здание как система проходит все стадии своего жизненного цикла, являющиеся процессами. Управление данными процессами должно основываться на выделении центра ответственности за соблюдением уровня энергетической эффективности зданий. Главная задача системного подхода сводится к установлению заданного состояния функционирования системы, предусмотренного планированием как упреждающим управлением. Следовательно, главная задача системного подхода в организации жизненного цикла энергоэффективных зданий сводится к такому функционированию здания, при котором достигался бы высокий уровень энергоэффективности на всех стадиях. Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий отвеча-

ет также принципам устойчивого развития среды жизнедеятельности и системотехническими принципами энергоэффективности.

По мнению автора, в настоящее время организация жизненного цикла зданий не отвечает основным принципам системного подхода, а именно:

1. Целеполагание – основной целью строительства, эксплуатации или реконструкции здания не всегда ставится высокий уровень энергоэффективности, отсутствует методика комплексной оценки энергопотребления зданием, учитывающая потребление энергоресурсов на всех стадиях жизненного цикла. Инвесторы, проектировщики, строители и эксплуатирующие организации имеют разные цели и стремятся достигнуть их на разных этапах жизненного цикла здания.

2. Внешняя среда системы – наружный климат, земная поверхность как источник энергии и энергетический обмен между зданием и внешней средой учитывается на стадии проектирования. На стадиях строительства и эксплуатации взаимодействие здания и внешней среды учитывается только со стороны внешней среды (при принятии решения об утеплении наружных ограждающих конструкций), и не учитывается влияние здания на среду (инфраструктура здания, энерго-ресурсообмен, утилизация строительных материалов после ремонтных работ, реконструкции и демонтажа здания).

3. Внутренние компоненты здания как системы – учёт взаимосвязи архитектурно-планировочных, конструктивных, инженерных, энергетических подсистем зданий, направленных на их высокую энергоэффективность, осуществляется не в массовой застройке и реконструкции, а лишь в отдельных пилотных проектах зданий, сертифицированных по «зелёным» стандартам энергоэффективности.

4. Функционирование системы – отсутствует единый центр ответственности за организацию взаимодействия энергетических ресурсов и подсистем здания по достижению высокого уровня энергоэффективности, его учёта и контроля, мотивации и регулированию.

С точки зрения системного подхода энергоэффективность здания – это не статическая характеристика, а динамическая, изменяющаяся на протяжении всего жизненного цикла: от инвестиционного замысла до вывода из эксплуатации. Необходимо подчеркнуть, что при выборе проектных решений нужно учитывать то, что суммарные удельные энергозатраты на строительство здания (в том числе на добычу и переработку сырья, производство строительных материалов и изделий-полуфабрикатов, строительно-монтажные работы, транспорт, оборудование здания и пр.) могут существенно превышать удельные эксплуатационные энергозатраты на отопление здания за весь расчетный срок службы дома и затраты на дальнейшую утилизацию здания, сводя на нет понятие энергоэффективности.

Организация жизненного цикла здания как жизненного цикла сложной системы представляет собой целенаправленное упорядоченное взаимодействие взаимосвязанных элементов (подсистем здания) и внешней среды для достижения цели – высокой энергетической эффективности. Данная цель является основополагающей по мнению многих современных учёных, в частности, в [16] доказано, что «энергосбережение нужно рассматривать как системообразующий фактор, определяющий вектор развития ЖЦ зданий и сооружений». Изображение жизненного цикла здания как системы позволит концептуально сегментировать его по стадиям, описать контрольные точки продвижения системы по жизненному циклу и, таким образом, принимать решения по определённым критериям (например, высокая энергоэффективность) до продвижения системы на следующую стадию. Стадии жизненного цикла образуют структуру работ для детализированного моделирования жизненных циклов системы при использовании процессов жизненного цикла системы.

С целью обобщения вышеизложенного автором разработана схема жизненного цикла здания как системы (рис. 2.3).

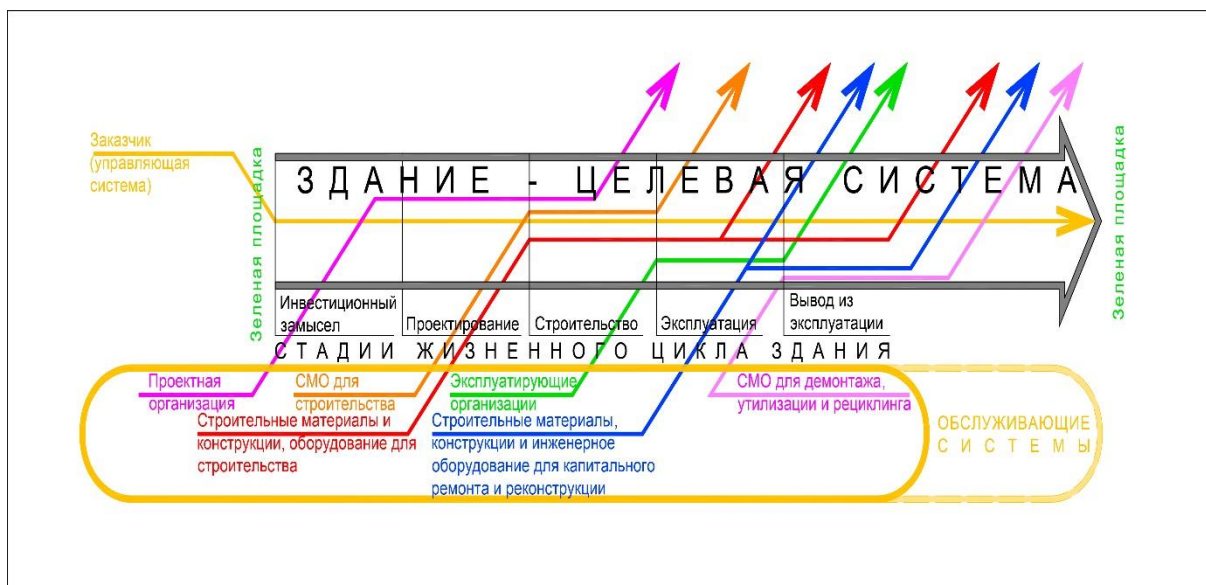


Рис. 2.3. Схема жизненного цикла здания как системы

На рисунке жизненный цикл здания представлен с позиции классического изображения жизненного цикла систем, принятом в системной инженерии [ISO/IEC 15288:2008]. Видно, что здание как система существует на всех стадиях жизненного цикла, и на всех стадиях происходит взаимодействие с внешней средой. Целевая функция системы обеспечивает его основные характеристики, если целевой функцией задать энергоэффективность, то здание на протяжении всего жизненного цикла будет являться энергоэффективным, причём понятие «энергетическая эффективность» применительно к зданиям, объединяет в себе такие важные характеристики как энергосбережение, ресурсосбережение без потери надёжности, комфортабельности и способствующее устойчивому развитию среды жизнедеятельности человека. Жизненный цикл здания как системы является, таким образом, сложной системой процессов, обычно обладающих параллель-

ными, итеративными, рекурсивными и зависящими от времени характеристиками: в течение жизненного цикла здания как системы взаимодействуют с внешней средой, через них проходят материальные, людские, финансовые, информационные и другие потоки, являющиеся подсистемами. На разных стадиях жизненного цикла зданий эти потоки определённым образом видоизменяются и покидают систему, выполнив свои функции по отношению к ней. По мнению автора, предлагаемая схема может служить структурной основой процессов и действий, относящихся к жизненному циклу любого здания как системы.

Таким образом, применение принципов системного подхода является важным направлением развития архитектурно-строительной науки. Важна не только организация проектирования и эксплуатации, но и организация строительного производства, производства строительных материалов, ремонтных работ, реконструкции, демонтажа здания и утилизации строительных материалов, т.е. организация всего жизненного цикла здания как системы. В этом случае будет выполняться системный подход, закон целеполагания, согласно которому цели системы должны совпадать с целью системы более высокого порядка. Действительно, если основной целью в настоящее время является снижение потребления энергоресурсов зданиями, то все составляющие подсистемы объекты здания как сложной системы должны функционировать таким образом, чтобы потреблять как можно мень-

ше энергоресурсов. Организация жизненного цикла здания должна обеспечить выполнение данной цели [16].

3. Тепловой баланс здания и влияние на него отдельных компонентов

3.1. Расчёт теплового баланса здания

В течение отопительного периода вследствие разницы между температурой внутреннего воздуха здания и наружного воздуха происходят потери тепла:

- трансмиссионные – через наружные ограждающие конструкции;
- связанные с воздухообменом – за счет подогрева до температуры внутреннего воздуха поступающего через неплотности или открытые окна и двери холодного наружного воздуха.

Часть этих потерь восполняется за счет:

- тепlopоступления от внутренних источников (электрические, осветительные приборы, потребление горячей воды, люди и т.д.);
- воздействия солнечной радиации на здание, особенно через окна.

Остальные тепlopотери должна восполнить система отопления. Тепловой баланс здания можно записать в следующем виде:

$$Q_{om} = Q_t + Q_v - (Q_{быт} - Q_{сол}) \cdot n, \quad (3.1)$$

где Q_{om} – реальное использование тепловой энергии в здании;

Q_m – общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции;

Q_v – теплопотери, связанные с воздухообменом;

$Q_{\text{быт}}$ – теплопоступления от внутренних источников в здании;

$Q_{\text{сол}}$ – теплопоступления от солнечной радиации;

n – коэффициент, учитывающий способность ограждающих конструкций здания аккумулировать или отдавать тепло.

Величина теплопотерь через наружные ограждения (стены, покрытия, цокольные перекрытия, окна) определяется сопротивлением теплопередаче конструкции.

Наибольшими из составляющих теплового баланса гражданских зданий являются теплопотери, связанные с воздухообменом в помещениях. Количество поступающего в помещения наружного воздуха определяется санитарными нормами и воздухопроницаемостью ограждающих конструкций, прежде всего окон. В частности, для жилых зданий по санитарным нормам требуется поступление 3 м^3 свежего воздуха на 1 м^2 жилого помещения в час, а воздухопроницаемость окон не должна превышать 6 кг/м^2 в час.

До 1986 года воздухопроницаемость окон допускалась до 10 кг/м^2 в час. Фактическая воздухопроницаемость окон в существующих зданиях из-за отсутствия уплотнителей на притворах окон и плохого качества столярных изделий достигает $18-20 \text{ кг/м}^2$

в час. В таблице 3.1 приведен расход топлива на отопление односемейного дома в зависимости от его герметичности.

Таблица 3.1

Расход топлива на отопление односемейного дома

Степень герметичности здания	Кратность воздухообмена в час	Потребность топлива на отопление дома площадью 100 м ² , литров в год
Очень слабая	2	1500
Слабая	1	765
Нормальная	0,7	540
Полная	0,4	300

Все составляющие теплового баланса за отопительный сезон (234 суток) на примере жилого кирпичного трехэтажного 23–квартирного дома 1960 г. постройки с общей площадью 1740 м² выглядят следующим образом (табл. 3.2-3.3).

Таблица 3.2

Фактическая теплоизоляция ограждающих конструкций
(сопротивление теплопередаче, м² • °С/Вт)

Стены	Чердачное перекрытие	Цокольное перекрытие	Окна
R _{стен} = 0,95	R _{черд} = 1,0	R _{цок} = 0,7	R _{окно} = 0,35

Таблица 3.3

Теплопоступления и соответствующие им теплотери

Теплопоступления	Теплотери
Теплопоступления от солнечной радиации 3,3%	Теплотери через стены 26%
Теплопоступления от внутренних источников в здании 18%	Теплотери через окна 18%

Окончание табл. 3.3

Расход условного топлива на отопление: 71242 кг у.т./ год 41кг у.т. /м ² год 78,7%	Теплопотери через крышу 11%
Загрязнение окружающей среды в результате сжигания топлива СО ₂ 206760кг/год СО 129 кг/год SO ₂ 337 кг/год	Теплопотери через подвал 9%
Всего теплопоступлений 541445 Вт.ч/год 100%	Теплопотери на воздухообмен 36%
	Всего теплопотерь 541445 кВт.ч/год 100%

После реконструкции и утепления ограждающих конструкций рассматриваемого дома в соответствии с действующими в настоящее время нормами потери тепла сократятся на 40%, изменятся соотношения тепловых потерь в тепловом балансе и уменьшится количество вредных выбросов в атмосферу (табл.3.4-3.5).

Таблица 3.4

Теплоизоляция ограждающих конструкций

(сопротивление теплопередаче. м²•°С/Вт) после реконструкции

Стены	Чердачное перекрытие	Цокольное перекрытие	Окна
R _{стен} =3,75	R _{черд} = 5,0	R _{цок} =5,0	R _{окно} = 0,64

Для составления теплового баланса и оценки состояния системы отопления необходимо оценить значения тепловой мощности, потребляемой на отопление зданий различного назначения.

Таблица 3.5

Теплопоступления и соответствующие им теплотери
после реконструкции

Теплопоступления	Теплотери
Теплопоступления от солнечной радиации 6 %	Теплотери через стены 16 %
Теплопоступления от внутренних источников в здании 19 %	Теплотери через окна 24 %
Расход условного топлива на отопление: 42855 кг у.т./ год 24,6 кг у.т. /м ² год 75 %	Теплотери через крышу 3 %
Загрязнение окружающей среды в результате сжигания топлива CO ₂ 147667 кг/год CO 92 кг/год SO ₂ 240 кг/год	Теплотери через подвал 2 %
Всего теплопоступлений 325700 кВт.ч/год 100 %	Теплотери на воздухообмен 55 %
	Всего теплотерь 325700 кВт.ч/год 100%

Таким образом, сравнительный анализ позволяет определить наличие «перетопа» здания и необходимость настройки его системы на проектные показатели. Это особенно важно при настройке на номинальные показатели системы централизованного теплоснабжения. Превышение теплотерь в зданиях и элементах системы централизованного теплоснабжения больше проектных значений приводит к необходимости выявления причин и проведения работ по их устранению [].

3.2. Правила расчёта площадей здания

Согласно СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» отапливаемую площадь здания следует определять как площадь этажей (в том числе и мансардного, отапливаемого цокольного и подвального) здания, измеряемую в пределах внутренних поверхностей наружных стен, включая площадь, занимаемую перегородками и внутренними стенами. При этом площадь лестничных клеток и лифтовых шахт включается в площадь этажа.

В отапливаемую площадь здания не включаются площади теплых чердаков и подвалов, неотапливаемых технических этажей, подвала (подполья), холодных неотапливаемых веранд, неотапливаемых лестничных клеток, а также холодного чердака или его части, не занятой под мансарду. При определении площади мансардного этажа учитывается площадь с высотой до наклонного потолка 1,2 м при наклоне 30° к горизонту; 0,8 м – при $45^\circ - 60^\circ$; при 60° и более – площадь измеряется до плинтуса.

Площадь жилых помещений здания подсчитывается как сумма площадей всех общих комнат (гостиных) и спален. Отапливаемый объем здания определяется как произведение отапливаемой площади этажа на внутреннюю высоту, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа.

При сложных формах внутреннего объема здания отапливаемый объем определяется как объем пространства, ограниченного внутренними поверхностями наружных ограждений (стен, покрытия или чердачного перекрытия, цокольного перекрытия). Для определения объема воздуха, заполняющего здание, отапливаемый объем умножается на коэффициент 0,85.

Площадь наружных ограждающих конструкций определяется по внутренним размерам здания. Общая площадь наружных стен (с учетом оконных и дверных проемов) определяется как произведение периметра наружных стен по внутренней поверхности на внутреннюю высоту здания, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа с учетом площади оконных и дверных откосов глубиной от внутренней поверхности стены до внутренней поверхности оконного или дверного блока. Суммарная площадь окон определяется по размерам проемов в свету. Площадь наружных стен (непрозрачной части) определяется как разность общей площади наружных стен и площади окон и наружных дверей.

Площадь горизонтальных наружных ограждений (покрытия, чердачного и цокольного перекрытия) определяется как площадь этажа здания (в пределах внутренних поверхностей наружных стен). При наклонных поверхностях потолков последнего этажа площадь покрытия, чердачного перекрытия определяется как площадь внутренней поверхности потолка.

3.3. Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций. Класс энергоэффективности зданий

Через ограждающие конструкции зданий в атмосферу теряется большая часть тепловой энергии. На отопление и вентиляцию зданий различного назначения расходуется около 40% всех расходуемых топливных энергетических ресурсов (ТЭР). Потери тепла через наружные стены, в зависимости от высоты и конструкции строения, составляют в пределах 20 - 60% от общего расходуемого тепла. На долю световых проемов (окна, двери) зданий, отвечающих ранее действующим СНиП II-3-79, приходится около 80% всех теплопотерь здания.

Однослойные бетонные конструкции, которые изготавливались большинством предприятий стройиндустрии, не соответствуют современным энергетическим требованиям (требованиям энергосбережения).

Переход к применению трехслойных конструкций с эффективной теплоизоляцией позволит получить в расчете на 1 млн. м² вводимой в эксплуатацию общей площади годовую экономию в пределах 10 - 12 тыс. тонн условного топлива.

Потери тепла через оконные проемы в 4 - 6 раз выше, чем через стены. Применение двойного и тройного остекления позволит в 1,5 - 2,0 раза сократить указанные потери. Размещение между рамами окон дополнительного слоя пленки с покрытием, отражающим инфракрасное излучение из помещения и увеличи-

вающей термическое сопротивление пространства между стеклами, почти в четыре раза снижает теплопотери через окна. Измерения тепловых потоков от ограждения здания с помощью инфракрасной аппаратуры показывают, что при этом практически исчезает разница между излучением от стен и окон.

Проблему снижения теплопотерь через оконные проемы необходимо решать комплексно с проблемой вентиляции квартир.

Велика составляющая инфильтрационных потерь в общем тепловом балансе здания. Необходимо обеспечить хорошую герметичность стыков панелей, тамбуров подъездов, окон лестничных клеток.

Основные резервы энергосбережения лежат в сфере реконструкции. Ранее построенные здания потребляют 85 - 90% тепловой энергии жилого сектора и их реконструкция может позволить достичь большой экономии энергоресурсов.

Выбор материалов стен зданий основан на подборе многослойной конструкции, позволяющей достигать нормативного или менее значения удельной величины тепловой энергии на отопление здания (по СП 50.1333.2012). Для этого производится расчёт теплопроводности многослойной стенки, состоящей из нескольких разнородных слоев. На рис. 3.1. показана многослойная стенка с толщиной каждого слоя $\delta_1 \dots \delta_3$ и коэффициентом теплопроводности соответственно $\lambda_1 \dots \lambda_3$:

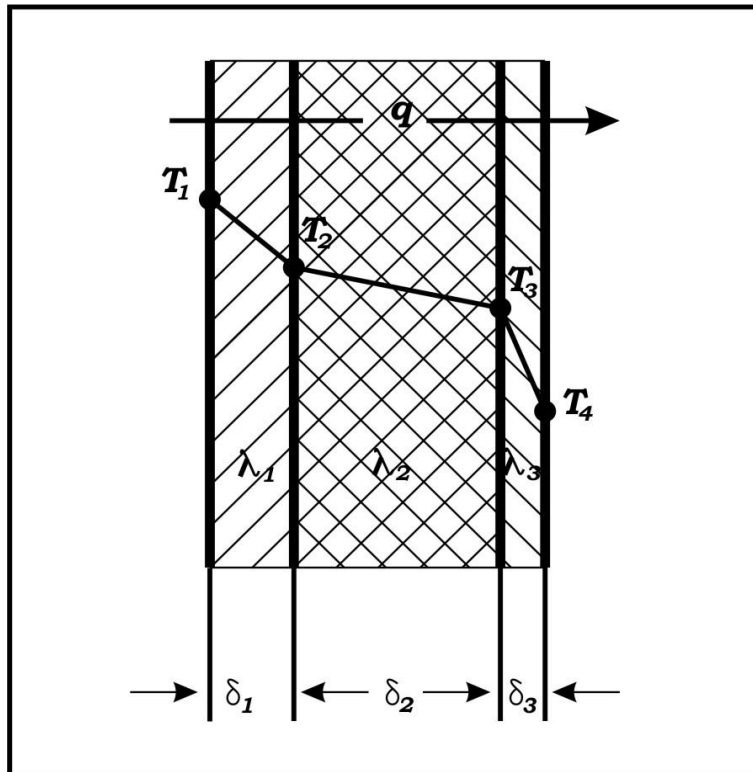


Рис. 3.1. Плоская многослойная стенка

При стационарном тепловом режиме удельный тепловой поток постоянен и для всех слоев одинаков, поэтому

$$— \quad (3.2)$$

$$— \quad (3.3)$$

$$— \quad (3.4)$$

Изменение температуры в каждом слое составляет:

$$— \quad (3.5)$$

Складывая левые и правые части полученных уравнений, получаем суммарный температурный напор:

$$\text{---} \text{---} \text{---} . \quad (3.6)$$

Удельный тепловой поток:

$$\text{---} \text{---} \text{---} . \quad (3.7)$$

Удельный тепловой поток для n-слойной плоской стенки:

$$\frac{\text{---}}{\text{---} \text{---} \text{---}} \quad (3.8)$$

Таким образом, общее термическое сопротивление многослойной плоской стенки равно сумме частных сопротивлений [26].

Основным техническим нормативным документом, регламентирующим требования к энергоэффективности жилых и общественных зданий, является СНиП 23-02-2003, актуализированный как СП 50.13330.2012. Данные нормативные документы являются модификацией СНиП СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» и содержат повышенные требования к теплозащите ограждающих конструкций и расходу энергетических ресурсов зданиями.

Сравнивая эти два документа, можно сделать вывод о том, что порядок проектирования уровня тепловой защиты зданий не изменился. Различия прослеживаются в требованиях к уровню энергоэффективности (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Сравнение требований к энергоэффективности зданий
в СНиП 23-02-2003 и СП 50.13330.2012

СНиП 23-02-2003	СП 50.13330.2012
Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций здания
Ограничение температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции, за исключением окон с вертикальным остеклением	Ограничение минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодные период года, за исключением светопрозрачных конструкций с вертикальным остеклением (с углом наклона заполнения к горизонту 45° и более)
Удельный показатель расхода тепловой энергии на отопление здания	Удельная теплозащитная характеристика здания
Теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года и помещений зданий в холодный период года	Теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года
Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и помещений зданий	Воздухопроницаемость ограждающих конструкций
Защита от переувлажнения ограждающих конструкций	Влажностное состояние ограждающих конструкций
Теплоусвоение поверхности полов	Теплоусвоение поверхности полов
Классификация, определение и повышение энергетической эффективности проектируемых и существующих зданий	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий
Контроль нормируемых показателей, включая энергетический паспорт здания	Контроль показателей отсутствует

Анализируя таблицу 3.6, можно сделать вывод о том, что СП 50.13330.2012 содержит требования к энергоэффективности зданий, аналогичные СНиП 23-02-2003, с некоторым уточнением

и учётом энергии на вентиляцию зданий. Следует подчеркнуть, что в актуализированном своде правил отсутствует показатель контроля нормируемых показателей, что противоречит закону № 261-ФЗ, в котором требования к энергоэффективности являются обязательными.

В таблице 3.7 представлена сравнительная характеристика показателей энергоэффективности по СНиП 23-02-2003 и СП 50.13330.2012.

Таблица 3.7

Сравнительная характеристика требований и показателей энергоэффективности по СНиП 23-02-2003 и СП 50.13330.2012

СНиП 23-02-2003	СП 50.13330.2012
а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ Определяются в зависимости от ГСОП района строительства	а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ Определяются в зависимости от ГСОП и особенностей района строительства
б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы	б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование) , $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ Определяется в зависимости от отапливаемого объема здания и ГСОП, $0,084 < \quad < 1,206$
в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, , $\text{кДж} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$ или $\text{кДж} / (\text{м}^3 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$, $80 < \quad < 140$	в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений

Требования СНиП 23-02-2003 выполняются, если при проектировании жилых и общественных зданий соблюдаются требования показателей групп «а» и «б» либо «б» и «в», и для зданий производственного назначения - показателей групп «а» и «б». Выбор показателей, по которым будет вестись проектирование, относится к компетенции проектной организации или заказчика. Методы и пути достижения этих нормируемых показателей выбираются при проектировании. Требованиям показателей «б» должны отвечать все виды ограждающих конструкций: обеспечивать комфортные условия пребывания человека и предотвращать поверхности внутри помещения от увлажнения, намокания и появления плесени. По показателям «в» проектирование зданий осуществляется путем определения комплексной величины энергосбережения от использования архитектурных, строительных, теплотехнических и инженерных решений, направленных на экономию энергетических ресурсов, и поэтому возможно при необходимости в каждом конкретном случае установить меньшие, чем по показателям «а», нормируемые сопротивления теплопередаче для отдельных видов ограждающих конструкций, например, для стен. Проектирование по показателям «в» дает следующие преимущества: отпадает необходимость для отдельных элементов ограждающих конструкций достижения заданных нормируемых значений сопротивления теплопередаче; обеспечивается энергосберегающий эффект за счет комплексного проектирования теплозащиты здания и учета эффективности систем тепло-

снабжения; обеспечивается большая свобода выбора проектных решений при проектировании.

Требования СП 50.13330.2012 выполняются при одновременном выполнении требований «а», «б» и «в». Таким образом, требования к тепловой защите здания ужесточаются. В процессе проектирования здания по СНиП 23-02-2003 определяется расчетный показатель удельного расхода тепловой энергии (), который зависит от теплозащитных свойств ограждающих конструкций, объемно-планировочных решений здания, тепловыделений и количества солнечной энергии, поступающих в помещения здания, эффективности инженерных систем поддержания требуемого микроклимата помещений и систем теплоснабжения. Этот расчетный показатель не должен превышать нормируемый показатель. Схема проектирования тепловой защиты зданий согласно СНиП 23-02-2003 представлена на рис. 3.2.

Выбор теплозащитных свойств ограждающих конструкций следует выполнять в последовательности:

- выбирают наружные климатические параметры и рассчитывают градусо-сутки отопительного периода;
- выбирают минимальные значения оптимальных параметров микроклимата здания, устанавливают условия эксплуатации ограждающих конструкций;
- разрабатывают объемно-планировочное решение здания, рассчитывают показатель компактности зданий

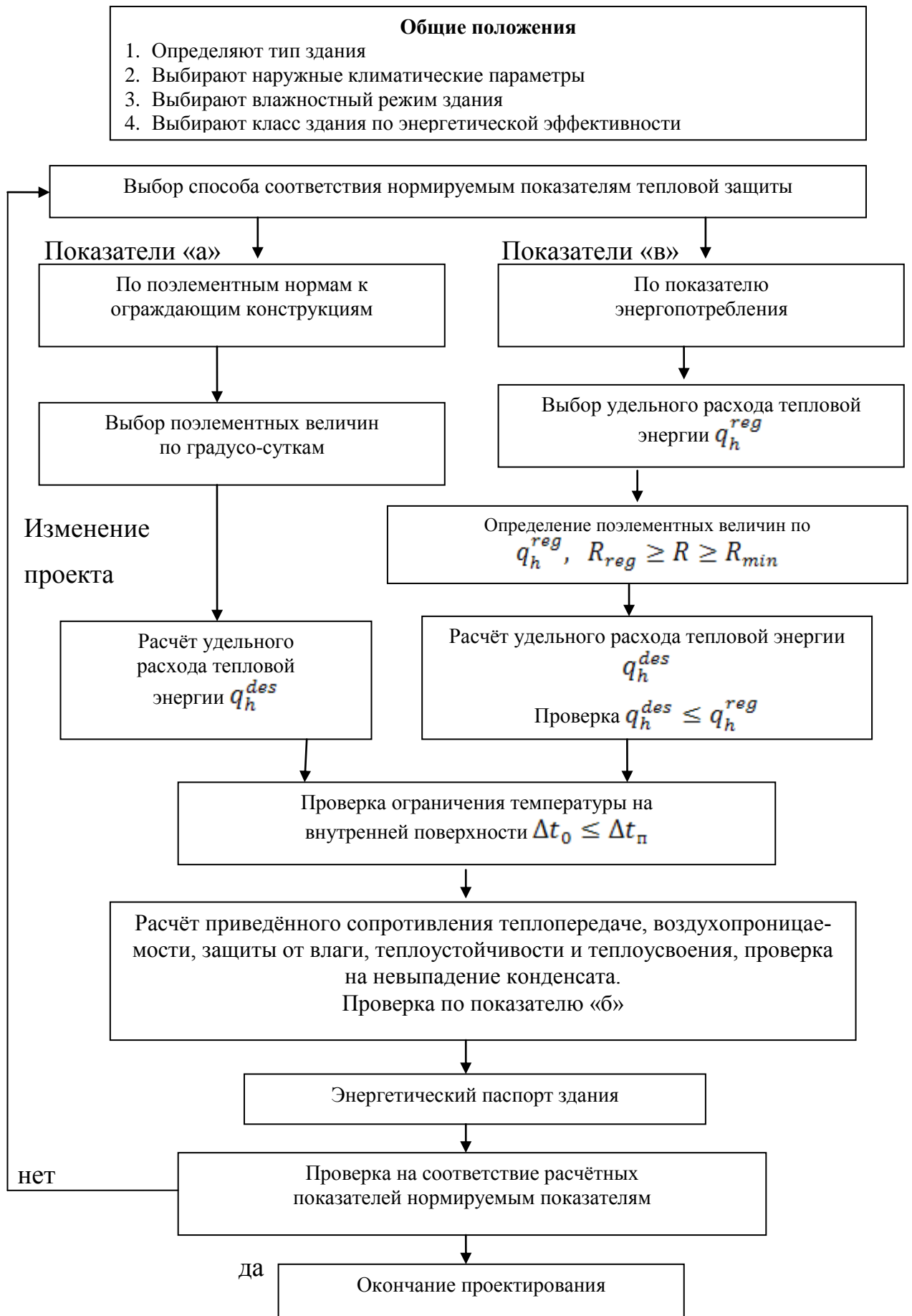


Рис. 3.2. Схема проектирования тепловой защиты зданий

и сравнивают его с нормируемым значением, если расчетное значение больше нормируемого, то рекомендуется изменить объемно-планировочное решение с целью достижения нормируемого значения;

- выбирают требования показателей «а» или «б».

По показателям «а» выбор теплозащитных свойств ограждающих конструкций согласно нормируемым значениям ее элементов выполняют в последовательности:

- определяют нормируемые значения сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон и фонарей, наружных дверей и ворот) по градусо-суткам отопительного периода; проверяют на допустимую величину расчетного температурного перепада ;
- рассчитывают энергетические параметры для энергетического паспорта, однако величину удельного расхода тепловой энергии не контролируют.

По показателям «в» выбор теплозащитных свойств ограждающих конструкций на основе нормируемого удельного расхода тепловой энергии на отопление здания выполняют в следующей последовательности:

- определяют в качестве первого приближения поэлементные нормы по сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон и фонарей, на-

- ружных дверей и ворот) в зависимости от градусо-суток отопительного периода;
- назначают требуемый воздухообмен и определяют бытовые тепловыделения;
 - назначают класс здания (А, В или С) по энергетической эффективности и в случае выбора класса А или В устанавливают процент снижения нормируемых удельных расходов в пределах нормируемых величин отклонений;
 - определяют нормируемое значение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания в зависимости от класса здания, его типа и этажности и корректируют это значение в случае назначения класса А или В и подключения здания к децентрализованной системе теплоснабжения или стационарному электроотоплению;
 - рассчитывают удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период , заполняют энергетический паспорт и сравнивают его с нормируемым значением . Расчет заканчивают в случае, если расчетное значение не превышает нормируемое. Если расчетное значение меньше нормируемого значения , то осуществляют перебор следующих вариантов с тем, чтобы расчетное значение не превышало нормируемое:
 - понижением по сравнению с нормируемыми значениями уровня теплозащиты для отдельных ограждений

здания, в первую очередь для стен;

- изменением объемно-планировочного решения здания (размеров, формы и компоновки из секций);
- выбором более эффективных систем теплоснабжения, отопления и вентиляции и способов их регулирования.

В результате перебора вариантов определяют новые значения нормируемых сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон, витражей и фонарей, наружных дверей и ворот), которые могут отличаться от выбранных в качестве первого приближения как в меньшую, так и в большую сторону. Это значение не должно быть ниже минимальных величин, указанных в СНиП 23-02-2003 [116].

Проверяют на допустимую величину расчетного температурного перепада . Рассчитывают теплоэнергетические параметры и заполняют энергетический паспорт. Перед заполнением формы энергетического паспорта следует привести краткое описание проекта здания. При этом указываются этажность здания, количество и типы секций, количество квартир и место строительства. Приводится характеристика наружных ограждающих конструкций: стен, окон, покрытия или чердака, подвала, подполья, а при отсутствии пространства под первым этажом – полов по грунту. Указывается источник теплоснабжения здания и характер разводки трубопроводов отопления и горячего водоснаб-

жения. Данные, включенные в энергетический паспорт здания в нижеприведенной последовательности:

- сведения о типе и функциональном назначении здания, его этажности и объеме;
- данные об объемно-планировочном решении с указанием данных о геометрических характеристиках и ориентации здания, площади его ограждающих конструкций и пола отапливаемых помещений;
- климатические характеристики района строительства, включая данные об отопительном периоде;
- проектные данные по теплозащите здания, включающие приведенные сопротивления теплопередаче, как отдельных компонентов ограждающих конструкций, так и здания в целом;
- проектные данные по системам поддержания микроклимата и способам их регулирования в зависимости от изменения климатических воздействий, по системам теплоснабжения здания;
- проектные теплоэнергетические характеристики здания, включающие удельные расходы тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода по отношению к 1 м^2 отапливаемой площади (или 1 м^3 отапливаемого объема) и градусо-суткам отопительного периода;
- изменения в построенном здании (объемно-

планировочные, конструктивные, систем поддержания микроклимата) по сравнению с проектом;

- результаты испытания энергопотребления и тепловой защиты здания после годичного периода его эксплуатации;
- класс энергетической эффективности здания;
- рекомендации по повышению энергетической эффективности здания.

Энергетическая эффективность здания по СНиП 23-02-2003 определяется по следующим критериям:

- удельный расход тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода $q_{уд}$, кДж/(м²•°С•сут) или кДж/(м³•°С•сут);
- показатель компактности здания k_g^{des} , 1/м;
- общий коэффициент теплопередачи здания K_m , Вт/(м²•°С);
- приведенный коэффициент теплопередачи здания через наружные ограждающие конструкции K_m^{tr} , Вт/(м²•°С);
- условный коэффициент теплопередачи здания K_m^{inf} , учитывающий теплотери за счет инфильтрации и вентиляции, Вт/(м²•°С);
- кратность воздухообмена здания за отопительный период n_a , ч⁻¹;
- коэффициент остекленности фасада здания f .

Заканчивают проектирование тепловой защиты зданий составлением раздела проекта «Энергоэффективность». В этом разделе должны быть представлены сводные показатели энергоэффективности проектных решений. Сводные показатели энергоэффективности должны быть сопоставлены с нормативными показателями строительных норм. Указанный раздел выполняется на стадиях предпроектной и проектной документации. При необходимости к разработке раздела «Энергоэффективность» заказчиком и проектировщиком привлекаются соответствующие специалисты и эксперты из других организаций. Органы экспертизы должны осуществлять проверку соответствия данным нормам предпроектной и проектной документации. Раздел «Энергоэффективность» должен содержать энергетический паспорт здания с пояснительной запиской и соответствующими расчетами, классы энергетической эффективности здания, заключение о соответствии проекта здания требованиям настоящих норм и рекомендации по повышению энергетической эффективности в случае необходимости доработки проекта. Пояснительная записка раздела должна содержать:

- а) общую характеристику запроектированного здания;
- б) сведения о проектных решениях, направленных на повышение эффективности использования энергии:
 - расчетные показатели и характеристики здания;
 - описание технических решений ограждающих конструкций с расчетом приведенного сопротивления теплопере-

- даче с протоколами теплотехнических испытаний, подтверждающими принятые расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций и сертификаты соответствия для светопрозрачных конструкций;
- принятые виды пространства под нижним и над верхним этажами с указанием температур внутреннего воздуха, принятых в расчет, наличие мансардных этажей, используемых для жилья, тамбуров входных дверей вестибюлей, остекления лоджий;
 - теплотехнические расчеты ограждающих конструкций;
 - теплотехнические расчеты теплого чердака и техподполья;
 - принятые системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, сведения о наличии приборов учета и регулирования, обеспечивающих эффективное использование энергии;
 - специальные приемы повышения энергоэффективности здания, в том числе устройства по пассивному использованию солнечной энергии, системы утилизации теплоты вытяжного воздуха, теплоизоляция трубопроводов отопления и горячего водоснабжения, применение тепловых насосов и прочее;
 - информацию о размещении источников теплоснабжения для объекта. В необходимых случаях приводится техни-

ко-экономическое обоснование энергоснабжения от автономных источников вместо централизованных;

в) расчеты теплоэнергетических показателей и сопоставление проектных решений в части энергопотребления с требованиями данных норм.

При проектировании здания допускается применять более высокие требования по теплозащите, устанавливаемые заказчиком, для достижения более экономичного использования энергетических ресурсов. За базовый уровень энергоэффективности принимается класс энергоэффективности С. Всего в данном СНиП указаны 5 классов энергетической эффективности зданий, устанавливаемых на стадии проектирования (табл. 3.9).

Таблица 3.9

Классы энергетической эффективности зданий (СНиП 23-02)

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} от нормативного, %	Рекомендуемые мероприятия органами администрации субъектов РФ
Для новых и реконструированных зданий			
А	Очень высокий	Менее минус 51	Экономическое стимулирование
В	Высокий	От минус 10 до минус 50	То же
С	Нормальный	От плюс 5 до минус 9	-
Для существующих зданий			
Д	Низкий	От плюс 6 до плюс 75	Желательна реконструкция здания
Е	Очень низкий	Более 76	Необходимо утепление здания в ближайшей перспективе

За базовый уровень принимается величина удельного расхода тепловой энергии на отопление здания кДж/(м²•°С•сут) или кДж/(м³•°С•сут).

В СП 50.13330.2012 установлены 10 классов энергосбережения для жилых и общественных зданий (таблица 3.10). За базовый уровень удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий (— .

Таблица 3.10

Классы энергосбережения жилых и общественных зданий
(СП 50.1330.2012)

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчётного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++	Очень высокий	Ниже -60	Экономическое стимулирование
A+		От -50 до -60 включительно	
A		От -40 до -50 включительно	
B+	Высокий	От -30 до -40 включительно	
B		От -15 до -30 включительно	
C	Нормальный	От -5 до -15 включительно	Мероприятия не разрабатываются
		От +5 до -5 включительно	
		От +15 до +5 включительно	
При эксплуатации существующих зданий			

Д	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании или снос
Е	Низкий	Более +50	

Таким образом, актуализация СНиП 23-02-2003 привела к разности в определении терминов «энергоэффективность» и «энергосбережение», отождествляя их, что является противоречием и приводит к неверному истолкованию нормативно-правовых документов, в том числе, основного закона об энергоэффективности № 261-ФЗ.

4. Нормативно-правовое обеспечение ресурсо- и энергосбережения в строительстве

4.1. Федеральные законы о ресурсо- и энергосбережении в строительстве

Первым шагом к реализации мер по повышению энергоэффективности в нашей стране стала «Энергетическая стратегия России до 2020 года», принятая в 1992 году. Согласно ей, приоритетными направлениями в области снижения энергоёмкости ВВП является привлечение интереса бизнеса к вопросам энергосбережения, а также создание условий для инвестирования в данную область. Помимо всего прочего стратегия предусматривает предоставление льготных условий для ведения бизнеса в сфере энергосбережения.

Основным законом в ресурсо- и энергосбережении в РФ является федеральный закон № 261-ФЗ, распространяющийся в том числе на строительную отрасль. В целом важные законы этого направления представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

**Федеральные законы о ресурсо- и энергосбережении
в строительстве**

Номер, год издания	Наименование	Краткая характеристика
№ 28-ФЗ от 04.1996	Об энергосбережении (утратил силу)	Регулирует отношения, возникающие в процессе деятельности в области энергосбережения, в целях создания экономических и организационных условий для эффективного использования энергетических ресурсов
№ 184-ФЗ от 27. 12.2002	О техническом регулировании	Регулирует отношения, возникающие при: разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к продукции или к связанным с ними процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации; (в ред. Федерального закона от 01.05.2007 № 65-ФЗ) разработке, принятии, применении и исполнении на добровольной основе требований к продукции, процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг

Продолжение табл. 4.1

<p>№ 261-ФЗ от 23.11.2009</p>	<p>Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ</p>	<p>Регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Целью Федерального закона является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.</p>
<p>№ 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г.</p>	<p>Технический регламент о безопасности зданий и сооружений</p>	<p>Объектом технического регулирования в настоящем Федеральном законе являются здания и сооружения любого назначения (в том числе входящие в их состав сети инженерно-технического обеспечения и системы инженерно-технического обеспечения), а также связанные со зданиями и с сооружениями процессы проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса).</p>
<p>ФЗ (проект)</p>	<p>О вторичных материальный ресурсах</p>	<p>Определяет правовые основы обращения со вторичными материальными ресурсами (ВМР) в целях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - снижения уровня загрязнения окружающей среды; - сырьевого обеспечения базовых отраслей промышленности, потребляющих вторичное сырье, а также обеспечения экспорта вторичного сырья; повышения эффективности использования материально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов в экономике России в условиях постоянного усложнения и удорожания добычи природного сырья, истощения разведанных запасов его невозобновляемых видов; - расширения сырьевой базы экономики, в том числе для замещения импортных поставок сырья, природные

		<p>ресурсы которых в России ограничены или отсутствуют, или размещены на значительном расстоянии от потребителя;</p> <p>обеспечения взаимодействия со странами ближнего и дальнего зарубежья в части организации сбора и переработки отходов как ВМР;</p> <p>- выполнения одного из необходимых условий перехода России на путь «устойчивого развития».</p>
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Таким образом, основная часть федеральных законов в области ресурсо- и энергосбережения направлена именно на энергосбережение, а ресурсосбережение в России находится в стадии становления, этому вопросу необходимо уделять пристальное внимание.

4.2. Нормативно-правовые акты, регламентирующие ресурсо- и энергосбережение в строительстве

В развитие Закона №261-ФЗ приняты различные нормативные документы, устанавливающие, в том числе требования к разделам проектной документации, отражающим показатели энергоэффективности объектов строительства (Постановление Правительства № 235 от 13 апреля 2010 г.), требования энергоэффективности товаров, используемых в строительных конструкциях зданий и сооружений при размещении государственного и муниципального заказа (приказ Минэкономразвития № 229 от 4 июня

2010 г.), а также требования энергетической эффективности для зданий и сооружений (приказ Минрегионразвития № 262 от 28 мая 2010 г.). Краткая характеристика основных подзаконных актов представлена в табл. 4.2.

Таблица 4.2

**Нормативно-правовые акты о ресурсо- и энергосбережении
в строительстве**

Номер, год издания	Наименование	Краткая характеристика
№ 1830-р от 1 декабря 2009 г.	Распоряжение Правительства РФ «План мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности»	План мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации, направленных на реализацию Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
№ 235 от 13 апреля 2010 г.	Постановление Правительства РФ «О внесении изменений в Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»	Раздел 101 «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов»
№ 262 от 28 мая 2010 г.	Приказ Минрегионразвития РФ «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений»	Требования являются минимально допустимыми и должны соблюдаться при проектировании, экспертизе, строительстве, приемке и эксплуатации новых, реконструируемых, капитально ремонтируемых и модернизируемых отапливаемых жилых зданий и зданий общественного назначения (дошкольных, общеобразовательных, учебных, зрелищных, лечебных учреждений и поликли-

		ник, объект-
--	--	--------------

Продолжение табл. 4.2

		<p>тов торговли, общественного питания и бытового обслуживания, административно-бытовых и спортивных сооружений), а также других зданий общественного назначения, складских зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха в них выше 12°C и технопарков полезной площадью более 50 кв.м независимо от высоты с нормируемой температурой и относительной влажностью внутреннего воздуха (далее - зданий или здания).</p> <p>Требования также относятся к малоэтажным домам не выше трех этажей: блокированной застройки, к многоквартирным домам и к домам промышленного изготовления.</p>
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

№ 229 от 4 июня 2010 г.	Приказ Минэкономразвития РФ «О требованиях энергетической эффективности товаров, используемых для создания элементов конструкций зданий, строений, сооружений, в том числе инженерных систем ресурсоснабжения, влияющих на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений»	Требования энергетической эффективности в отношении товаров, используемых для создания элементов конструкций зданий, строений, сооружений, в том числе инженерных систем ресурсоснабжения, влияющих на энергетическую эффективность зданий, строений, сооружений
№ 273 от 07 июня 2010 г.	Приказ Минрегионразвития РФ «Об утверждении Методики расчёта зна	Методика расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях (далее – Методика, целевые показатели) используется

Продолжение табл. 4.2

	чений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях»	для расчета целевых показателей региональных и муниципальных программ (далее - региональные и муниципальные программы) в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>№ 18 от 25 января 2011 г.</p>	<p>Постановление Правительства РФ «Об утвер- ждении правил установления требований энер- гетической эф- фективности для зданий, строений, соору- жений и требо- ваний к правилам определения класса энергетиче- ской эффек- тивности много- квартирных до- мов»</p>	<p>Определяют содержание, условия примене- ния и порядок установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений (требования энерге- тической эффективности).</p>
<p>№ 318 от 25 апреля 2011 г.</p>	<p>Постановление Правительства РФ «Об утвер- ждении правил осуществления государственно- го контроля за соблюдением требований зако- нодательства об энергосбереже- нии и о повыше- нии энергетиче- ской эффектив- ности»</p>	<p>Определяют порядок осуществления госу- дарственного контроля за соблюдением тре- бований законодательства об энергосбере- жении и о повышении энергетической эф- фективности (далее - государственный кон- троль) организациями независимо от их ор- ганизационно-правовых форм, их руководи- телями, должностными лицами и индивиду- альными предпринимателями</p>

Продолжение табл. 4.2

<p>№ 161 от 8 апреля 2011 г.</p>	<p>Приказ Минре- гиона РФ «Об утверждении правил опреде- ления классов энергетической эффективности многоквартир-</p>	<p>Таблица класса энергетической эффективности многоквартирных домов</p>
----------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

	ных домов и требований к указателю класса энергетической эффективности многоквартирного дома, размещаемого на фасаде многоквартирного дома»	Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	<•> Величина отклонения значения удельного расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение здания от нормируемого уровня, %
		Для новых и реконструируемых зданий		
		А	Наивысший	менее -45
		В++	Повышенные	от -36 до -45 включительно
		В+		от -26 до -35 включительно
		В	Высокий	от -11 до -25 включительно
		С	Нормальный	от +5 до -10 включительно
		Для существующих зданий		
		Д	Пониженный	от +6 до +50 включительно
		Е	Низший	более +51
№ 318 от 25 апреля 2011 г.	Постановление Правительства РФ «Об утверждении правил осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и	определяют порядок осуществления государственного контроля за соблюдением требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности (далее - государственный контроль) организациями независимо от их организационно-правовых форм, их руководителями, должностными лицами и индивидуальными предпринимателями		

	о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»	
--	---------------------------------------------------------------------------	--

Таким образом, Постановление Правительства № 235 и Приказ Минэкономразвития № 262 имеют общесистемный характер и, в основном, не устанавливают конкретных показателей энергоэффективности и данных по снижению энергопотребления. Приказ Минрегионразвития № 262 от 28 мая 2010 г. достаточно подробно описывает показатели энергоэффективности для зданий и сооружений различного исполнения и назначения с учетом региона их эксплуатации, однако эти показатели касаются только тепловой энергии, в то время как в законе № 261-ФЗ под энергетической эффективностью понимаются характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, то есть все виды энергетических ресурсов, а не только тепловой энергии. Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии на настоящий момент времени адекватной системы подзаконных актов к закону № 261-ФЗ.

4.3. Технические регламенты, регламентирующие ресурсо- и энергосбережение в строительстве

В перечень обязательных нормативных документов в строительстве включён СНиП 23-02-2003 (разделы 4 - 12; приложения В, Г, Д), в котором представлена оценка энергоэффективности зданий по величине удельного энергопотребления на отопление за отопительный период и соответствующий ему свод правил СП 23-101-2003 «Проектирование тепловой защиты зданий», СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные» (актуализирован как СП 54.13330.2011) и СНиП 31-02-2001 «Дома жилые одноквартирные» (актуализирован как СП 55.13330.2011). Основой этой системы является СНиП 23-02-2003, в котором приводятся способы проектирования энергоэффективных зданий и требования к уровню энергоэффективности. В 2012 году данный СНиП был актуализирован и приобрёл статус свода правил (СП 50.13330.2012).

В развитие и дополнение общефедеральных норм и правил в субъектах РФ приняты территориальные строительные нормы, которые установили обязательные для применения в пределах соответствующих территорий и рекомендуемые положения, учитывающие природно-климатические и социальные особенности, национальные традиции и экономические возможности республик, краев и областей России. Основой для ТСН по энергетической эффективности стали Московские городские строительные нормы «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоснабжению» (МГСН 2.01-99), однако по

существующему законодательству МГСН, как и другие территориальные строительные нормы, не имеют юридических оснований для своего существования. Территориальные строительные нормы, безусловно, относятся к сфере технического регулирования, но в законе от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» территориальный аспект вообще не отражен – территориальные строительные нормы не предусмотрены. В Градостроительном кодексе также четко прописано, что техническое регулирование в строительстве относится к полномочиям федеральных властей. Фактически закон «О техническом регулировании» и Градостроительный кодекс лишают территории права устанавливать технические нормы.

Обязательные и рекомендуемые положения, определяющие конкретные параметры и характеристики отдельных частей зданий и сооружений, строительных изделий и материалов и обеспечивающие техническое единство при разработке, производстве и эксплуатации этой продукции устанавливают государственные стандарты Российской Федерации в области строительства. Государственная стандартизация энергосбережения и энергоэффективности в строительстве проводится в соответствии с ГОСТ Р 1.2 и ГОСТ Р 1.5 на базе организаций Госстандарта России и Госстроя России. В настоящее время имеется несколько государственных стандартов, которые с полным основанием можно отнести к стандартам энергетической эффективности зданий, поскольку основное их назначение в регламентировании показате-

лей их энергоэффективности. Основные из них представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Основные технические регламенты, регулирующие
ресурсо- и энергосбережение в строительстве

Номер, год издания	Наименование	Краткая характеристика
МГСН 2.01-99	«Энергетическая эффективность в жилых и общественных зданиях»	Устанавливают обязательные минимальные требования по теплозащите зданий, исходя из требований по снижению их энергопотребления, санитарно-гигиенических требований и требуемых комфортных условий
СП 55.13330.2011 (СНиП 31-02-2001)	«Дома жилые многоквартирные»	Распространяется на вновь строящиеся и реконструируемые отдельно стоящие жилые дома (далее – дома) с количеством этажей не более чем три, предназначенные для проживания одной семьи (объекты индивидуального жилищного строительства)
СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2013	«Тепловая защита зданий»	Устанавливают требования к тепловой защите зданий в целях экономии энергии при обеспечении санитарно-гигиенических и оптимальных параметров микроклимата помещений и долговечности ограждающих конструкций зданий и сооружений
СП 54.13330.2011 (СНиП 31-01-2003) СП 31-107-2004	«Здания жилые многоквартирные» «Архитектурно-планировочные решения многоквартирных жилых зданий»	Свод правил распространяется на проектирование и строительство вновь строящихся и реконструируемых многоквартирных жилых зданий высотой 1 до 75 м (здесь и далее по тексту принятой в соот

Продолжение табл. 4.4

		ветствии с СП 2.13130), в том числе общежитий квартирного типа а
--	--	------------------------------------------------------------------

		также жилых помещений, входящих в состав помещений зданий другого функционального назначения.
СНиП 31-05-2003 СНиП 31-06-2009	«Общественные здания административного назначения» «Общественные здания и сооружения»	Распространяются на проектирование новых, реконструируемых и капитально ремонтируемых общественных зданий высотой до 55 м с подвальным этажом и многоуровневыми стоянками для автомобилей, проектируемыми по СНиП 21-02. Требования настоящих норм распространяются также на помещения общественного назначения, встроенные в жилые здания и другие объекты, соответствующие санитарно-эпидемиологическим требованиям к общественным зданиям, встраиваемым в эти объекты (далее - общественные здания)
СП 23-101-2004	«Проектирование тепловой защиты зданий»	Свод правил по проектированию тепловой защиты зданий содержит методы проектирования, расчета теплотехнических характеристик ограждающих конструкций, рекомендации и справочные материалы, позволяющие реализовывать требования СНиП 23-02-2003
ГОСТ Р 51541-99	«Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей»	Устанавливает основные виды показателей энергосбережения и энергетической эффективности, вносимых в нормативные (технические, методические) документы, техническую (проектную, конструкторскую, технологическую, эксплуатационную) документацию на энергопотребляющую продукцию, технологические процессы, работы и услуги.

Продолжение табл. 4.4

ГОСТ Р 51387-99	«Энергосбережение. Нормативно-	Устанавливает основные понятия, принципы, цели и субъекты дея-
-----------------	--------------------------------	----------------------------------------------------------------

	методическое обеспечение»	тельности в области нормативно-методического обеспечения энергосбережения, состав и назначение основополагающих нормативных, методических документов и распространяется на деятельность, связанную с эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов (далее - ТЭР), на энергопотребляющие объекты (установки, оборудование, продукцию производственно-технического и бытового назначения), технологические процессы, работы, услуги (далее - процессы)
ГОСТ Р 51388-99	«Энергосбережение. Информирование потребителей об энергоэффективности изделий бытового и коммунального назначения»	Устанавливает способы и формы информирования потребителей об энергоэффективности бытовых приборов, теплоизоляционных изделий и материалов, коммунального теплоэнергетического оборудования, индивидуального автотранспорта (далее — энергопотребляющие изделия), общие требования, правила и объем информации по энергоэффективности, которую необходимо доводить до сведения потребителей, классы энергетической эффективности, индексы эксплуатационной энергоэкономичности бытовых приборов и распространяется на энергопотребляющие изделия бытового и коммунального назначения, которые используются массово и/или потребляют значительное количество топливно-энергетических ресурсов
ГОСТ Р 51379-99	«Энергетический паспорт промышленного потребителя ТЭР»	Устанавливает основные требования к построению, изложению и
Продолжение табл. 4.4		
	ного потребителя ТЭР»	содержанию энергетического паспорта промышленного потребителя

		топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) с целью определения фактического баланса потребления ТЭР, оценки показателей энергетической эффективности и формирования мероприятий по энергосбережению
ГОСТ Р 52104-2003	«Ресурсосбережение. Термины и определения»	Устанавливает термины и определения основных понятий по организации, проведению и нормативно-техническому обеспечению работ в сфере ресурсосбережения при обращении с ресурсами биосферы и техносферы и распространяется на материальные и энергетические ресурсы, включая вторичные материальные ресурсы, используемые в народнохозяйственных целях
ГОСТ Р 52106-2003	«Ресурсосбережение. Общие положения»	Охватывает стандартизацию ресурсосбережения на стадиях жизненного цикла проектируемых изделий с учетом утилизации выпускаемой продукции, реализуемых товаров, в том числе бракованной продукции и с истекшими сроками годности, отходов производства и потребления на этапах технологического цикла, а также стандартизацию технологических процессов, работ и услуг любого рода организациями и предприятиями независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности
ГОСТ Р 52107-2003	«Ресурсосбережение. Классификация и определение показателей»	Устанавливает классификацию и рекомендации по определению основных показателей ресурсосбережения, которые используют при потреблении материальных, энергетических ресурсов на стадиях жизненного цикла изделий, и рас
Продолжение табл. 4.4		
		пространяется на продукцию, изготовляемую на предприятиях раз-

		личных форм собственности металлургического, машиностроительного, химико-лесного, агропромышленного, строительного, топливно-энергетического, коммунального и других хозяйственных комплексов, на технологические процессы, работы и сферу оказания услуг
ГОСТ Р 54862-2011	Энергоэффективность зданий. Методы определения влияния автоматизации, управления и эксплуатации здания	<p>Целью настоящего стандарта является гармонизация методов расчета энергетической эффективности зданий в соответствии с федеральными законами № 384-ФЗ от 30.12.2009 "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" и N 261-ФЗ от 23.11.2009 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", а также с основополагающими требованиями директив Европейского сообщества 2002/91/ЕС по общей энергетической эффективности зданий (далее - EPBD).</p> <p>Настоящий стандарт предназначен для разработки зависимостей и методов оценки влияния автоматических систем управления зданиями (далее - BACS) и технического обслуживания зданий (далее - TBM) на энергетическую эффективность и потребление энергии в зданиях.</p> <p>Настоящий стандарт также содержит рекомендации по учету влияния функций BACS и TBM при разработке стандартов в соответствии с мандатом M/343.</p>
Окончание табл. 4.4		
		Настоящий стандарт устанавливает методы оценки факторов экономии

		<p>энергии, которые могут быть использованы при энергетической оценке зданий для расчета энергетической эффективности технических систем здания, например, систем отопления, охлаждения, вентиляции и освещения. Настоящий стандарт учитывает, что при эксплуатации зданий с помощью автоматического управления зданиями (ВАС) и менеджмента зданий (ВМ) энергопотребление зданий может быть снижено. Настоящий стандарт следует применять как для существующих, так и при строительстве новых или реконструируемых зданий.</p>
ГОСТ Р 54964–2012	Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости	<p>Требования ГОСТ Р 54964–2012 основаны на нормах РФ, а также стандартах систем BREEAM и LEED. Эти стандарты являются международными, применяются для рейтинговой оценки зданий по различным показателям, в том числе по уровню энергоэффективности. Рейтинговая система представляет собой совокупность количественных и качественных показателей для оценки здания как среды обитания человека, характеризующих уровень комфорта, энергоэффективности, экологичности и защиты окружающей среды в соответствии с принципами устойчивого развития. Стандарт определяет принципы, категории, оценочные критерии, индикаторы устойчивости среды обитания, а также весовые значения индикаторов для целей рейтинговой оценки объекта.</p>

Анализируя представленные документы, можно сделать вывод о том, что на данный момент времени нормативно-правовая

система проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий находится в стадии становления и развития. Разработка прикладных нормативных документов, которые будут являться инструментом достижения энергоэффективности, по мнению автора, должна производиться тогда, когда определены показатели энергоэффективности. В сложившейся законодательной практике велика вероятность, что ведомственные законодательные акты будут противоречить друг другу, препятствовать применению унифицированных технологий и, как следствие, вызывать удорожание на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации, не обеспечивая положительного эффекта. Совершенствование должно идти по пути дальнейшего формирования законодательства, обеспечивающего стабильность, полноту и непротиворечивость нормативно-правового поля этой важнейшей сферы жизнедеятельности общества.

5. Современные ресурсосберегающие технологии в строительстве

5.1. Ресурсосбережение при возведении монолитных зданий

Большую часть объема монолитного бетона и железобетона применяют для возведения конструкций нулевого цикла и только 20...25% расходуют на надземные части зданий и сооружений. Наибольшая эффективность монолитных конструкций проявляется при реконструкции промышленных зданий и сооружений, а также при возведении объектов жилищно-коммунального строи-

тельства. Применение монолитного бетона позволяет уменьшить расход стали на 7...20%, бетона до 12%. Но при этом возрастают энергозатраты, особенно в зимнее время, и повышаются трудозатраты на строительной площадке. Так, затраты труда на строительной площадке при возведении зданий из монолитного железобетона в 1,65 раза выше, чем при строительстве крупнопанельных зданий. Ясно, что основной объем работ при строительстве зданий из монолитного бетона приходится на строительную площадку. Но возрастание расхода бетона на 17...19% по сравнению с крупнопанельным домостроением объясняется недостаточным использованием легких бетонов, современных плитных утеплителей и применением более низких марок цемента.

Возведение зданий из монолитного железобетона позволяет оптимизировать их конструктивные решения, перейти к неразрезным пространственным системам, учесть совместную работу элементов и тем самым снизить их сечение. В монолитных конструкциях проще решается проблема стыков, повышаются их теплотехнические и изоляционные свойства, снижаются эксплуатационные затраты.

Комплексный процесс возведения монолитных конструкций включает:

- заготовительные процессы по изготовлению опалубки, арматурных каркасов, арматурно-опалубочных блоков, приготовлению товарной бетонной смеси. Это, в основном, процессы заводского производства;

- **построечные процессы** — установка опалубки и арматуры, транспортирование и укладка бетонной смеси, выдерживание бетона, демонтаж опалубки.

Опалубочная система — понятие, включающее опалубку и элементы, обеспечивающие ее жесткость и устойчивость, крепежные элементы, поддерживающие конструкции, леса.

Виды и назначение отдельных элементов опалубок и опалубочных систем:

- **опалубка** — форма для монолитных конструкций;
- **щит** — формообразующий элемент опалубки, состоящий из палубы и каркаса;
- **палуба** — элемент щита, образующий его формирующую рабочую поверхность;
- **опалубочная панель** — формообразующий плоский элемент опалубки, состоящий из нескольких смежных щитов, соединенных между собой с помощью соединительных узлов и элементов и предназначенный для облупливания всей конкретной плоскости;
- **блок опалубки** — пространственный, замкнутый по периметру элемент, изготовленный целиком и состоящий из плоских и угловых панелей или щитов.

Материалом опалубки служат сталь, алюминиевые сплавы, влагостойкие фанера и древесные плиты, стеклопластик, полипропилен с наполнителями повышенной плотности. Поддерживающие элементы опалубки обычно выполняют из стали и алю-

миниевых сплавов, что позволяет достичь их высокой обрабатываемости.

Комбинированные конструкции опалубки являются наиболее эффективными. Они позволяют в наибольшей степени использовать специфические характеристики материалов. При использовании фанеры и пластика обрабатываемость опалубки достигает 50 раз и более, при этом существенно возрастает качество покрытия за счет низкой адгезии материала с бетоном. В стальной опалубке используют листы толщиной 2...6 мм, что делает такую опалубку достаточно тяжелой. Опалубку из деревянных материалов защищают синтетическими покрытиями. Пленки на палубу наносят методом горячего прессования с использованием для пропитки древесины бакелитовых жидких смол, эпоксидно-феноловых лаков, используют стеклоткань, пропитанную фенолформальдегидом. В настоящее время наиболее широкое распространение получила влагостойкая фанера, выпускаемая толщиной 18...22 мм. Для кровного слоя используют стеклопластики, слоистые пластики, винипласты.

Находят применение пластмассовые опалубки, особенно армированные стекловолокном. Они обладают высокой прочностью при статической нагрузке, химически совместимы с бетоном. Опалубки из полимерных материалов отличаются небольшой массой, стабильностью формы и устойчивостью против коррозии. Возможные повреждения легко устраняются нанесением нового покрытия. Недостаток пластмассовых опалубок — их не-

сущая способность резко снижается при термообработке с повышением температуры до 60°C.

Появились комбинированные опалубки, когда на металлическую палубу наносится листовая полипропилен. Использование композитов с токопроводящим наполнителем позволяет получать греющие покрытия с регулируемыми режимами теплового воздействия на бетон.

5.2. Ресурсосбережение в строительстве на основе использования техногенных отходов в производстве строительных материалов

Бережное и рациональное использование природных ресурсов в настоящее время приобретает особое значение. Решение этой актуальной народнохозяйственной проблемы предполагает разработку эффективных безотходных технологий за счет комплексного использования сырья, что одновременно приводит и к ликвидации огромного экологического ущерба, оказываемого «кладбищами» отходов. Само понятие «отходы производства и потребления» для многих материальных продуктов становится условным. Они превращаются в ценное, порой даже дефицитное сырье.

В настоящее время на предприятиях горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической, строительных материалов и других отраслей промыш-

ленности Российской Федерации ежегодно образуется около 7 млрд. т отходов. Используется же лишь около 2 млрд. т, или 28% от общего объема. В связи с этим в отвалах и шламохранилищах страны накоплено около 80 млрд. т только твердых отходов. Под полигоны для их хранения ежегодно отчуждается около 10 тыс. га пригодных для сельского хозяйства земель.

Годовой экономический ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления оценивается на уровне 10% валового внутреннего продукта.

Наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и прежде всего строительного назначения.

Так как строительство потребляет около трети всей массы продукции материального производства, материальные ресурсы составляют более половины всех затрат на производство строительно-монтажных работ.

Решение проблемы ресурсосбережения в строительстве возможно при комплексном использовании технических, организационных, экономических факторов и ускорении научно-технического прогресса.

Важнейший резерв ресурсосбережения в строительстве – это широкое использование вторичных материальных ресурсов, которыми являются отходы производства и потребления. Объем промышленных отходов увеличивается более высокими темпами,

чем общественное производство, и имеет тенденцию к опережающему росту. Только на удаление их и складирование расходуется в среднем 8 – 10% стоимости основной производимой продукции.

Использование промышленных отходов обеспечивает производство богатым источником дешевого и часто уже подготовленного сырья; приводит к экономии капитальных вложений, предназначенных для строительства предприятий, добывающих и перерабатывающих сырье, и повышению уровня их рентабельности; высвобождению значительных площадей земельных угодий и снижению степени загрязнения окружающей среды. Повышение уровня использования промышленных отходов является важнейшей задачей государственного значения.

Одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов – их использование в производстве строительных материалов, что позволяет до 40% удовлетворить потребности в сырье, этой важнейшей отрасли промышленности. Применение отходов промышленности позволяет на 10 – 30% снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений при этом составляет 35 – 50%.

На основе применения отходов промышленности возможно развитие производства не только традиционных, но и новых эффективных строительных материалов. Новые материалы обладают комплексом улучшенных технических свойств и в то же время

характеризуются наименьшей ресурсоемкостью как в процессе производства, так и при применении.

Одним из важнейших материальных ресурсов, необходимых для производства строительных материалов, является топливо. В последние годы проблема повышения эффективности использования топлива, его экономного расходования приобрела особую актуальность в связи с ростом его потребления на технологические нужды, увеличением затрат на его добычу.

На производство неметаллических строительных материалов и конструкций ежегодно расходуется около 50 млн.-- т условного топлива. Для снижения расхода топлива применяют промышленные отходы. В ряде случаев промышленные отходы можно рассматривать как полуфабрикаты, при получении которых уже затрачен определенный объем топлива. Так, при получении 1 кг металлургических шлаков расходуется более 1260 кДж теплоты, топливных зол и шлаков — 600 – 840 кДж. Часть промышленных отходов может содержать значительное количество топливных остатков (например, в золе их содержится иногда до 20 – 30%).

Масштабы применения промышленных отходов в производстве строительных материалов в России, так же как и в других развитых странах мира, неуклонно увеличиваются. Некоторые виды отходов, как, например, доменные гранулированные шлаки, пользуются большим спросом в настоящее время и используются

полностью. Передовые металлургические предприятия перешли практически на безотвальную работу.

В России накоплен положительный опыт создания комбинированных производств. Это производства глинозема, содопродуктов и портландцемента на основе нефелиновых шламов и известняков, легированного чугуна и глиноземистого цемента и др.

Значительно меньше, чем доменные, используются пока сталеплавильные шлаки. Объем их использования составляет около 65%. Незначителен уровень применения шлаков цветной металлургии. Утилизируется лишь около 15% объема золошлаковых отходов энергетической промышленности, которые наряду с металлургическими шлаками можно отнести к наиболее значительным сырьевым ресурсам для промышленности строительных материалов. Неудовлетворителен пока уровень использования отходов деревообрабатывающей, химической, нерудной и ряда других отраслей промышленности.

Развитие и совершенствование производства строительных материалов, повышение их экономической эффективности на современном этапе в значительной степени будут определяться рациональностью использования сырьевых ресурсов, полнотой вовлечения в производство отходов различных отраслей промышленности.

Использований техногенного сырья – мощный экологический ресурс. В условиях нарастающей экологической напряженности в мире проблема рационального использования и эффек-

тивного сбережения природных ресурсов становится важнейшей задачей жизнедеятельности любого государства. Исключительно важное значение имеет не только сбережение сырьевых ресурсов, но и их повторное использование. Значение вторичных сырьевых ресурсов для поддержания экологически безопасного уровня воздействия на окружающую среду весьма значительно, в частности, их использование является одним из необходимых условий внедрения малоотходных и безотходных технологий. Важную роль в утилизации (использовании) вторичных сырьевых ресурсов играет строительство и промышленность строительных материалов. Как известно, эти отрасли промышленности используют два вида сырья: природное и техногенное (вторичное). Природное сырье – это строительные песчано-гравийная смесь, гравий, песок, щебень и другие горные породы. Сюда же относят отвалы вскрышных пород, образующиеся при разработке карьеров и строительных котлованов. К сожалению, многие районы России не обеспечены природным сырьем в необходимом количестве, в других — их запасы значительно исчерпаны. Во многих случаях это приводит к значительным затратам на их транспортировку из других районов, что нецелесообразно ни с экономической, ни с экологической точки зрения, так как подобные перевозки сопровождаются неизбежными экологическими нарушениями. Поэтому с развитием техники и ухудшением в стране экологической ситуации все большее значение в строительной отрасли начинает приобретать техногенное сырье. К нему относят самые разнообразные

промышленные отходы, побочные продукты: металлургические шлаки, бокситовые и шламы, отходы горно-обогатительных комбинатов (ГОК), золу и золошлаковые от ТЭС, отходы углеобогащения, вторичные полимеры, продукты переработки древесины и др. Техногенное сырье рассматривается многими специалистами как национальное достояние, как исключительно ценный продукт, аккумулирующий в себе ранее затраченные инвестиционные и энергетические ресурсы. Его использование в производстве строительных материалов во многих случаях оказалось значительно дешевле, чем разработка и освоение природных ресурсов. Использование техногенного сырья для производства строительных материалов с экологической точки зрения весьма перспективно: 1) резко сокращаются объемы добычи дефицитных природных строительных материалов; 2) утилизируется и химически прочно связывается огромное количество загрязняющих окружающую среду промышленных отходов; 3) освобождаются ценные земельные участки, отчуждаемые под хвосто- и шламо-хранилища и др. Только под хранение золошлаковых отходов ЭС отчуждаются огромные территории. В строительной индустрии находят широкое применение многие виды Промышленных Отходов и побочных продуктов. Приводим несколько примеров их использования.

Зола и золошлаковые отходы (ЭШО). В настоящее время в России ежегодно образуются десятки миллионов тонн золошлаковых отходов. Каждые сутки работы на угле ТЭС накапливается

до 1 тыс. тонн золы и шлака. Подавляющая их часть направляется в отвалы, а в строительной индустрии утилизируется лишь 3 – 5 % ЭШО. Для сравнения: в США и Германии – 40 – 60%. В США из 20 млн. тонн ежегодно образующихся зол уноса только для изготовления бетона утилизируется 7 млн. тонн. Золошлаковые отходы – незаменимый компонент формовочных смесей для получения высококачественных строительных материалов. Их используют для производства ячеистого бетона, силикатного кирпича, пензолсиликата, асфальтового основания дорожных одежд и т.д. ЭШО считаются прекрасным цементосберегающим материалом. При производстве бетонов введение зол позволяет экономить до 100 кг/м цемента, а при использовании добавок-модификаторов – до 200 кг/м. Одновременно улучшается структура цементного теста и повышаются теплозащитные свойства конструкций.

Прекрасно зарекомендовала себя разработанная ВНИИСтроем безотходная технология производства лицевого кирпича на основе зол ТЭС, позволяющая не только сэкономить средства на строительство и эксплуатацию золоотвалов, но и значительно уменьшить загрязнение среды. Замена в бетоне или растворе 15% цемента на золу уноса или металлургический шлак, что технологически допускается, в перерасчете на мировые объемы их применения, могло бы снизить количество выбросов в атмосферу диоксида углерода на 300 млн. тонн в год.

Металлургические шлаки – высококачественное сырье для производства шлакопортландцементов, шлаковаты, гипсо-шлаковых блоков, щебня и др. Годовой объем выхода шлаков металлургических заводов исчисляется многими десятками миллионов тонн. В нашей стране очень высок объем утилизации доменных шлаков, 80% выхода которых идет для изготовления шлакопортландцемента и пористых заполнителей. В последние годы все большее применение в качестве крупного и мелкого заполнителя в бетонах получают создаваемые по безотходной технологии шлаковая пемза (термозит) и шлакостеклогрануляты, не уступающие природному щебню по большинству показателей. Например, прочность бетона на шлаковом цементе на 15—20% выше, чем на гранитном. Широко известен ценнейший конструктивный материал — шлакоситалл, обладающий высокими физико-химическими свойствами и экологической чистотой. Исключительно большое значение для производства портландцементного клинкера и шлакопортландцементов высокого качества имеет гранулированный доменный шлак, придающий цементу антикоррозийность, повышенную прочность, текучесть и быстроту твердения. В связи с тем, что в ближайшие годы в России ожидается реконструкция предприятий по переработке отработанного ядерного топлива (ОЯТ), резко усиливается спрос на особо тяжелые бетоны для радиационной защиты. Для этих целей учеными предлагается использовать бетон, в составе которого вместо дорогостоящего металла будут использованы отходы и шихта ме-

таллургического производства. Прекрасным примером блокирования фенолформальдегидных и других загрязнителей в структуре строительных материалов является использование отработанных формовочных смесей (ОФС), образующихся в ходе металлургического литейного передела. Формовочная глина, используемая как связующее, не токсична и может широко применяться при производстве строительных материалов.

Продукты переработки древесины и других растительных отходов. В России на лесопромышленных комплексах и деревоперерабатывающих комбинатах ежегодно образуется свыше 200 млн. куб. м. отходов древесины. Кроме того, сжигаются и вывозятся в отвалы в огромном количестве древесная тара, отходы переработки хлопчатника, лубяных культур и другого экологически ценного сырья, пригодного для производства строительных материалов. Важнейшим направлением рационального, экологически целесообразного использования древесины в строительной индустрии является производство различных древесных бетонов: арболита, фибролита, опилкобетона, королита и др. Наиболее известным из этих экологически чистых дешевых строительных материалов является арболит. Это легкий крупнопористый бетон, состоящий из древесной дробилки (в основном отходы от лиственных пород) и портландцемента марки 400. Широко применяется в качестве стеновых блоков при строительстве малоэтажных зданий. При устройстве ограждающих конструкций и перегородок используют королит — теплоизоляцион-

ный материал, состоящий из коры, цемента (или строительного гипса) и добавок. В промышленности строительных материалов широкое применение находит ценнейшее экологически чистое сырье, вырабатываемое из отходов целлюлозно-бумажного производства — лигносульфонаты, обладающие обеспыливающими, пластифицирующими, пенообразующими и другими ценными свойствами.

Отходы химического комплекса. Несмотря на огромные объемы и разнообразие видов вторичного минерального сырья, эти отходы в строительной индустрии используются недостаточно. Находят некоторое применение лишь электротермофосфорные шлаки (шлакопортландцемент силикатный кирпич), отходы содового производства (автоклавное производство материалов, газогипс), кубовые остатки перегонных производств, битумы (ячеистые бетоны с добавками нефтебитума и др.) и некоторые другие виды отходов. С точки зрения экологии следует более подробно остановиться на побочном продукте, получаемом при переработке апатитовых и фосфоритовых концентратов, — фосфогипсе. Применяется он при изготовлении цемента, строительных блоков, сухой штукатурки и др. Только в Японии в 70-х гг. XX в. строительная промышленность ежегодно расходовала около 3 млн. тонн фосфогипса. Однако проведенные в 80 – 90-е гг. исследования показали, что фосфогипс обладает гораздо большей удельной радиоактивностью, чем природный гипс... и, по-видимому, люди, живущие в домах с его применением получают

облучение на 30% более интенсивное, чем жители других домов (доклад Комитета по атомной энергии, ООН, г.Нью-Йорк). Фосфогипс может быть применен в строительстве лишь после специальной проверки на радиоактивность. Выяснилось также, что фосфогипс, перерабатываемый по существующей технологии, помимо радионуклидов может содержать и такие вредные для здоровья человека вещества, как фтористые соединения. Помимо рассмотренных выше золошлаковых отходов, металлургических шлаков, продуктов переработки древесины и отходов химического производства при производстве строительных материалов находят применение и другие виды техногенного сырья. Важно подчеркнуть, что практически для любого вида выпускаемых в России строительных материалов вместо природного сырья возможно и экологически целесообразно использование различных видов техногенного сырья. Вторичные ресурсы (отходы производства) широко используются не только в промышленности строительных материалов, но и в дорожном строительстве (в качестве инертных наполнителей вместо песка, скальных пород, гравийных смесей и др.), в фундаментах, при устройстве гидротехнических плотин и др. Значительный интерес представляет использование отходов промышленности в такой материалоёмкой отрасли строительства, как устройство оснований фундаментов зданий и сооружений. Исследования, проведенные НИИОСП, показали, что для этих целей наиболее пригодны вскрышные и отвальные породы, у которых завершился процесс

самораспада, а также доменные и сталеплавильные шлаки. При устройстве оснований из этих отходов их уплотняют, трамбуют, используют глубинное уплотнение с помощью мелких взрывов и др.

В последние годы в нашей стране использование промышленных отходов как в строительстве, так и в промышленности строительных материалов заметно сократилось, что связано и с общим падением уровня промышленного производства, и с отсутствием должного стимулирования использования вторичных ресурсов в производстве. Низкий уровень использования техногенного сырья в России, помимо указанных выше причин, вызван принципиально различным подходом к этой проблеме в экономически развитых странах и в России. Там, например, золошлаки являются продуктом (товаром), а не отходом, использованием (реализацией) этого продукта занимаются его производители, т.е. ТЭС. Интересно отметить, что, как показывают расчеты, рентабельность производства товаров-продуктов из золошлаков (бетонные смеси, многоцелевые вяжущие, песок, щебень и др.) значительно выше рентабельности производства самой электроэнергии на ТЭС. В этом отношении пример показывают западные страны. Например, в Дании уровень утилизации рециклируемых материалов достиг 100%. В Нидерландах создана цельная, экологически выдержанная концепция развития строительной индустрии, которая основана на внедрении замкнутого безотходного

производства с многократным использованием техногенного сырья [].

5.3. Современные эффективные ресурсосберегающие технологии и архитектурно-строительные системы реконструкции жилой застройки первого периода домостроения

В конце 50-60-х годов прошлого века на территории СССР, практически во всех крупных и средних городах велось массовое жилищное строительство по типовым проектам индустриальных серий 1-447 (кирпичные), 1-464 (крупнопанельные), 1-511 (блочные), 1-335 (с неполным каркасом) и др. Общий объем построенных в эти годы жилых 4-5-этажных домов составил более 400 млн. кв. м, в том числе на территории России более 250 млн. м².

За истекшие 40~50 лет их эксплуатации большая часть этих домов морально и физически устарела и нуждается в безотлагательной реконструкции. Изучая зарубежный опыт и отдельные примеры реконструкции жилых домов первых индустриальных серий в городах России, Белоруссии и других стран СНГ, группой ученых, архитекторов и специалистов проектировщиков под научным руководством академика С.Н. Булгакова разработана концепция, технические решения и социально-экономические обоснования окупаемой реконструкции жилых домов пяти- и меньшей этажности по методу вторичной застройки реконструи-

руемых кварталов и микрорайонов без сноса или с небольшим сносом существующих зданий и 2-3-кратным приростом площади жилья.

Реализация идеи вторичной застройки основывается на использовании проектов ширококорпусных жилых домов и домов вторичной застройки, а также на системном решении проблем реновации и развития сети объектов социальной и инженерной инфраструктуры.

В Российской академии архитектуры и строительных наук разработана энерго- и ресурсоэкономическая система ширококорпусных жилых домов для массового строительства. Принципиальное отличие от строящихся домов состоит в увеличении ширины корпуса дома до 18-20 м (теоретически до 23,6 м) с соблюдением всех норм естественной освещенности, инсоляции, воздухообмена.

Простое на первый взгляд изменение планировочных параметров ШКДомов, обеспечивает целую гамму их преимуществ. Повысилась планировочная маневренность – ШКД можно проектировать с любым набором квартир от 1 до 6 комнат в одном и двух уровнях.

На первых этажах без всяких пристроек размещаются торговые предприятия. В цокольных и подвальных этажах - двухрядные стоянки автомашин (6; 7 м). Решается проблема перемещения инвалидов-колясочников.

Возможное разнообразие архитектурных форм, конструктивных систем и внешнего облика таких домов обеспечивает их возведение в рядовой и исторической застройке городов, любой этажности, различной конфигурации в плане (башенные, вытяженные, угловые), широтной и меридиональной ориентации, на простом и сложном рельефе.

За счет сокращения удельной поверхности наружных ограждающих конструкций на единицу площади жилья до 20% уменьшаются теплотери здания. По этой же причине и за счет возможности доведения площади жилья на один лестнично-лифтовой блок до нормативов, а также более рационального использования участков застройки сокращается стоимость квадратного метра жилья на 15-20% по сравнению с самыми экономичными сериями домов массовой застройки. Повышается комфортность квартир и вариативность их планировочных решений в соответствии с запросами жильцов.

Реализация идеи перехода к проектированию и строительству ширококорпусных домов может быть осуществлена повсеместно в городах России с использованием существующей базы кирпичного, блочного и панельного домостроения, а также при возведении домов из монолитного железобетона.

К настоящему времени накоплен опыт проектирования и строительства ШКД. В Москве институт МИНИИТЭП запроектировал, а фирма «Тема» построила более 20 ШКД. Такие дома возводятся в 6 городах Подмосковья, в экспериментальном по-

рядке ШКД строятся в Орле, Белгороде, Владимире, Казани. Идея уширения корпусов жилых домов реализуется при модернизации современных серий многоэтажных домов массовой застройки.

Проектная документация ШКД, разработанная институтом МНИИТЭП, прошла всестороннюю и тщательную экспертизу и проверку на практике. По каждому дому - башенного типа, угловому, протяженному можно приобрести базовый комплект документации для адаптации ее к местным условиям.

При разработке вариантов конструктивных решений ШКД с монолитным железобетонным каркасом возникла идея использования их при реконструкции несносимых домов первых промышленных серий. При этом ШКД строится на месте существующей пятиэтажки, или домов с меньшей этажностью, которые включаются в объемно-планировочную структуру нового ширококорпусного дома.

Такие дома мы назвали Домами вторичной застройки (ДВЗ).

В общем виде объемно-планировочная и конструктивная система ДВЗ, не имеющая аналогов в мировой практике и защищенная патентом, состоит из двух частей: новая часть многоэтажного дома в монолитном или сборно-монолитном исполнении и старая часть дома, представляющая собой подлежащий реконструкции дом, которые объединяются в единую архитектурно-строительную композицию. При этом конструктивно новая и старая части ДВЗ передают нагрузки на грунт автономно через

буронабивные сваи, а архитектурно-планировочные решения такого дома становятся общими. Едиными для всего дома проектируются также инженерные системы и оборудование тепло-, водо-, энергоснабжения, пожаротушения, канализации, лифты и слаботочные системы телевидения, радио, телефонизации и др.

Конструктивные решения предусматривают возведение монолитных железобетонных пилонов на высоту 5 этажей с одной стороны дома и пристройку пролета-этажерки шириной до 6 м, с другой - на уровне 6-го этажа бетонируются балки-стенки и монолитный "стол", на которые передаются нагрузки от вновь возводимых этажей.

ДВЗ могут возводиться любой этажности (до 10,17, 22 и более). Использование проектов ширококорпусных домов при комплексной реконструкции жилых кварталов и микрорайонов, для строительства стартовых домов на свободных участках и для возведения ширококорпусных домов вторичной застройки на месте существующих домов, подлежащих реконструкции без их сноса, послужило фундаментальной основой новой концепции реконструкции жилья методом вторичной застройки ранее застроенных жилых территорий домами первых массовых серий.

За основу концепции вторичной застройки приняты следующие положения:

- объектом реконструкции и вторичной застройки принимается жилой квартал или микрорайон;

- на свободных участках возводятся стартовые ШКД;
- на месте всех или большей части существующих пятиэтажек без их сноса возводятся многоэтажные, энергоэффективные дома вторичной застройки;
- пятиэтажные дома, включенные в объемно-планировочную структуру домов вторичной застройки, реконструируются с расширением площадей и перепланировкой малометражных квартир;
- этажность домов вторичной застройки определяется с учетом градостроительной ситуации и условий инсоляции;
- часть пятиэтажных домов реконструируется с надстройкой мансард и расширением корпуса, часть по условиям инсоляции переводится в состав нежилых помещений;
- с учетом прироста площадей жилья и числа жителей модернизируются объекты социальной и инженерной инфраструктуры;
- на первых этажах ШКД и в зданиях, переводимых в разряд нежилых помещений, размещаются объекты социального назначения;
- при вторичной застройке микрорайона решается проблема автостоянок, совершенствуется благоустройство и схема транспортного и пешеходного движения. Разработаны

проектные решения размещения автостоянок под проезжей частью и полосами отвода городских автодорог;

- на базе реконструируемого и вторично застроенного квартала или микрорайона создается энергоэффективная зона с двукратным сокращением удельного теплопотребления на 1 кв. м жилья.

Основное содержание вторичной застройки реконструируемых жилых кварталов состоит в совмещении во времени и пространстве разработки и реализации инвестиционно-строительных проектов нового строительства современных многоэтажных жилых домов и обязательной (принудительной) реконструкции существующих домов первых массовых серий в единый инвестиционный процесс реновации и развития жилищного фонда. Ведущим процессом при этом является строительство новых жилых домов на свободных территориях и на месте реконструируемых домов, соподчиненным - процесс реновации существующих домов и квартир с отнесением затрат на вновь создаваемые площади жилья. Концепция вторичной жилой застройки ширококорпусными экономичными домами территорий, застроенных жилыми домами, подлежащими реконструкции, предопределяет новый этап и стратегическое на несколько десятилетий направление жилищного строительства в городах на освоенных территориях без расширения границ городов.

Основное содержание этого направления и прогнозируемые последствия реализации концепции вторичной застройки пред-

ставляют собой комплекс крупномасштабных мер и результатов социального, градостроительного и экономического характера государственного значения.

Наиболее важные результаты, которые могут быть получены при реализации концепции в ближайшие 15-20 лет:

- сохранение от сноса 300-350 млн. кв. м жилья в пяти- и меньшей этажности жилых домах первых массовых индустриальных серий, построенных в 50~60-х годах прошлого века;
- осуществление реконструкции этих домов без затрат (или с минимальными затратами) бюджетных ассигнований;
- создание современных достойных условий проживания миллионам людей, проживших 50 и более лет в антисоциальных условиях;
- осуществление основного (до 80 и более процентов) прироста площадей жилья на освоенных и обустроенных городских территориях без отчуждения и освоения новых отделенных территорий;
- ликвидация в городской застройке архитектурно безликих кварталов и дискомфортных малометражных квартир;
- комплексное решение проблемы крупномасштабного энергосбережения при эксплуатации жилищного фонда

посредством создания энергоэффективных зон на базе жилых кварталов и микрорайонов вторичной застройки;

- создание дополнительных рабочих мест в районах вторичной застройки за счет расширения сети объектов социальных услуг, транспортной и инженерной инфраструктуры и предоставления площадей в аренду на первых этажах домов вторичной застройки для предприятий малого и среднего предпринимательства;

- снижение стоимости строительства жилья при вторичной застройке кварталов за счет вовлечения в инвестиционный ресурс уже использованных ранее (неэффективно) земельных участков с объектами инфраструктуры, возведения экономичных ширококорпусных домов, исключения затрат на снос домов и обустройство новых отдаленных территорий.

Получаемое дополнительное жилье при вторичной застройке жилых кварталов, расположенных, как правило, в приближенных к центрам городов районах, уже обеспеченных городским транспортом и другими общегородскими услугами априори получает рыночные приоритеты.

В создавшихся социально-экономических условиях, при крайней необходимости осуществления реконструкции морально и физически устаревшего жилья и отсутствии средств на эти цели, а также не снижающейся потребности в новом жилье, реализация концепции вторичной застройки жилых кварталов, подде-

жащих реконструкции, может послужить именно тем инструментом, который позволит избежать кризисной ситуации с реконструкцией домов первых индустриальных серий и осуществить необходимый прирост нового жилья на рациональной экономической, социальной и градостроительной основе.

5.4. Ресурсосберегающие строительные системы для малоэтажного строительства

В настоящее время строительство малоэтажного жилья, в т.ч. индивидуального жилья существенно отличается от того, что строили в конце прошлого столетия. Эти отличия заключаются в повышении комфортности, архитектурной выразительности жилья, наличии подсобных встроенных или отдельно стоящих помещений, благоустройстве территории и т.д. Для такого строительства применение материалов и изделий, используемых в массовом строительстве жилья в больших городах, неэффективно из-за их высокой стоимости и сосредоточения производств в индустриальных центрах.

Современные требования к энергосбережению, архитектурной выразительности, долговечности, комфортности малоэтажного жилья требуют новых подходов к разработке и выбору строительных систем, технологии и монтажа конструкций и инженерного обеспечения жилых домов. Существующая база промышленности строительных материалов нуждается в модернизации,

которая позволит применять новые технологии и производить новые виды строительных материалов и изделий для строительства доступного и качественного жилья. Целесообразно наладить выпуск таких материалов на мини-заводах, монтируемых на свободных площадях работающих предприятий.

Для того, чтобы выполнить современные требования по теплозащите зданий, толщина однослойных стен из кирпича, керамзитобетона, арболита, керамических блоков, пенобетона и других материалов должна быть такой, что их применение становится нереальным. Для этой цели могут быть использованы блоки из автоклавного газобетона с плотностью не более 500 кг/м³, но организация такого производства требует значительных инвестиций и времени.

В последние годы развивается производство пенобетонных блоков. Однако они характеризуются невысокой прочностью, не точными геометрическими размерами, большой усадкой, низкой морозостойкостью, что препятствует их широкому применению в строительстве. Для выполнения современных требований по величине сопротивления теплопередаче не подходит даже древесина, являющаяся традиционным материалом в однослойном варианте для малоэтажного строительства.

Сложившаяся ситуация вызвала необходимость создания новых материалов и изделий и строительных систем с их применением, которые бы отвечали требованиям, предъявляемым к прочности, долговечности, теплозащите, и в то же время были бы

экономически эффективны. В большинстве таких систем конструкции стен трехслойные. Трехслойная конструкция может выполняться в процессе возведения стен или состоять из трехслойных блоков, изготовленных в заводских условиях. Первая технология более гибкая, т.к. позволяет для устройства стен в конкретном регионе подобрать оптимальные материалы. Эффективность варианта определяется сравнением технико-экономических показателей.

При строительстве малоэтажных домов с трехслойными стенами наружные слои стен используются в качестве оставляемой опалубки. Эти слои могут выполняться из кирпича, керамзитобетонных блоков, вибропресованных бетонных и других мелкоштучных изделий, а также листовых композитных материалов. Внутренний (центральный) слой конструкции является теплоизоляционным, толщина которого определяется теплотехническим расчетом.

В качестве теплоизоляционных материалов могут быть использованы плиты из пенополистирола, жесткие минераловатные плиты, блоки из пенополиуретана, ячеистого бетона, торфяные, фибролитовые плиты, эковата и др. Для устройства теплоизоляционного слоя применяются заливочные смеси из ячеистого бетона, которые заливаются в несъемную опалубку или колодцевую кладку.

При такой технологии несъемная опалубка выполняется из пазогребневых плит, изготовленных из бетона на основе водо-

стойких гипсовых вяжущих, цементно-стружечных плит, водостойких гипсоволокнистых листов и гипсостружечных плит. Заливочная смесь готовится из водостойкого пеногипса, имеющего плотность в сухом состоянии $250-400 \text{ кг/м}^3$, прочность на сжатие $0,5 - 1,5 \text{ МПа}$ и теплопроводность $0,06 - 0,1 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$.

Трехслойные блоки могут быть изготовлены из пескобетона, обычного бетона, керамзитобетона, полистиролбетона и др. материалов. В качестве теплоизоляции в этих блоках используют пенополистирол, ячеистый бетон, пеногипс и др. Однако такая технология изготовления блоков достаточно трудоемка.

Пустотелые блоки изготавливать проще. При кладке стен пустоты в блоках заполняют заливочными теплоизоляционными материалами и засыпками: пенополистирол, пенополиуретан, минвата.

Особое место среди местных материалов занимают гипсовые вяжущие, материалы и изделия на их основе.

Гипсовые материалы и изделия находят все большее применение в строительстве. По сравнению с бетонами и строительными растворами на основе портландцемента, со строительной керамикой и металлами производство и применение гипсовых строительных материалов связано со сравнительно низким удельным расходом топлива и энергии. Удельные затраты энергии на производство 1 т портландцемента составляют 2400 кВт/ч, кирпича 1760 кВт/ч и гипсовых строительных изделий 1200 кВт/ч. Быстрое схватывание и твердение гипсовых формо-

вочных смесей позволяет изготавливать изделия без форм (например, методом непрерывного проката), или в стационарных формах-кассетах, коэффициент использования которых резко увеличивается, или на специальных формовочных станках.

Потребность в гипсовых вяжущих практически полностью обеспечивается за счет разработки месторождений природного гипсового камня. В то же время имеющиеся разработки в технологии применения фосфогипса и других гипсосодержащих отходов позволяют развивать производство строительных материалов на их основе.

Применение гипсовых материалов для городского и малоэтажного строительства позволяет не только уменьшить дефицит материалов для стен и перегородок, но и вдвое сократить продолжительность строительства домов.

Изделия из гипсовых вяжущих характеризуются малым весом, достаточной прочностью, относительно низкими тепло- и звукопроводностью. Они легко формуются и приобретают любую архитектурную форму. Кроме того, гипсовые материалы огнестойки, способствуют поддержанию комфортного микроклимата в помещениях за счет хороших показателей по паро- и воздухопроницаемости, способности поглощать лишнюю влагу из воздуха и отдавать ее при снижении влажности.

По сравнению с 60-70 годами прошлого столетия сейчас гипсовые вяжущие применяются в меньшем объеме. В то время ежегодный объем использования гипсобетонных крупноразмер-

ных панелей перегородок и оснований под полы превышал 600 тыс. м² в год. Возводились здания со стенами из бетонов на основе водостойких гипсовых вяжущих и заполнителей из различных техногенных отходов (шлаки, опилки). Выпускались гипсобетонные стеновые камни, из которых построено большое количество малоэтажных зданий.

В настоящее время перегородки в жилых и административных зданиях в основном возводят из кирпича, бетонных, керамзитобетонных стеновых камней, блоков из ячеистого бетона. В офисных помещениях широко применяются комплектные системы «Кнауф» из гипсокартонных листов. Началось применение гипсоволокнистых листов для полов, подвесных потолков внутри помещений с относительной влажностью воздуха до 75 %.

Несмотря на современные достижения разработчиков в области водостойких гипсовых вяжущих, их использование недостаточно.

Это объясняется малой информированностью строителей и опасениями применять гипсовые бетоны в несущих и наружных конструкциях зданий.

Наиболее эффективным способом повышения водостойкости гипсовых вяжущих является введение в него веществ, вступающих с ним в химическое взаимодействие с образованием водостойких и твердеющих в воде продуктов.

Последние исследования по повышению водостойкости гипсовых вяжущих, выполненные «Кафедрой технологии вяжу-

щих веществ и бетонов» МГСУ, позволили получить гидравлические композиционные гипсовые вяжущие нового поколения с низкой водопотребностью и бетоны на их основе.

Новые вяжущие представляют собой гомогенную активированную смесь любого гипсового вяжущего с гидравлическим компонентом, получаемым предварительной совместной механохимической активацией портландцемента, кремнеземистой добавки и суперпластификатора. Этот компонент является органоминеральным модификатором (ОММ) гипсовых вяжущих, может быть приготовлен заранее и использован по мере необходимости. Введение ОММ в заданном количестве в гипсовое вяжущее обеспечивает высокие прочность, водостойкость и долговечность.

В качестве кремнеземистой добавки можно использовать золу-унос, керамическую пыль, отходы производства кирпича и других керамических изделий, стеклянный бой, мелкий кварцевый песок, микрокремнезем, кремнегель и другие материалы. Обязательным компонентом является сухая пластифицирующая добавка (суперпластификатор С-3, лигносульфонаты технические и др.). Для регулирования сроков схватывания можно вводить замедлители и ускорители схватывания.

Разработаны и изучены различные бетоны на основе модифицированных вяжущих: тяжелые бетоны классов по прочности В7,5...В35, мелкозернистые бетоны, в т. ч. золобетон В5...В35 (в зависимости от состава и способа уплотнения), легкие бетоны на пористых заполнителях В2,5...В10 с плотностью от 700 до

1300 кг/м³, опилкобетон В 2...В5 с плотностью 600...900 кг/м³, ячеистый бетон В0,5...В3,5 с плотностью 400...800 кг/м³.

Эти бетоны могут применяться наравне с бетонами на портландцементе.

Особое значение приобретают изделия для стен и перегородок, а также отделочные, включая декоративные, производство и применение которых будут развиваться.

В зависимости от условий эксплуатации стеновые изделия можно изготавливать из различных бетонов (тяжелого, легкого на пористых заполнителях, арболита, опилкобетона, ячеистого и т.д.) на основе водостойких или неводостойких гипсовых вяжущих

Особенно эффективны блоки строительные замковые, имеющие форму параллелепипеда с базовым размером 400x800x150 мм.

Блоки предназначены для возведения без раствора несущих и самонесущих стен. Кладка стен производится за счет выступов и пазов в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В конструкции блоков предусмотрены два горизонтальных и два вертикальных направляющих паза для нанесения любого строительного герметика (клея). При кладке пустоты всех рядов совмещаются, образуя герметичные замкнутые воздушные полости, заполняемые теплоизоляционными материалами (ячеистый бетон, пенополиуретан, минераловатные изделия и др.). Заполняя эти пустоты тяжелым бетоном, можно создавать любые несущие конст-

рукции, а при вертикальной кладке и армировании сооружать каркасную систему здания. При этом сами замковые блоки будут выполнять декоративно-отделочную функцию.

Бетонные блоки характеризуются прочностью не менее 7,5 МПа, и средней плотностью не более 1300 кг/м³. Марка по морозостойкости бетона не ниже F25.

Блоки выпускают по литьевой технологии в специальных кассетных пластиковых формах (патент РФ № 2206449).

Из гипсобетона на основе водостойких гипсовых вяжущих можно формовать гипсовый прессованный кирпич, который соответствует требованиям ГОСТ 379-95 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия». Кирпич предназначен для кладки и облицовки наружных и внутренних стен малоэтажных зданий. Различают кирпич рядовой и лицевой, цветной и обычный. Прессовое оборудование, применяемое для производства силикатного кирпича, может быть приспособлено для формования гипсового кирпича, или разрабатывают специальное оборудование. После формования кирпич не требует тепловой обработки, его упаковывают и на поддонах отправляют потребителю.

Предложены различные способы получения ячеистого бетона из гипсовых вяжущих. Из него формуют стеновые блоки (ГОСТ 21520) для кладки наружных, внутренних стен и перегородок зданий с относительной влажностью воздуха помещений не более 75 % и не агрессивной среде. Блоки на неводостойких

гипсовых вяжущих следует применять в помещениях с относительной влажностью воздуха не более 60 %.

Изделия на гипсовых вяжущих быстро приобретают расплывчатую прочность через 7-30 мин., отпускную и конечную прочность – через 1-3 сут. Изделия на вяжущих с низкой водопотребностью твердеют и приобретают отпускную влажность без сушки.

Все большее распространение получают сухие гипсовые смеси (СГС) различного функционального назначения

Смеси на основе неводостойких гипсовых вяжущих применяют для внутренней отделки зданий с сухим и нормальным режимами помещений. СГС на основе водостойких гипсовых вяжущих используют для отделочных работ в помещениях с влажным и мокрым режимами, а также при отделке фасадов зданий.

Производство и применение изделий из бетонов на основе ВГВ низкой водопотребности характеризуются рядом преимуществ перед изделиями из бетонов на портландцементе и на других вяжущих:

- используются только экологически чистые исходные материалы;
- малый расход условного топлива и энергии за счет изготовления изделий без тепловой обработки;
- увеличивается оборачиваемость формовочного оборудования (бортоснастки, опалубки, форм) в несколько

раз, т.к. распалубка происходит через 15-20 мин.; не требуется искусственная сушка изделий;

- снижается себестоимость за счет использования местного сырья и техногенных отходов;
- решаются экологические проблемы.

Применение быстротвердеющих гипсовых вяжущих позволяет значительно ускорить возведение конструкций стен и перегородок, а в некоторых случаях и перекрытий, сборных и монолитных зданий. При заводском производстве изделий повышается производительность оборудования, выработка на одного рабочего, снижаются энергозатраты.

В России разведанные запасы гипсового сырья составляют около половины мировых запасов. Освоенные месторождения гипсового камня составляет только 28 % от общего количества. Добыча гипсового камня в 2002 г. составила 5,7 млн. т, а в 1989 г. она составляла более 10 млн. т.

Для примера, США добывают гипсового камня более 18 млн. т в год, в Европейских странах - более 22 млн. т. В зарубежных странах на производство гипсовых вяжущих расходуется почти 70 % сырья, а в России – около 50 %.

Сегодня по производству и применению гипсовых вяжущих и материалов на их основе Россия существенно отстаёт от развитых стран. Организация производства гипсовых материалов не требует больших инвестиций, кроме того, они быстро окупаются, что может быть рекомендовано для малого бизнеса.

6. Современные ресурсо- и энергосберегающие строительные материалы и конструкции

6.1. Современные теплоизоляционные материалы в строительстве

Современные строительные нормы в Европейских странах устанавливают потребление энергии на уровне 80-100 кВт-ч/м² год. У нового поколения домов, которые проектируются и строятся в соответствии с концепцией Passive House (пассивный дом), уровень энергопотребления может быть снижен до 15-30 кВт-ч/м² год в зависимости от региона строительства. Определяющим фактором, позволяющим обеспечивать такой норматив, является применение эффективной тепловой изоляции в строительных конструкциях.

Наибольший потенциал энергосбережения в строительном секторе и ЖКХ связан именно со снижением энергозатрат на отопление. За счет этого общее энергопотребление зданий может быть снижено, по экспертным оценкам, на 50-55%. Высокое потребление тепловой энергии в строительном секторе экономики связано, как с высокими тепловыми, в первую очередь, трансмиссионными потерями зданий, так и с высокими тепловыми потерями в системах теплоснабжения.

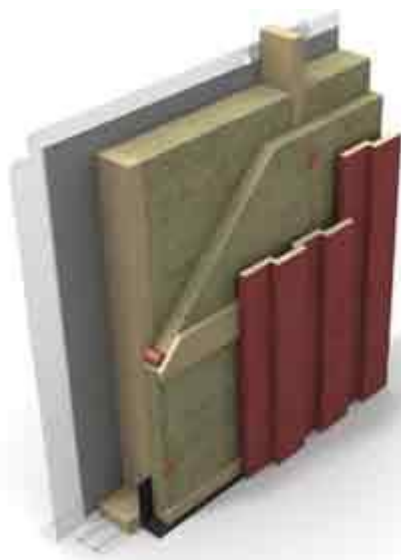
Основными факторами, позволяющими снизить энергопотребление зданий до минимального уровня 15-30 кВт-час/(м² год), являются:

- повышение термического сопротивления ограждающих конструкций до максимального технически возможного уровня;
- увеличение термического сопротивления светопрозрачных конструкций до максимального технически возможного уровня;
- сведение к минимуму тепловых мостов;
- обеспечение необходимой герметичности здания относительно притока наружного воздуха;
- создание систем принудительной вентиляции помещений с рекуперацией тепла вентиляционного воздуха;
- оптимизация архитектурных форм и расположения здания с учетом воздействия ветра и возможности использования солнечной радиации.

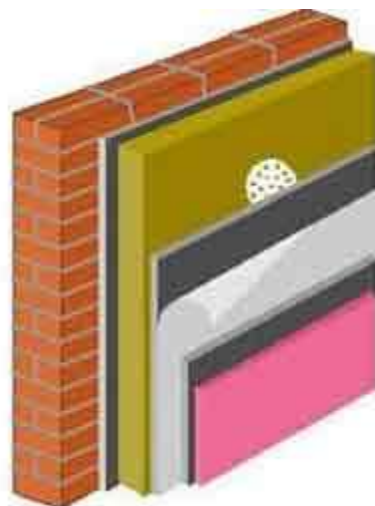
Сочетание указанных выше факторов обеспечивает минимальное энергопотребление здания. При этом определяющими факторами повышения энергоэффективности здания являются увеличение термического сопротивления его конструктивных элементов. Для снижения энергопотребления зданий до уровня Passive House необходимо повысить термическое сопротивление ограждающих конструкций зданий.

Такие значения термического сопротивления не могут быть получены с использованием традиционных конструктивных решений и строительных материалов (кирпича, бетона и др.) без применения эффективных утеплителей. Требуемый уровень теп-

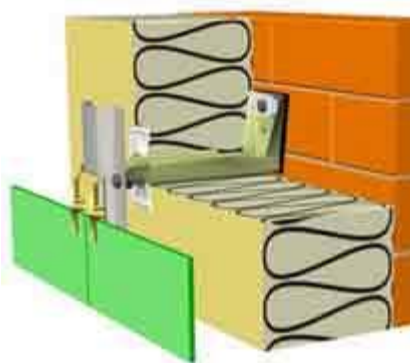
лозащиты зданий достигается путем применения многослойных строительных конструкций с использованием эффективных утеплителей. Примеры таких конструкций приведены на рис. 6.1.



А



Б



В



Г

Рис. 6.1 Многослойные ограждающие конструкции:

А – каркасная стена;

Б – система наружного утепления со штукатурным покрытием;

В – конструкция навесного вентилируемого фасада;

Г – многослойная конструкция плоского покрытия с рулонной кровлей.

Объемы производства и потребления теплоизоляционных материалов в РФ возросли за последние 10 лет более чем в 4 раза – с 6-7 млн м³ в 1998 г. до 26-27 млн м³ в 2008 г. Докризисный прогноз на 2010 г. составлял 30-32 млн м³. В кризисном 2009 г. производство и потребление теплоизоляционных материалов в РФ значительно снизилось и составило по экспертным оценкам 19-20 млн м³.

Современная индустрия предлагает широкий спектр теплоизоляционных материалов, характеризующихся различным назначением и различными техническими и качественными характеристиками. Преобладающими видами теплоизоляционных материалов являются стекловолокно и каменная вата, их доля составляет соответственно 38 и 37%. Значительная доля (около 22%) принадлежит пенополистиролу, в том числе экструзионному (5,3%).

В странах Европы все большее развитие получает строительство зданий с минимальным энергопотреблением по концепции Passive House. На основе этой концепции уже построен и строится целый ряд зданий в Германии, Дании и других странах. Первые здания такого типа построены в РФ на территории Республики Татарстан в Казани. Предполагается их строительство в Подмоскowie. Предлагаемые технические решения наиболее эффективны для малоэтажного жилья, доля которого в современном жилищном строительстве в РФ составляет более 50%.

Данная тема получила дальнейшее развитие в разработках Исследовательского Центра КРИР концерна Сен-Гобен во Франции, где предложена концепция мультикомфортного здания. Концепция включает помимо снижения энергопотребления, улучшение акустических характеристик здания, повышение его пожарной и экологической безопасности (Jean-Baptiste Rieunier. «Low energy houses in Europe multi-comfort house concept». Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ»).

Мультикомфортный дом предоставляет большие возможности при проектировании зданий с учетом климатических условий, однако ничего фундаментально отличающегося от обычного строительства здесь нет. Реализация такого проекта требует увеличения капитальных затрат на строительство на 5-8%. Однако эти вложения окупаются экономией энергии и, следовательно, снижением эксплуатационных затрат и обеспечением комфортных условий проживания.

Понятие комфортных условий проживания включает:

- оптимальный для человека тепловой режим помещения (оптимальную температуру и влажность воздуха);
- оптимальный состав воздуха в помещении (наличие необходимого количества кислорода, отсутствие вредных для здоровья человека примесей);
- акустический комфорт и др.

Среди примеров реализации концепции есть жилые дома, общественные и производственные здания. Технические решения по мультикомфортному зданию адаптированы для различных климатических условий.

Тенденции современного строительства энергоэффективных зданий связаны с широким применением утеплителей наружных ограждающих конструкций, в основном это пенополистирол и минеральная вата. Пенополистирол занимает одно из лидирующих мест по объёму применения для теплоизоляции строительных конструкций как для наружной, так и для внутренней отделки помещений. Для достижения оптимальных условий эксплуатации наружную изоляцию защищают от атмосферных воздействий, армируя штукатуркой или вентилируемой облицовочной оболочкой. Широкое применение он нашёл и в качестве теплоизоляции межэтажных перекрытий, крыш и фундаментов, а также для организации несъёмной опалубки. энергоэффективность пенополистирола очень высока, но вместе с тем данный материал обладает рядом отрицательных свойств, к которым следует отнести недолговечность, пожароопасность и токсичность. При эксплуатации, хранении и рециклинге пенополистирол разрушается под действием внешних и внутренних факторов. Внутренними факторами являются процессы, связанные с естественной деструкцией полимера. Внешние факторы – это действие жидких агрессивных сред, а также атмосферные воздействия (колебания температуры и влажности) и старение (фото- и теплостарение).

При длительном воздействии этих факторов происходит изменение структуры материала и, как следствие, его физико-механических свойств. Естественная деструкция пенополистирольных пластиков накладывает дополнительное влияние на эти факторы. Свойства пенополистирола меняются от воздействия неконтролируемых случайных факторов. При проектировании новых и реконструкции существующих зданий теплоизоляция из пенополистирола практически не поддаётся точной оценке на долговечность и гарантированный срок службы. В настоящее время официально утверждённая методика определения долговечности пенополистирольных плит и ограждающих конструкций с его применением отсутствует.

В монографии С.В. Александровского «Долговечность наружных ограждающих конструкций» приводятся показатели долговечности трёхслойных стен с пенополистирольным утеплителем в г. Москве. Согласно материалам данной работы снижение прочности утеплителя на 20% в стенах северной ориентации происходит в течение 54 лет, а в стенах южной ориентации – за 32 года. Ю.Д. Ясин (НИИ Строительной Физики») в своей работе «Ресурс и старение материала» приводит такие сроки службы ограждающих конструкций:

- пенополистирол внутри стены – от 15 до 50 лет;
- минеральная вата – от 20-50 лет;
- стеклопакеты клеёные – 10-15 лет;

- панели из тяжёлого бетона с утеплителем внутри – 50 лет;
- однородные стены из пустотелого керамического кирпича – от 100 до 150 лет.

Строительная индустрия в России затрачивает огромные материальные, энергетические и трудовые ресурсы на производство утеплителей и строительство с его применением внутри кладки или панели, в результате чего возводятся объекты, надёжность и долговечность которых невозможно гарантировать более чем на 25 – 30 лет. Подобный подход не только не даёт энергоресурсоэффективности, а наоборот, приводит к необоснованному перерасходу энергии и ресурсов. Применение утеплителей снижает энергозатраты на отопление зданий, но повышает энергозатраты на производство работ по текущим и капитальным ремонтам зданий, требующих замены утеплителей несколько раз в течение периода эксплуатации зданий.

Ещё одним эффективным утеплителем является теплоизоляционные изделия на основе стекловолокна, которые производит один из мировых лидеров в производстве теплоизоляционных материалов компания ISOVER. На отечественном рынке представлены мягкие теплоизоляционные плиты марок ISOVER KL 34; ISOVER KL 37, применяемые в конструкциях скатных крыш, каркасных конструкциях, системах вентилируемых фасадов. Жесткие теплоизоляционные плиты марок ISOVER OL-TOP, ISOVER OL-P применяются в двухслойных конструкциях пло-

ских покрытий с рулонной кровлей. Плиты ISOVER ВентФасад-верх предназначены для наружного слоя в конструкциях навесных вентилируемых фасадов (НВФ). Эти материалы отвечают требованиям экологической и пожарной безопасности, характеризуются высокими теплоизоляционными и акустическими свойствами, эксплуатационной надежностью.

В соответствии с предлагаемой концепцией повышение теплотехнической эффективности здания достигается за счет увеличения толщины теплоизоляционного слоя, устранения тепловых мостов и снижения воздухопроницаемости (повышения воздухоплотности) конструкций. Для решения этих задач компанией ISOVER разработаны конструктивные решения и теплоизоляционные материалы со специальными свойствами. В конструктивном плане рекомендуются многослойные (двух- и более слойные) решения, которые за счет установки теплоизоляционных плит наружного слоя с перекрытием швов внутреннего слоя исключают образование тепловых мостов.

Этот принцип реализуется как в покрытиях (например, внутренний слой плиты ISOVER OL-P, наружный ISOVER OL-TOP), так и в стенах (вентфасады с применением плит ISOVER KL 34 в качестве внутреннего слоя и плит ISOVER ВентФасад-верх в качестве наружного).

Применение мягких минераловатных плит ISOVER KL 34 в качестве внутреннего слоя повышает сплошность теплоизоляционного слоя, снижает воздухопроницаемость конструкции за счет

плотного прилегания теплоизоляционного материала к изолируемой поверхности.

Оценивая возможность применения предложенной концепции в РФ, необходимо отметить следующее. Обозначенный уровень энергопотребления – 15 кВт-час/(м² год) реализуется в регионах с количеством ГСОП – 3400. В РФ к таким регионам относятся районы, расположенные в ЮФО южнее гг. Ростова-на-Дону (3523), Ставрополя (3209), Астрахани (3540), Элисты (3668) и др. В более северных районах энергопотребление таких зданий будет существенно выше. Техничко-экономическая эффективность этих домов в современных условиях определяется сравнительной стоимостью материалов и ТЭР, которые имеют конъюнктурный и изменяющийся во времени, преимущественно в сторону увеличения стоимости ТЭР, характер. Актуальность этой концепции для РФ возрастает в связи с увеличением доли малоэтажного и коттеджного строительства в общем объеме возводимых зданий. Уже сегодня в отечественной практике может быть использована значительная доля предлагаемых энергосберегающих технических решений по теплоизоляции стен.

6.2. Энергосберегающие фасадные системы

6.2.1. Навесные вентилируемые фасады

Навесной вентилируемый фасад представляет собой закрепленную на ограждающей стене конструкцию, состоящую из теплоизоляции, направляющих для крепления облицовки и самой

облицовки. Между теплоизоляцией и облицовкой имеется воздушный зазор.

Пожалуй, главное достоинство навесного фасада – надежная защита стен от осадков. И это при том, что в качестве облицовки используют материалы не только устойчивые к внешним воздействиям, но и красивые. Керамогранит, натуральный камень, композитные панели из алюминия или пластика, цементно-волокнистые плиты, тонированное стекло, — облицовка может выполняться из самых разнообразных материалов, но в любом случае у здания будет ультрасовременный дизайн. Стоит добавить, что керамогранит и натуральный камень долговечны, безремонтный срок службы фасада составляет до 50 лет.

Помимо защитно-декоративной функции, вентилируемый фасад выполняет и обеспечивает требуемое по современным строительным нормам утепление стены. Благодаря утеплителю, уложенному под облицовку, теплопотери через стену сокращаются в 2-3 раза, отчего заметно снижаются расходы на обогрев здания. Кроме того, теплоизолированные стены создают в помещении благоприятный для человека микроклимат. Важно отметить, что вентилируемый фасад – это система наружного утепления, которая предпочтительнее системы внутреннего утепления. Размещенная снаружи теплоизоляция позволяет сократить количество циклов замерзания - оттаивания несущей стены, увеличивая срок службы последней. К тому же в этом случае не уменьшается полезная площадь здания. Наконец, не требуется паро-

изоляция – обязательный атрибут систем внутреннего утепления: дело в том, что точка росы сдвигается из несущей стены в теплоизоляционный слой. Более того, конструкция вентфасада способствует выводу из стены водяного пара, неизбежно имеющегося внутри помещения и стремящегося из зоны тепла в зону холода – на улицу. Поскольку стена не отсыревает, ее тепловое сопротивление не уменьшается, не происходит образования плесени и грибков, которые в итоге могли бы привести к ее разрушению. При этом стоимость утеплителя составляет всего около 10% от стоимости конструкции фасада.

К достоинствам вентилируемых фасадов следует отнести возможность выравнивания стен, что довольно сложно сделать в случае штукатурных фасадов. Из-за отсутствия «мокрых» процессов, обязательных при штукатурных работах, вентилируемый фасад можно монтировать при минусовых температурах. Кроме того, в отличие от оштукатуренных фасадов, навесные не нужно будет со временем обновлять, таким образом, сокращаются расходы на эксплуатацию. При необходимости вентилируемый фасад удастся отремонтировать: облицовочные плиты легко снимаются и устанавливаются обратно. Возможны комбинированные решения фасада: вентилируемый и оштукатуренный на одной стене – для повышения архитектурной привлекательности постройки. Нередко вентфасад устраивается при реконструкции здания.

Несущая основа вентфасада – это элементы, обеспечивающие крепление облицовочного материала к стене. В составе подконструкции – кронштейны, вертикальные или горизонтальные направляющие, которые монтируются на кронштейны, а также комплектующие, при помощи которых крепится облицовочный материал. Кронштейны проходят сквозь утеплитель, от их длины зависит размер воздушного зазора. Кронштейны могут быть нерегулируемые и регулируемые. В первом случае это изделия фиксированного размера, во втором – состоящие из двух частей, скрепленных через пазовое соединение, позволяющее регулировать длину кронштейна. Материал кронштейнов и направляющих – алюминий, оцинкованная или нержавеющая сталь. Предпочтительнее изделия из нержавеющей стали, так как в сравнении с другими они обладают меньшей теплопроводностью, более высокими долговечностью и огнестойкостью.

Поскольку вентилируемый фасад призван беречь тепло, проблема уменьшения теплопотерь через него – одна из основных. Единственным мостиком холода в конструкции является кронштейн – он всегда металлический а металл обладает высокой теплопроводностью. В определенной степени промерзание кронштейна устраняется благодаря утеплителю, «надетому» на него. Кроме того, между стеной и кронштейном обязательно должна быть морозостойкая паранитовая прокладка – барьер на пути у холода. Наконец, для уменьшения теплопроводности кронштейн

может иметь перфорированную структуру (при этом его прочность сохраняется).

Между стеной и облицовочным материалом находится слой теплоизоляции, толщина которого определяется теплотехническим расчетом для конкретного здания. В расчете учитывается, в частности, материал несущей стены, предназначение здания и климатический регион, в котором оно находится. Обычно вентфасад утепляется в один слой – плитой требуемой толщины. Однослойное утепление позволяет экономить время и трудозатраты при монтаже. Плита крепится к стене не только кронштейнами, но и, как правило, двумя грибковыми дюбелями с металлическим либо углепластиковым сердечником. Допускается применение только специальных дюбелей, прочность и надежность которых подтверждена соответствующими испытаниями. Выбор дюбеля во многом зависит от материала несущей стены. Например, ячеистый бетон (пенобетон, газобетон) и пустотелый кирпич обладают относительно низкими плотностью и прочностью, поэтому требуют использования более надежного, и следовательно, дорогого крепежа.

Несмотря на то, что в вентфасаде плиты утеплителя не являются несущими, важна их прочность. Чем прочнее плиты, тем они удобнее в монтаже и надежнее в эксплуатации. В вентфасаде утеплитель находится в вертикальном положении, испытывая постоянные нагрузки от собственного веса. Недостаточная прочность приводит к тому, что у плит меняется геометрия (они

«сползают» и становятся тоньше), из-за чего сокращается срок службы утеплителя и увеличиваются теплопотери через вентфасад. Однако, обладая необходимой жесткостью, плиты должны быть эластичными, чтобы не допускать появления пустот и мостиков холода в местах стыков.

Стоит отметить еще одну важную деталь: в вентилируемом фасаде точка росы смещена из несущей стены в теплоизоляционный слой. К тому же утеплитель расположен снаружи, и на него может попадать атмосферная влага. Вместе с тем он не должен намокать, иначе ухудшатся его теплоизолирующие свойства. Решение проблемы предусмотрено, прежде всего, самой конструкцией навесного фасада. В зазоре между теплоизоляцией и облицовкой циркулирует воздушный поток, который создается за счет разности температур воздуха снаружи и внутри зазора. Разность температур приводит к разности давлений, и чем больше эта разность, тем выше скорость воздушного потока. Вместе с ним влага удаляется из утеплителя.

Среди требований к теплоизоляции — высокая паропроницаемость, необходимая для того, чтобы пар не задерживался в плитах. Утеплитель должен иметь низкое водопоглощение: если во время монтажа пошел дождь, вода должна не впитываться в плиту, а стекать с нее. В случае утеплителя с волокнистой структурой поток воздуха, циркулирующий в вентиляционном зазоре, может вырывать волокна из плиты. Во избежание этого плита должна быть достаточно прочной на отрыв слоев. В противном

случае плиты следует закрывать ветрозащитными мембранами с высокой паропроницающей способностью, которые фиксируются на стене тем же крепежом, что и утеплитель. Принципиальный момент: нужно использовать только качественные мембраны, поскольку их паропроницающая способность сохраняется на протяжении всего срока эксплуатации ветрофасада, а у дешевой ветрозащиты поры могут быстро забиться пылью и льдом.

Современные требования к стенам по сопротивлению теплопередаче невозможно выполнить без использования теплоизоляционных материалов. В этом контексте вентилируемый фасад – перспективное решение проблемы, поскольку он дает возможность утеплить здание эффективными материалами и вместе с тем надежно защитить стены от осадков, а также придать им неповторимый внешний вид.

6.2.2. Система штукатурных фасадов

Штукатурный фасад представляет собой конструкцию, состоящую из теплоизоляции, клея, пластиковых дюбелей, армирующей стеклосетки и тонкослойной штукатурки. Основную роль в этой системе играет теплоизоляция. Как правило, в штукатурных фасадах используются минераловатные плиты. Устройство штукатурного фасада выглядит следующим образом. На подготовленную поверхность несущей или самонесущей стены наносится специальный клей. На него, с использованием специальных пластиковых тарельчатых дюбелей, в один слой крепится тепло-

изоляционный материал, на который наносится армирующая стеклосетка с клеевым раствором. Уже по стеклосетке тонким слоем наносятся штукатурка, грунтовка и краска. Система очень проста. Попробуем разобраться, как работают материалы этой конструкции, какими свойствами обладает система в целом.

Основные преимущества такой конструкции – небольшой вес. Если конструкция крепится на клей и пластиковые дюбели к несущей или самонесущей стене, а основной элемент – теплоизоляция, то система должна быть легкой, чтобы выдерживать собственный вес. Следовательно, малый вес системы не будет нести дополнительную нагрузку на фундамент здания. Соответственно, в тех случаях, когда устройство штукатурного фасада закладывается в проект, легкость и простота системы позволяют изначально снизить затраты на строительство за счет снижения общего веса конструкций здания и уменьшения объемов земляных, бетонных и других работ. Особенно важным этот показатель становится при реконструкции зданий и сооружений. Даже минимальное увеличение веса конструкции, например, при восстановлении памятника старины, может иметь катастрофические последствия.

Теплоизоляционные материалы из минеральной ваты обладают крайне низкой теплопроводностью, менее 0,038. Плотное прилегание теплоизоляции к стене и прилегание других слоев «пирога» друг к другу значительно уменьшают возникновение мостиков холода, а значит «не выпускают» тепло из сооружения. Ведь именно через ограждающие конструкции теряется большая

часть тепла в традиционной для России слоистой кладке и даже в современных системах вентилируемых фасадов. Клей, армирующая сетка, шпатлевка и пластиковые дюбели тоже не обладают значительными теплопроводными свойствами. Следовательно, при применении теплоизоляции из минеральной ваты достигаются более высокие показатели энергоэффективности, обеспечивается требуемое сопротивление теплопередаче. Также плотное прилегание плит друг к другу позволяет свести к минимуму или даже исключить необходимость выравнивания поверхности под штукатурку.

Материал может укладываться на любую конструкцию фасада, что в сочетании с декоративными свойствами штукатурки снимает все ограничения для фантазии проектировщиков и архитекторов. Помимо декоративной функции (разнообразия расцветок и эффектов) штукатурка выполняет еще и защитную функцию — она предотвращает попадание влаги и ультрафиолетового излучения на теплоизоляционный слой.

При применении любой фасадной системы проектировщики, архитекторы и строители должны обращать внимание на показатель горючести материалов. Минеральная вата имеет самый низкий показатель горючести. Температура начала спекания волокон – более 1 000 °С. Еще один важный параметр – взаимодействие строительных материалов между собой. Ведь если в теплоизоляции, клее или армирующей стеклосетке содержится щелочь, то может произойти реакция, которая приведет к появлению пя-

тен на стенах возведенного или вновь отремонтированного здания. Более того, со временем щелочь может разъесть стеклосетку, что приведет к деформации системы. Очень важно, чтобы используемая теплоизоляция была химически нейтральна. При достижении этого параметра теплоизоляция отлично сочетается с кирпичом, бетоном, строительными растворами.

Прочность и долговечность конструкции также является важной в данной конструкции. Материалы должны отвечать высоким стандартам по двум показателям – прочность на отрыв слоев и прочность на сжатие. Эти показатели должны устанавливаться при проведении лабораторных испытаний, и только подтвержденные испытаниями материалы будут признаны качественными и смогут обеспечить защиту от порывов ветра и вандализма. При установке подобной системы «точка росы» сдвигается в теплоизоляционный слой, тем самым позволяя избежать промерзания стены и возникновения конденсата в помещении. При правильном устройстве и монтаже фасадной системы, когда каждый последующий слой более паропроницаем, утеплитель уложен в один слой и создает конструкцию требуемой толщины, показатели паропроницаемости очень высоки.

Естественно, что для сохранения теплоизолирующих свойств фасадная система должна быть сухой. Поэтому при выборе системы необходимо проверять показатели водопоглощения и не допускать намокания материала во время монтажа. Также система должна быть устойчива как к высоким температурам, так

и к перепадам температуры, когда происходит замерзание/оттаивание конструкции. Это необходимо для обеспечения прочности фасадной системы.

Легкость ремонта и восстановления – также важный показатель. Подобные системы выигрывают по этому показателю по сравнению со слоистой кладкой, так как теплоизоляция находится снаружи и ее легко можно демонтировать и заменить на новую. Более того, при применении систем штукатурных фасадов происходит комплексная экономия средств. Затраты на строительные материалы и проведение строительных работ по сравнению со слоистой кладкой и вентилируемыми фасадами значительно ниже. Еще одно полезное свойство: штукатурные фасады в 1,5–2 раза повышают показатели звукоизоляции капитальных стен. Штукатурные фасады применяются не только для восстановления или реновации зданий, но и при строительстве нового гражданского и промышленного строительства. Традиционной популярностью штукатурные фасады пользуются при возведении нового многоэтажного домостроения. Также в структуре потребления значительную долю занимают промышленные и коммерческие объекты. Активно развивается и частное коттеджное строительство с применением штукатурных фасадных систем. При выборе системы особое внимание уделяется соответствию нормативным требованиям для обеспечения требуемого энергосбережения, способности создавать оригинальную архитектуру и экономии средств.

6.3. Энергосберегающие полы

Теплый пол можно условно разделить на водяной и электрический. Принцип работы, за счет которого происходит нагревание поверхности, скрыт в самом названии. Широкий спектр применения получил электрический. Новейшие современные разработки фирм производителей в этом направлении позволяют применять любое напольное покрытие.

Современная пленка включает в себя лучевой обогрев, который работает на основе инфракрасных лучей. Проводниковые полосы расположены на расстоянии 13 миллиметров, что сводит к минимуму их потенциальный перегрев и делает обогрев безопасным для здоровья. Пленочные системы идеальны для помещений с деревянными полами или ламинатом. Часто преимущественное число фирм производителей выпускают в рулонном виде. Также его можно устанавливать под плитку. Его монтаж возможен, как на горизонтальной поверхности, так и на вертикальной.

Методика экономии электричества заложена в терморегулирующие элементы. Экономичность составляет около 40 % электрической энергии. К недостатку данных полов можно отнести невысокий срок службы (15 лет).

Инфракрасные напольные покрытия отличаются от традиционных миниматов и резистивных кабелей и имеют ряд преимуществ. Более чем 90% излучения энергосберегающего теплого пола дальнего инфракрасного диапазона (длина волны от 5 до

20 мкм) проходят сквозь напольное покрытие, нагревают не только помещение, но и предметы, и тело человека. Прогрев помещения получается равномерным не только благодаря излучению, но и благодаря вторичной конвекции нагретых предметов.

Температура помещения важна для того, чтобы создать благоприятную атмосферу, уют и особый микроклимат. Человек должен чувствовать себя комфортно. Температура, при которой человек ощущает себя хорошо при использовании инфракрасного излучения ниже на 4-5 градусов, чем при использовании традиционных источников обогрева помещения. Именно в диапазоне инфракрасного излучения происходит самое интенсивное поглощение тепла. Кроме этого, теплый пол повышает концентрацию отрицательно заряженных ионов в помещении в 4 раза, что гораздо эффективнее, чем многочисленные аналоги – различные генераторы, современные сложные системы.

Еще один плюс – это отсутствие шума, запаха, вибрации, пыли при работе инфракрасного теплого пола. Вредное электромагнитное излучение минимально исходит от таких систем.

Электрический инфракрасный теплый пол можно установить без клея и стяжек. Такой вид обогрева отлично подходит в тех помещениях, где произведен косметический ремонт, потому что можно быстро установить под плитку, к примеру, и сразу же начать им пользоваться. Во время эксплуатации экономит около 20% электроэнергии (энергосберегающий и гораздо выгоднее резистивных кабелей и мини-матов). Вы можете также использо-

вать программируемые терморегуляторы в процессе использования, которые еще сократят ваши затраты примерно на 25%.

Немаловажным плюсом установки является то, что термопленка подходит почти для всех напольных покрытий. Энергосберегающий теплый пол совместим со многими видами покрытий (например, с ламинатом, ковровином, линолеумом, всеми видами керамической плитки и керамогранита). Он уникален еще и тем, что под ковровин, ламинат и линолеум он укладывается без стяжки и клея (так называемый «сухой монтаж»).

6.4. Энергосберегающие окна

По подсчетам специалистов, через окна, доля площади которых на фасадах жилых домов составляет порядка 20%, все еще «утекает» значительное количество тепла, которое в общем балансе затрат на отопление здания составляет 30-40 и даже 50%.

Производители современных конструкций из ПВХ-профиля, стеклопластика, дерева, алюминия обеспечивают максимальную герметичность, тепло и звукоизоляцию за счет повышения коэффициента сопротивления теплопередаче профиля и оконной коробки. Однако большая часть окна – это стеклопакет.

Согласно требованиям московских городских строительных норм (МГСН) 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях», коэффициент сопротивления теплопередаче стеклопакета (R) должен быть не менее 0,54 м²°С/Вт. R обычного однокамерного стеклопакета – 0,32, двухкамерного – 0,44. Применение в однокамерных стекло-

пакетах специального теплозащитного низко эмиссионного К-стекла позволяет обеспечить сопротивление теплопередаче на уровне $R=0,55 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

В настоящее время разработаны специальные, высокоэффективные теплозащитные стеклопакеты, которые позволяют повысить коэффициент сопротивления теплопередаче до 2 и более.

По данным исследований отечественных учёных, типовая 5-тиэтажка, спроектированная в 60-е годы, при -20°C в случае аварии на теплосетях полностью промерзает за 8 часов. Если выполнить остекление такого дома с применением низко эмиссионного стекла, то дом простоит без тепла и не промерзнет 72 часа.

Это стекло со специальным покрытием: твердым или мягким. Твердое покрытие отличает стойкость к любым климатическим воздействиям, и наносится оно в процессе производства стекла так называемым пиролитическим способом или высокотемпературным пиролизом (раствор, который распыляется на стекло, выпаривается и на его поверхности остается прочное покрытие). Мягкое покрытие отличает меньшая стойкость к атмосферным воздействиям, оно наносится в вакуумных камерах методом напыления.

Стекла с мягким напылением устанавливаются только внутри стеклопакета, с твердым – как внутри, так и снаружи. Стекло с покрытием существенно меньше излучает тепла, чем обычное, этим и объясняются его теплосберегающие свойства. Стекла с мягкими покрытиями для строительства англичане начали делать

впервые в 70-е годы. Твердые покрытия появились в 90-е годы XX века. В России применение низкоэмиссионных стекол в строительстве насчитывает лишь 7-10 лет, мы начали выпускать стекла с мягкими покрытиями только в конце 90-х годов прошлого века.

Потери тепла могут происходить и за счет конвекционного переноса (до 15%), который тем больше, чем больше ширина внутренней воздушной камеры. Это происходит и в двухкамерных стеклопакетах, если расстояние между стеклами превышает 16 мм. Оптимальное соотношение: 4х16х4х16х4 (4мм толщина стекла, 16 мм - воздушная камера). Заполнение инертными газами (криптоном или аргоном) в сочетании с применением низкоэмиссионного стекла позволяет добиться высокой эффективности по теплосбережению. Сертифицированный стеклопакет – герметичная конструкция, он работает более 20 лет без утечки газа.

По оценке Московского научно-исследовательского института типового и экспериментального проектирования (МНИИ-ТЭП), существующий коэффициент сопротивления теплопередаче таких окон уже в самый ближайший период должен быть повышен до 0,8-1,0 м²°С /Вт, а в перспективе - до 1,5-2,0 м²°С/Вт. Этого можно добиться за счет применения в двухкамерном стеклопакете двух низкоэмиссионных стекол, теплоизолирующих дистанционных рамок и заполнения его инертными газами.

7. Инженерные методы обеспечения энергоэффективности зданий

7.1. Рекуперация тепловой энергии

На потребление тепловой энергии в здании оказывают воздействие следующие факторы:

- климат;
- теплоизоляционные характеристики здания;
- режим работы системы отопления и применение систем учета и регулирования;
- оснащение потребителей приборами учета теплоснабжения и отношение потребителей к режимам экономии.

Большинство систем отопления традиционно имеет качественное регулирование отпуска тепловой энергии (из центральной котельной) по температуре воды, подаваемой в теплосеть.

Настройка режимов работы нескольких потребителей значительно сложнее, чем одного дома. Необходимо настраивать последовательно дом за домом с последующей корректировкой режимов работы тепловых узлов. Каждый дом работает со своим перепадом давления между прямой и обратной линиями. При этом наблюдается ситуация, когда одни дома перегреваются (завышены размеры дроссельной диафрагмы перед отопительным узлом), а другим домам тепла не хватает. Учитывая жалобы жильцов плохо обогреваемых домов, система отопления работает большей частью в режиме «перетопа». «Перетоп» определяется тем, во сколько раз средняя температура теплоносителя в системе

отопления здания относительно температур в помещениях превышает проектную разницу для заданного значения температуры наружного воздуха.

Предполагается, что термическое сопротивление системы «радиатор отопления – помещение» незначительно зависит от разности температур.

Теплопритоки от системы отопления пропорциональны этой разнице. Излишние теплопритоки сбрасывается жильцами через форточки. Работает «естественный» способ регулирования отопления, что можно зафиксировать только при использовании тепловизоров или инфракрасных термометров.

При энергоаудите индивидуальных тепловых пунктов домов необходимо сравнить реальный расход теплоты с проектным и, используя современную аппаратуру (теплосчетчики с накладными датчиками без врезки в систему отопления), рекомендовать привести режим работы теплового узла в соответствие с проектными показателями, оценить перерасход тепла для дома. Дополнительные исследования с помощью тепловизоров и инфракрасных термометров позволяют выявить элементы конструкций зданий с низким качеством теплоизоляции. Проведение измерений теплопотребления домов микрорайона, подключенных к одному центральному тепловому пункту, позволит провести перерегулировку системы и оптимизировать систему распределения теплоты по домам. При этом необходимо рассмотреть возможность внедрения современных разработок для регулирования систем ото-

пления, учета расхода тепла и горячей воды и экономическую эффективность их применения.

При энергоаудите жилых и общественных зданий необходимо сравнить проектное потребление энергоресурсов (тепла на отопление и горячее водоснабжение, электрической энергии, газа, воды) с фактическим, определенным по климатологическим данным за анализируемый период, результатам входного коммерческого учета, приборного обследования теплового узла. Определяется соответствие фактического потребления энергоресурсов и температурных режимов в помещениях санитарным нормам и рекомендациям СНиП.

При проведении энергоаудита систем вентиляции необходимо сравнивать нормативные и фактические показатели потребления тепла и электрической энергии на привод системы.

При проведении энергоаудита делается поверочный расчет с учетом существующих условий (наличие вредных выбросов, тепловая нагрузка, влажность в помещении и др.) и их изменения в течение дня, недели и года. Проверяется наличие и возможность рекуперации тепловой энергии (теплоты вытяжного вентиляционного воздуха).

Анализируется возможность применения регулируемых электроприводов при переменном режиме эксплуатации.

При охлаждении или обогреве зданий с помощью воздушных систем отопления большие потери, соизмеримые с расчетным теплопотреблением на отопление здания, могут возникнуть

за счет инфильтрации наружного воздуха через неплотности ограждения зданий.

Традиционные решения для уменьшения потерь энергии в вентиляционных системах:

- Создание переходных камер на дверях (тамбуров).
- Установка автоматической системы включения воздушных завес при открытии дверных проемов.
- Уплотнение строительных ограждающих конструкций здания.
- Проверка герметичности вентиляционных воздуховодов (уменьшение расхода воздуха, тепла и потребляемой мощности электродвигателем привода вентилятора).
- Отключение вентиляции в ночные и нерабочие периоды.
- Широкое применение местной вентиляции.
- Применение систем частотного регулирования двигателей вентиляторов вместо регулирования заслонкой. Установка частотного регулятора имеет срок окупаемости до 1,5 - 2 лет при широком диапазоне регулирования расхода воздуха через вентиляционную систему и значительной доле времени работы с подачей 50% и менее от максимального рабочего значения.
- Уменьшение потерь давления вследствие снижения скорости воздуха в воздуховодах (при увеличении внутреннего диаметра воздуховода в два раза скорость воздуха снижается в четыре раза, а потери давления уменьшаются на 75%. Удвоение скорости потока воздуха в 4 раза увеличивает необходимое давле-

ние, создаваемое вентилятором, и в 8 раз потребляемую им мощность).

- Правильное согласование рабочих характеристик вентилятора с характеристикой вентиляционной системы при подборе передаточного отношения привода вентилятора.

- Своевременная очистка воздушных фильтров для уменьшения их гидравлического сопротивления.

- Организация рекуперации теплоты в количестве не менее 50% теплоты удаляемого воздуха.

6.2. Использование возобновляемых источников энергии. Тепловые насосы

Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамически тепловой насос аналогичен холодильной машине. Однако если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе наоборот. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель – теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии. В зависимости от принципа

работы тепловые насосы подразделяются на компрессионные и абсорбционные. Компрессионные тепловые насосы всегда приводятся в действие с помощью механической энергии (электроэнергии), в то время как абсорбционные тепловые насосы могут также использовать тепло в качестве источника энергии (с помощью электроэнергии или топлива).

В зависимости от источника отбора тепла тепловые насосы подразделяются на:

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

а) замкнутого типа:

- горизонтальные (коллектор размещается кольцами или извилисто в горизонтальных траншеях ниже глубины промерзания грунта (обычно от 1,20 м и более). Такой способ является наиболее экономически эффективным для жилых объектов при условии отсутствия дефицита земельной площади под контур);
- вертикальные (коллектор размещается вертикально в скважины глубиной до 200 м. Этот способ применяется в случаях, когда площадь земельного участка не позволяет разместить контур горизонтально или существует угроза повреждения ландшафта);
- водные (коллектор размещается извилисто либо кольцами в водоеме (озере, пруду, реке) ниже глубины промерзания. Это наиболее дешевый вариант, но есть требова-

ния по минимальной глубине и объёму воды в водоеме для конкретного региона);

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

2) Воздушные (источником отбора тепла является воздух).

3) Использующие производное (вторичное) тепло (например, тепло трубопровода центрального отопления). Подобный вариант является наиболее целесообразным для промышленных объектов, где есть источники паразитного тепла, которое требует утилизации.

По виду теплоносителя во входном и выходном контурах насосы делят на шесть типов: «грунт – вода», «вода – вода», «воздух – вода», «грунт – воздух», «вода – воздух», «воздух – воздух». **Отбор тепла от воздуха.** Эффективность и выбор определённого источника тепловой энергии сильно зависит от климатических условий, особенно, если источником отбора тепла является атмосферный воздух. Этот тип более известен в виде кондиционера. Для северных стран наиболее актуален именно обогрев зимой. Системы «воздух-воздух» используются и зимой при тем-

пературах до минус 25 градусов, некоторые модели продолжают работать до -40 градусов. Но их эффективность резко падает. При более сильных морозах нужно дополнительное отопление.

Отбор тепла от горной породы. Скальная порода требует бурения скважины на достаточную глубину (100 –200 метров) или нескольких таких скважин. В скважину опускается U-образный груз с двумя пластиковыми трубками, составляющими контур. Трубки заполняются антифризом. По экологическим соображениям это 30 % раствор этилового спирта. Скважина заполняется грунтовыми водами естественным путём, и вода проводит тепло от камня к теплоносителю. При недостаточной длине скважины или попытке получить от грунта сверхрасчётную мощность, эта вода и даже антифриз могут замёрзнуть что и ограничивает максимальную тепловую мощность таких систем. Именно температура возвращаемого антифриза и служит одним из показателей для схемы автоматике. Ориентировочно на 1 погонный метр скважины приходится 50-60 Вт тепловой мощности. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной около 170 м. Нецелесообразно бурить глубже 200 метров, дешевле сделать несколько скважин меньшей глубины через 10 – 20 метров друг от друга. Даже для маленького дома в 110 – 120 кв.м. при небольшом энергопотреблении срок окупаемости 10 – 15 лет. Почти все установки работают и летом, при этом тепло (солнечная энергия) отбирается из помещения и рассеивается в породе или грунтовых водах. В скандинавских стра-

нах со скальным грунтом гранит выполняет роль массивного радиатора, получающего тепло летом/днём и рассеивающего его обратно зимой/ночью. Также тепло постоянно приходит из недр Земли и от грунтовых вод. **Отбор тепла от грунта.** Самые эффективные, но и самые дорогие схемы предусматривают отбор тепла от грунта, чья температура не меняется в течение года уже на глубине нескольких метров, что делает установку практически независимой от погоды. По данным 2006 года в Швеции полмиллиона установок, в Финляндии 50 000, в Норвегии устанавливалось в год 70 000. При использовании в качестве источника тепла энергии грунта трубопровод, в котором циркулирует антифриз, зарывают в землю на 30-50 см ниже уровня промерзания грунта в данном регионе. На практике 0,7 – 1,2 метра. Минимальное рекомендуемое производителями расстояние между трубами коллектора – 1,5 метра, минимум – 1,2. Здесь не требуется бурение, но требуются более обширные земельные работы на большой площади, и трубопровод более подвержен риску повреждения. Эффективность такая же, как при отборе тепла из скважины. Специальной подготовки почвы не требуется. Но желательно использовать участок с влажным грунтом, если же он сухой, контур надо сделать длиннее. Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 м трубопровода: в глине – 50-60 Вт, в песке – 30-40 Вт для умеренных широт, на севере значения меньше. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходим земляной контур длиной 350 –

450 м, для укладки которого потребуется участок земли площадью около 400 м² (20x20 м). При правильном расчёте контур мало влияет на зелёные насаждения.

7.3. Приборы для учета расхода энергии. Компьютерное управление энергетическими системами здания.

«Умные дома»

Актуальность для российского рынка направления «Автоматизация зданий» трудно переоценить. Использование концепции «Интеллектуального здания» (ИЗ) позволяет за счет комплексной интеграции достигнуть экономии 10-15% по сравнению с отдельными системами. Потребление энергии, воды, газа, тепла сокращается приблизительно на 30%. Соответственно, снижаются выбросы в окружающую среду и затраты на их утилизацию. В свою очередь, применение современных энергосберегающих технологий позволяет снизить подводимые мощности и ресурсы, а значит, дает возможность применять более дешевые коммуникации. Так, например, подсчеты показывают, что даже при российских тарифах на электроэнергию установка системы вентиляции и кондиционирования с рекуперацией тепла в офисно – жилищном комплексе средних размеров позволяет экономить на электроэнергии до нескольких тысяч долларов в год. При этом, расходы на оборудование окупаются примерно через полгода. Стоимость эксплуатации «интеллектуального здания» на протяжении его жизненного цикла оказывается существенно ниже, чем при тра-

диционных решениях. Все эти факторы обеспечивают как высокую потребительскую привлекательность, так и инвестиционную, на чем стоит остановиться отдельно.

Вложения в «интеллектуальное здание» (ИЗ) по сравнению с традиционным оснащением зданий гораздо надежнее за счет того, что применение концепции «интеллектуального здания» делает более устойчивыми и долговечными все системы благодаря оптимизации связей между ними. Это, в свою очередь, снимает возможные конфликты между системами, увеличивает срок службы всего здания, снижая риск для инвесторов проекта.

Внедрение инновационных энергоэффективных технологий в строительстве и переоснащении зданий является одной из первоочередных задач Правительства. Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 г. определяет следующее направление развития: энергоэффективность зданий должна повышаться. А этого можно достичь с использованием современных систем автоматизации и диспетчеризации. Профессионалы с этим согласны: «наиболее эффективно экономить энергию не за счет повышения теплозащиты ограждающих конструкций, а за счет автоматизации и интеллектуализации систем теплопотребления и климатизации зданий, использования нетрадиционной энергетики и вторичных энергетических ресурсов».

Меняется и подход к проектированию зданий. Например, в распоряжении первого заместителя Мэра Москвы В.И.Ресина от 14 апреля 2010 г. № 25-РЗМ «О мерах по развитию энергосберегающих технологий на основе применения автоматизированных систем управления внутреннего освещения (АСУВО)» прямо указывается, что Москомархитектура не должна согласовывать и утверждать задания на проектирование типовых зданий и сооружений по городскому заказу, не предусматривающих разработку подраздела «Автоматизированные системы управления внутренним освещением (АСУВО)». А Москомэкспертиза не должна выдавать положительные заключения на проектную документацию по объектам, строящимся за счет средств бюджета города Москвы, без разработки подраздела «АСУВО» и без применения светодиодных домовых указателей в разделе «Электроосвещение». Вскоре подобные требования могут коснуться и других инженерных систем.

Современная строительная отрасль возрождается по всем направлениям. Растет интерес к современным техническим системам зданий и домов. Ожидается, что в 25% проектируемых и строящихся многофункциональных комплексах будут использованы технологии «интеллектуального здания». Также ожидается увеличение темпов роста в малоэтажном и загородном строительстве, затем последует развитие и основного сектора ЖКХ - многоквартирных домов.

Преимущества использования автоматизированных систем управления зданиями (АСУЗ) легко увидеть на примерах. Система видеонаблюдения повышает безопасность здания, как для бизнеса, так и для работников. Система защиты от протечек приводит к меньшему риску аварий. Автоматизация системы вентиляции и кондиционирования – к большему комфорту, особенно при неблагоприятных погодных условиях. Управление освещением позволяет экономить ресурсы. Каждая инженерная система отвечает за определенные функции и обеспечивает более эффективное использование всех коммуникаций здания. Объединение управления этими системами приведет к проявлению синергии - возрастанию эффективности деятельности в результате соединения, интеграции, слияния отдельных частей в единый комплекс за счет системного эффекта с одновременным повышением безопасности, улучшением комфорта и большим ресурсосбережением. Кроме этого, уменьшаются затраты на построение такой системы: она становится более мощной, а стоит меньше, чем десяток отдельных систем управления.

Стоимость внедрения АСУЗ начинается от 1% стоимости здания. Например, именно столько было «потрачено» на автоматизацию конькобежного центра в Крылатском для обеспечения основных инженерных систем Дворца системой управления и контроля, без которой он не смог бы функционировать на современном уровне. Оценить затраты помогает простая формула $100-10-1$, где 100 – это стоимость «коробки» в процентах, 10 - это стои-

мость систем инженерии и жизнеобеспечения, а 1- стоимость всей автоматики. Разумеется, это примерное соотношение, но оно позволяет понять простую закономерность, что при повышении в здании инженерной составляющей неизбежно следует предусмотреть дополнительные расходы на АСУЗ. Стоит заметить также, что уровень относительных затрат на автоматику уменьшается с увеличением площади здания или дома. Но отсюда не следует вывод, что АСУЗ целесообразны только для «интеллектуального здания». Все зависит от выбираемой заказчиком концепции.

Возврат инвестиций – самый важный момент при принятии решения об автоматизации здания. Для ответственных проектов, когда применение технологии «умного дома» обязательно, оценивать только окупаемость не всегда корректно. Во всех других случаях проводить расчеты необходимо в первую очередь. В настоящее время, с учетом стоимости ресурсов и рабочей силы средний срок окупаемости «умных» решений составляет 5-7 лет. Однако, есть предложения и на более короткие сроки, например, 1-3 года. Самым приемлемым для инвестора будет параметр эффективности вложений в процентах годовых, что позволит оценить, стоит ли вкладывать средства в «интеллектуальное здание» или можно обойтись строительством обычного здания. Для его расчета необходимо оценить всю сумму экономии энергоресурсов, трудозатрат персонала и комплектующих на обслуживание инженерных систем здания, которая обеспечивается АСУЗ при

эксплуатации за период, больший срока окупаемости, вычесть расходы на разработку и создание АСУЗ и привести к относительным процентам годовых, делением на количество лет и общую стоимость АСУЗ. Показатель 10-20% можно считать средним.

В недвижимости также важно быть в курсе актуальных трендов и следовать им. Так, например, тренд АСУЗ для частной недвижимости – поставка почти готовых решений «из коробки» и активное предложение комплексных решений эконом – класса. Ожидается существенный рост спроса на системы с локальной автоматикой для различных функций, удобных и выгодных пользователям. Развитию рынка будет способствовать и конкуренция. Европейские и китайские компании, понимая перспективность и емкость сегмента российского «умного» строительства, начинают свое активное продвижение. Причем, это в большей степени касается средних компаний, ведь крупные мировые производители уже давно представлены на отечественном рынке. Важно, что и российские компании предлагают свои новые разработки: инновационных пока не так много, но все они технически интересны и коммерчески перспективны не только для России и СНГ.

Можно считать современным трендом и повышение интереса к «зеленым» и энергоэффективным зданиям. В мире уже накоплен опыт строительства, сертификации и эксплуатации таких зданий. Очевидно, что только в комплексе с системами автоматизации и управления, такие проекты становятся целесообразными.

Российский опыт скромнее, но даже первые отечественные проекты привлекают повышенное внимание западных инвесторов. Строительство объектов для XXVII Всемирной летней Универсиады 2013 г. в г. Казани, XXII Олимпийских зимних игр 2014 г. в г. Сочи и Чемпионата Мира по Футболу 2018 г. также способствует внедрению экологичных и современных технических решений. В России уже действует Совет по экологическому строительству и ожидается разработка государственных нормативных документов, которые поддержат требования необходимости комплексного развития Hi-Tech-экологичного строительства.

Малоэтажное строительство при поддержке Фондов РЖС и Содействия реформированию ЖКХ получило пилотные проекты умных домов в целом ряде регионов. В Казани, Ростовской и Челябинской областях, Барнауле, Белгороде, Якутске, Томске, Уфе, Калуге такие дома уже приняты в эксплуатацию. В Москве, Санкт-Петербурге, Тюмени они строятся. Все эти проекты должны не только подтвердить правильность выбранных решений, но и придать новый импульс развитию отрасли в целом. Интересно отметить, что большая часть инновационного оборудования, используемого в этих проектах, отечественного производства.

А ведь практически все зарубежные мировые производители, такие как Beckhoff, Delta Controls, Johnson Controls, LG Electronics, Sauter, Siemens, Wago и многие другие, не только хорошо представлены, но и сами интересуются российским рынком автоматизации зданий. Крупнейшие интеграторы и инжинирин-

говые компании, такие как Армо-групп, Крок, Унисервис, Эдванс, готовы к решению сложнейших проектов с применением оборудования практически любого бренда. Стоит заметить, что за последнее время практический интерес к автоматизации зданий существенно повысился не только в Москве и Санкт-Петербурге, но и в регионах. Это значит, что меняются требования заказчиков, а главное растет их понимание перспективности вложений и необходимости строить на самом современном уровне, чтобы соответствовать запросам рынка. Возникает практическая необходимость, в первую очередь, в ограничении подводимых мощностей и потребления электричества, в экономии ресурсов: на освещение, отопление, в комплексном применении тепловых насосов и солнечных батарей в самых разных зданиях. На смену подходу «умный дом – дорогая игрушка» приходит понимание, особенно средним классом домовладельцев, целесообразности и реальности внедрения систем АСУЗ под их конкретные требования, включая и доступные по стоимости решения.

8. Установка приборов учёта энергоресурсов в зданиях

8.1. Приборы учёта тепловой энергии

Производимые, передаваемые, потребляемые энергетические ресурсы подлежат обязательному учету с применением приборов учета используемых энергетических ресурсов. Собственники зданий, строений, сооружений, собственники помещений в многоквартирных домах обязаны обеспечивать соответствие зда-

ний, строений, сооружений, многоквартирных домов установленным требованиям энергетической эффективности и требованиям их оснащённости приборами учета используемых энергетических ресурсов. Требования к характеристикам приборов учета используемых энергетических ресурсов определяются в соответствии с законодательством Российской Федерации. Требования настоящей статьи в части организации учета используемых энергетических ресурсов не распространяются на ветхие, аварийные объекты, объекты, подлежащие сносу или капитальному ремонту до 1 января 2013 года, а также объекты, мощность потребления электрической энергии которых составляет менее чем пять киловатт (в отношении организации учета используемой электрической энергии) или максимальный объем потребления тепловой энергии которых составляет менее чем две десятых гигакалории в час (в отношении организации учета используемой тепловой энергии).

До 1 января 2012 года собственники жилых домов, собственники помещений в многоквартирных домах, введенных в эксплуатацию на день вступления в силу федерального закона № 261-ФЗ, обязаны обеспечить оснащение таких домов приборами учета используемых воды, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, а также ввод установленных приборов учета в эксплуатацию. При этом многоквартирные дома в указанный срок должны быть оснащены коллективными (общедомовыми) приборами учета используемых воды, тепловой энергии,

электрической энергии, а также индивидуальными и общими (для коммунальной квартиры) приборами учета используемых воды, природного газа, электрической энергии.

Индивидуальный (поквартирный) учёт и регулирование тепла в жилых зданиях осуществляется при помощи установки специального оборудования на вводе в здание (общедомовые счётчики, система автоматического регулирования системы отопления) и в каждом жилом помещении (индивидуальные приборы учёта тепла, термостатические регуляторы на комнатных радиаторах).

Поквартирный учёт потреблённого тепла и возможность регулирования получаемого тепла предоставляет ряд плюсов для владельца жилого помещения:

- самостоятельный выбор температурного режима в помещении;
- существенная экономия тепла и, соответственно, денежных средств за счёт оплаты только фактически потреблённого тепла.

Необходимо отметить следующее: если у жильцов установить только термостатические регуляторы, а платить они будут, как и ранее, по нормативам, то у них не будет стимула бережного отношения к энергоресурсам. Соответственно, экономия тепла не будет достигаться в полной степени, а оплата за отопление не изменится. В случае, если установить только приборы учета, то при первом расчете оплаты – возможно некоторое снижение денеж-

ных расходов. Однако экономия тепла в целом будет отсутствовать, а жильцы в дальнейшем не смогут влиять на оплату. Так, только комплексная установка индивидуальных приборов учета тепла и термостатические регуляторы на комнатных радиаторах обеспечит достижение целей экономии энергоресурса и денежных средств жильцов.

Благодаря указанным возможностям, достигается снижение экономической, финансовой и социальной нагрузок в жилищно-коммунальном хозяйстве. По опыту европейских стран и ряда проектов, реализованных в России, экономия тепла от комплекса мероприятий по установке системы индивидуального учёта и регулирования, составляет 20-35%. Счета за оплату тепла жильцами также снижаются. При этом процент снижения коммунальных платежей превышает полученный процент экономии за счет того, что установленные нормативы потребления тепла почти везде завышены. В среднем счета за оплату снижаются на 25-55%, при этом у некоторой части жильцов возвраты достигают 70%.

Остановимся подробнее на существующих видах индивидуальных приборов учета тепла: индивидуальные теплосчетчики и радиаторные распределители тепла. У каждого вида есть свои достоинства и недостатки.

Теплосчётчики измеряют непосредственно количество тепла, отданное теплоносителем, поэтому можно сразу же решить проблему поквартирного учета, если оборудовать квартиру теплосчетчиками. Однако при установке теплосчетчика на ввод ото-

пления в квартире, расход теплоносителя и разность температур на входящей и выходящей трубах будут очень малы. Ко всему прочему, существующие индивидуальные теплосчетчики дают большие погрешности измерения. В случае если в квартире несколько вводов отопления, то нужно либо ставить теплосчетчик на каждый стояк, либо менять разводку системы отопления. Оба варианта очень дороги и вряд ли окупятся за счет экономии. Поэтому устанавливать приборы учёта тепла имеет смысл только в тех домах, в которых уже при строительстве была заложена поквартирная разводка системы отопления.

Учитывая, что жилищная организация должна платить поставщику тепла по показаниям общедомового счетчика, жилец в свою очередь не должен оплачивать отопление только по показаниям своего счетчика. Поэтому оплаченную сумму нужно распределять между жильцами в зависимости от показаний квартирных счетчиков. Именно таким способом можно избегаются расхождения между суммой оплат всех жильцов и той суммой, которую требует поставщик тепла.

В Европе допускается проводить распределение общей суммы по показаниям квартирных счетчиков один раз в год. Так, в течение всего года жильцы каждый месяц вносят фиксированные предоплаты (аналогичная система действует в случае оплаты за водоснабжение).

Во многих регионах России в настоящее время ведется установка индивидуальных приборов учёта тепла. Однако жилищ-

ные организации столкнулись со следующей проблемой: в домах со счетчиками сумма оплат жильцов не совпадает со стоимостью воды или тепла, отпущенной поставщиком. Выход из ситуации видится в подробном разъяснении жильцам необходимости оплачивать не свое личное потребление по счетчику, а свою часть общего домового потребления. Эта часть будет тем меньше, чем меньше показания квартирного счетчика, но все равно это будет не просто оплата по счетчику, а пропорциональная доля от показаний общедомового прибора учета. На уровне местных администраций должно произойти официальное утверждение такой схемы оплаты.

Радиаторные распределители тепла в России пока менее известны и особой популярностью не пользуются. В Европе они массово применяются, начиная с 70-х годов, и количество установленных приборов исчисляется десятками миллионов. Несмотря на длительный опыт применения распределителей тепла, в России эти приборы не производятся.

Принцип работы распределителей заключается в измерении и суммировании разностей температур поверхности радиатора и воздуха в комнате. В итоге показания приборов соответствуют количеству тепла, отданному радиатором за прошедший период, измеренному в условных единицах.

Распределитель стоит гораздо меньше теплосчетчика (примерно в 10 раз). Они просты в монтаже и легко устанавливаются на любые типы отопительных приборов, соответственно, подой-

дут ко всем системам отопления. Вследствие чего, стоимость комплекта приборов на квартиру является приемлемой даже при наличии в квартире нескольких стояков. Такие приборы подходят для любых систем отопления. Таким образом, оплата за отопление по показаниям распределителей представляет собой разделение общей суммы, оплаченной поставщику тепла, между отдельными квартирами пропорционально показаниям радиаторных распределителей. При этом жильцы ежемесячно в течение года вносят платежи по фиксированным предварительным ставкам, а расчет с поставщиком производится по показаниям общедомового счетчика. В конце года снимаются показания в квартирах, затем общая сумма по этим показаниям распределяется, и для каждого жильца выводится баланс между суммой платежей по предварительным ставкам и его расчетной оплатой. Полученная сумма к возврату или к доплате идет в зачёт оплат за отопление на следующий год.

Стоит отметить, что схема оплаты по квартирным счетчикам требует точно такого же перерасчета оплат в конце года. Основное различие состоит в том, что показания распределителя тепла при перерасчете нужно обязательно умножать на радиаторный коэффициент, соответствующий данному типу и размеру отопительного прибора.

Распределитель, измеряя температуру поверхности радиатора в одной определенной точке, независимо от его размеров, будет показывать одну и ту же температуру. Несмотря на то, что

более крупный отопительный прибор при равной температуре отдаст больше тепла, показания распределителей в комнате будут одинаковыми. Выходом из такой ситуации служит радиаторный коэффициент.

Все фирмы-производители радиаторных распределителей должны иметь таблицы таких коэффициентов для своих приборов на все типы радиаторов. Измерение коэффициентов производится в сертификационных лабораториях, с которыми сотрудничают фирмы-производители. Обычно таблицы радиаторных коэффициентов включены в компьютерные программы, которые предназначены для перерасчета оплат, где коэффициенты автоматически учитываются при расчете. Таким образом, при наличии любого типа приборов индивидуального учета тепла, оплаты за отопление ставятся в зависимость от фактического потребления тепла в квартирах.

Однако жильцы сами могут влиять на потребление тепла. Для этого необходимо установить **термостатические регуляторы**. На многих моделях на рукоятку терморегулятора нанесена шкала, где каждое деление соответствует определенной температуре в помещении. Жилец устанавливает шкалу на нужную температуру, и регулятор при помощи клапана автоматически увеличивает или уменьшает поток через радиатор до тех пор, пока воздух в комнате не нагреется (или не остынет) до установленной температуры. Чем холоднее радиатор, тем медленнее накапливаются показания распределителя тепла. Вследствие чего, доля оп-

латы жилья за отопление уменьшается. При расчете экономической эффективности в стоимости оборудования следует учитывать цену обоих компонент: приборов регулирования и приборов учета. К тому же, установленное оборудование для центрального регулирования системы отопления в индивидуальном тепловом пункте будет способствовать более эффективной работе системы. Это обеспечит надежную подачу теплоносителя в квартиры в независимости от погодных условий и защитит систему от незапланированных скачков температуры и давления.

8.2. Приборы учёта холодной и горячей воды

Обязанность по установке индивидуальных и общедомовых приборов учета энергоресурсов возложена на собственников помещений в многоквартирных домах и собственников жилых домов. Процедура установки занимает около месяца. В связи с этим сроки оснащённости общедомовыми приборами учета тепла, воды и электричества продлены до 1 июля 2013 года, а установка общедомовых приборов счетчиков газа продлена до 1 января 2015 года.

Счётчик воды (водосчётчик) – прибор учёта, предназначенный для измерения количества объёма проходящего по водопроводу за единицу времени (расход воды). Чаще всего объём воды измеряют в кубических метрах – м³. Принцип работы водосчетчиков (механических, тахометрических) состоит в подсчете количества вращений крыльчатки, находящейся внутри счетчика, и

вращающейся под давлением потока воды. Механизм счетчиков, отвечающих за точность показаний, расположен в отдельной части, которая изолирована от попадания в него воды.

Водосчетчики **по принципу действия** можно разделить на **тахометрические** (в основе работы лежит помещенная в поток жидкости турбинка или крыльчатка, которая связана со счетным механизмом), **вихревые, ультразвуковые, электромагнитные** (используются в промышленности) – отличаются от тахометрических наличием электронных устройств и отсутствием подвижных частей. По конструктивному исполнению они подразделяются на отдельные и компактные. По количеству обслуживаемых трубопроводов счетчики воды делятся на **одноканальные, двухканальные и многоканальные**.

Стандартные приборы учёта холодной воды работают при температуре 40 °С, приборы учёта горячей воды при температуре до 90 °С, уровень давления воды в них равен 1 МПа. Водосчетчики используются с целью учёта количества расхода воды в квартирах и на предприятиях. Соответственно в зависимости от мощности систем отопления и водоснабжения счетчики бывают индивидуальные и промышленные. Водосчетчики исправно показывают точные показания при температуре до 60 °С и относительной влажности воздуха до 98%.

Одноструйные. Это сухоходный одноструйный счетчик воды, принцип работы которого основан на измерении числа оборотов крыльчатки, вращающейся под действием единого потока

воды в трубопроводе. Вращение крыльчатки передается на счётный механизм посредством магнитных муфт. Счетный механизм сухоходного счетчика защищен от воздействия воды, что обеспечивает долговременную стабильность измерений.

Достоинства:

- конструкция прибора обеспечивает защиту от внешнего магнитного поля (антимагнитная защита счетчика воды);
- все приборы могут быть оснащены импульсным выходом, что обеспечивает возможность дистанционного считывания показаний (модуль импульсного выхода устанавливается внутрь корпуса счетчика воды).

Многоструйные. Данные счетчики отличаются от одноструйных тем, что поток воды перед попаданием на лопасть крыльчатки делится на несколько струй. Благодаря этому значительно снижается погрешность турбулентности потока.

Достоинства:

- минимальные трудозатраты демонтажа и монтажа при проведении периодических поверок (поверке подлежит только верхняя легкоъемная часть счетчика воды);
- через дополнительные переходные втулки лицевая панель счетчика устанавливается на уровень декоративной поверхности (переходные втулки различных размеров);

- все счетчики воды могут быть оснащены импульсным выходом, что обеспечивает возможность дистанционного считывания показаний (модуль импульсного выхода устанавливается внутрь корпуса счетчика воды).

Вентильные. Принцип работы данного сухоходного счетчика аналогичен вышеописанным приборам: поток воды по специальному каналу поступает в расходомерную камеру и отводится далее в систему водоснабжения. Конструкцией прибора предусмотрена возможность установки вентиля внутри счетчика, что позволяет отключать воду. По этой функции счетчик получил название «вентильный».

Достоинства:

- при монтаже не требуется проведения сложных и дорогостоящих работ;
- индикаторную часть прибора можно повернуть на 360° (в трёх плоскостях) для удобства считывания показаний;
- все приборы могут быть оснащены импульсным выходом, что обеспечивает возможность дистанционного считывания показаний (модуль импульсного выхода устанавливается внутрь корпуса прибора).

Турбинные (счётчики Вольтманна). Механические счетчики для измерения потребления холодной или горячей воды начиная с диаметра 50 мм для систем водоснабжения различного типа, систем автоматического контроля, регулирования и управле-

ния технологическими процессами и других сферах деятельности, требующих учёта потребляемой воды. Устанавливаются на входах систем водоснабжения промышленных предприятий, многоэтажных домов и в системе водоканалов. Впервые данные счётчики были запущены в производство в 1862 году, используя принцип Вольтманна.

8.3. Приборы учёта газа

Счётчик газа (газовый счётчик) – прибор учёта, предназначенный для измерения количества (чаще – объёма, реже – массы) прошедшего по газопроводу газа. Соответственно, количество газа, как правило, измеряют в кубических метрах (м^3), редко – в единицах массы, килограммах или тоннах (в основном – технологических газов).

Приборы, позволяющие измерять или вычислять проходящее количество газа за единицу времени (расход газа), называются расходомерами или расходомерами-счётчиками. Чаще всего расход газа измеряют в кубических метрах в час ($\text{м}^3/\text{ч}$). Счётчики газа с несколько худшими точностными характеристиками, предназначенные для технологического или внутрихозяйственного учёта и не применяемые для коммерческого учёта, часто называют квантометрами (калька с англ. *Quantometers*).

Методы измерения объема и расхода газа.

Прямой метод измерения объема. В этом случае одна или чаще несколько измерительных камер известного объема попе-

ременно заполняются проходящим потоком газа со стороны входа и опорожняются на выход. Прошедший через устройство объем газа пропорционален количеству циклов наполнения-опорожнения. Данный метод используется в барабанных, мембранных (камерных), ротационных счетчиках газа. Расход газа вычисляется дифференцированием объема по времени.

Косвенный метод измерения объема. В этом случае измеряется расход газа через прибор, путем измерения, например, скорости потока газа через известную площадь сечения. Для измерения скорости потока применяются как механические устройства (различные крыльчатки, турбинки и т. п.), так и иные способы. Например, измерение скорости потока с помощью ультразвука, термоанемометра, детектирования вихрей на теле обтекания, измерения перепада давления на сужающем устройстве, измерения скоростного напора потока газа и т. д.

Для корректного применения данного метода необходимо в зоне измерения выравнивать скорость потока газа по его сечению и направлению, для чего применяются различные устройства подготовки потока (струевыпрямители, конденсаторы потока, турбулизаторы), как в виде отдельных устройств, так и как составная часть самих приборов. Для снижения погрешности различие скоростей потока газа по сечению (эпюра скоростей), например, из-за торможения слоев газа у стенок, может учитываться прибором при вычислении расхода газа по скорости его потока.

Объем прошедшего через сечение прибора газа вычисляется интегрированием расхода по времени.

Классификация счётчиков газа по принципу действия.

Барабанный. Используется в основном в лабораторных целях в качестве образцовых средств измерения. Барабан (вроде револьверного принципа), секция которого заполняется газом, вращается под его давлением и опорожняется дойдя до выхода. Число оборотов барабана пропорционально объему газа, прошедшего через счетчик. Вращение барабана через механическую передачу передается на счетное устройство (циферблат). Диапазоны измерения, в зависимости от типоразмеров, от единиц л/ч до 10...20 м³/ч. Характеризуются высокой точностью измерения, основная погрешность до 0,15...0,2 %.

Вихревой. Используется подсчет периодичности возникновения вихрей вокруг обтекаемого потоком газа тела, частота которых пропорциональна скорости потока. Для детектирования вихрей используются пьезоэлектрические или термоанемометрические датчики-детекторы. Применяются приборы с диаметрами проточной части от 15...27 до 300 мм, максимальным расходом $Q_{\text{макс}}$ от 50...70 до 12 000 м³/ч и диапазоном измерения от 1:10 до 1:60 (при давлении среды, близком к атмосферному. С увеличением давления среды максимальный расход и диапазон измерения увеличиваются практически прямо пропорционально давлению. Объем газа вычисляется интегрированием объемного расхода по времени.

Левитационный. Используется принцип тахометра на газовых подшипниках.

Мембранный (камерный, диафрагменный). Самый распространённый тип счетчика газа. Первый патент на прибор такого типа был получен в Англии в 1844 году. Счетчик механического типа. Принцип действия основан на перемещении подвижных мембран камер при поступлении газа в прибор. Впуск и выпуск газа вызывает попеременное перемещение мембран и через комплекс рычагов и редуктор приводит в действие счётный механизм. Счётчики этого типа применяются для максимальных расходов газа.

Ротационный. Счетчик механического типа. Два ротора располагаются в измерительной камере поперек потока газа. При поступлении газа на вход счетчика оба ротора под его напором приходят во вращение. Форма роторов (в сечении напоминающая цифру 8) и сечение измерительной камеры рассчитывается таким образом, чтобы при вращении ротор одним концом описывал профиль поверхности стенки измерительной камеры, а другим концом описывал профиль поверхности второго, вращающегося навстречу ротора. В начальном положении ротора располагаются под углом 90° друг к другу, это взаимное положение фиксируется двумя колесами-синхронизаторами, установленными на осях роторов. Эти же колеса обеспечивают строго синхронное вращение роторов. При вращении оба ротора попеременно отсекают определенный объем газа (порцию), заключенный между ротором и

стенкой измерительной камеры и перепускают его на выход счетчика. Объем прошедшего через счетчик газа пропорционален количеству порций и, соответственно, пропорционален числу оборотов роторов. Вращение ротора с его оси через механическую передачу (редуктор, магнитная муфта, система шестерен) передается на счетный механизм, в котором происходит накопление количества прошедшего газа.

Турбинный. Счетчик механического типа. Конструктивно представляет собой отрезок трубы, в проточной части которого последовательно по потоку расположена турбина с валом и подшипниковыми опорами вращения. Газ, проходящий через измерительную камеру счетчика, вращает турбину, скорость вращения которой пропорциональна скорости потока и, соответственно, расходу газа. Вращение турбины через механическую передачу (червяк, редуктор, магнитная муфта, система шестерен) передается на счетный механизм, на котором механически интегрируется по времени и накапливается объём прошедшего газа.

8.4. Приборы учёта электрической энергии.

Счётчик электрической энергии (электрический счётчик) – прибор для измерения расхода электроэнергии переменного или постоянного тока (обычно в кВт•ч или А•ч).

Для учёта активной и реактивной электроэнергии переменного тока служат индукционные одно- и трёхфазные приборы, для учёта расхода электроэнергии постоянного тока (электриче-

ский транспорт, электрифицированная железная дорога) – электродинамические счётчики. Число оборотов подвижной части прибора, пропорциональное количеству электроэнергии, регистрируется счётным механизмом.

В электрическом счётчике индукционной системы подвижная часть (алюминиевый диск) вращается во время потребления электроэнергии, расход которой определяется по показаниям счётного механизма. Диск вращается за счёт вихревых токов, наводимых в нём магнитным полем катушки счётчика, — магнитное поле вихревых токов взаимодействует с магнитным полем катушки счётчика.

В электрическом счётчике электронного типа переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии.

Счётчики электроэнергии можно классифицировать по типу измеряемых величин, типу подключения и по типу конструкции.

По типу подключения все счётчики разделяют на приборы прямого включения в силовую цепь и приборы трансформаторного включения, подключаемые к силовой цепи через специальные измерительные трансформаторы.

По измеряемым величинам электросчётчики разделяют на однофазные (измерение переменного тока 220 В, 50 Гц) и трехфазные (380 В, 50 Гц). Все современные электронные трехфазные счётчики поддерживают однофазный учёт.

Также существуют трехфазные счетчики для измерения тока напряжением в 100 В, которые применяются только с трансформаторами тока в высоковольтных (напряжением выше 660 В) цепях.

По конструкции счётчики подразделяются на: **индукционный** (электромеханический электросчетчик) – электросчетчик, в котором магнитное поле неподвижных токопроводящих катушек влияет на подвижный элемент из проводящего материала. Подвижный элемент представляет собой диск, по которому протекают токи, индуцированные магнитным полем катушек. Количество оборотов диска в этом случае прямо пропорционально потребленной электроэнергии.

Индукционные (механические) счётчики электроэнергии постоянно вытесняются с рынка электронными счетчиками из-за отдельных недостатков: отсутствие дистанционного автоматического снятия показаний, однотарифность, погрешности учёта, плохая защита от краж электроэнергии, а также низкой функциональности, неудобства в установке и эксплуатации по сравнению с современными электронными приборами. Индукционные счетчики хорошо подходят для квартир с низким энергопотреблением.

Электронным (статическим электросчетчиком) называется электросчетчик, в котором переменный ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеря-

мой активной энергии. То есть измерения активной энергии такими электросчетчиками основаны на преобразовании аналоговых входных сигналов тока и напряжения в счетный импульс. Измерительный элемент электронного электросчетчика служит для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой активной энергии. Счетный механизм представляет собой электромеханическое (имеет преимущество в областях с холодным климатом, при условии установки прибора на улице) или электронное устройство, содержащее как запоминающее устройство, так и дисплей. Электронные счетчики хорошо подходят для квартир с высоким энергопотреблением и для предприятий.

Основными достоинствами электронных электросчетчиков является возможность учёта электроэнергии по дифференцированным тарифам (одно-, двух- и более тарифный), то есть возможность запоминать и показывать количество использованной электроэнергии в зависимости от запрограммированных периодов времени, многотарифный учёт достигается за счет набора счетных механизмов, каждый из которых работает в установленные интервалы времени, соответствующие различным тарифам. Электронные электросчетчики имеют большой межповерочный период (4-16 лет).

Гибридные счётчики электроэнергии — редко используемый промежуточный вариант с цифровым интерфейсом, измери-

тельной частью индукционного или электронного типа, механическим вычислительным устройством.

9. Энергетический аудит зданий

9.1. Цели и задачи энергетического аудита зданий.

Основные этапы энергетического аудита

Энергетическое обследование – сбор и обработка достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявление возможностей энергосбережения и повышение энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте.

Энергетическое обследование проводится в добровольном порядке, за исключением случаев, предусмотренных Федеральным законом от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ. Энергетическое обследование может проводиться в отношении продукции, технологического процесса, а также юридического лица, индивидуального предпринимателя. Проведение энергетического обследования является обязательным для следующих лиц:

- 1) органы государственной власти, органы местного самоуправления, наделенные правами юридических лиц;
- 2) организации с участием государства или муниципального образования;
- 3) организации, осуществляющие регулируемые виды деятельности;

4) организации, осуществляющие производство и (или) транспортировку воды, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии; добычу природного газа, нефти, угля; производство нефтепродуктов; переработку природного газа, нефти; транспортировку нефти, нефтепродуктов;

5) организации, совокупные затраты которых на потребление природного газа, дизельного и иного топлива, мазута, тепловой энергии, угля, электрической энергии превышают десять миллионов рублей за календарный год;

6) организации, проводящие мероприятия в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, финансируемые полностью или частично за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов.

Основными целями энергетического обследования являются:

- получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;
- определение показателей энергетической эффективности;
- определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- разработка перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

По соглашению между лицом, заказавшим проведение энергетического обследования, и лицом, проводящим энергетическое обследование, может предусматриваться разработка по результатам энергетического обследования отчета, содержащего перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, отличных от типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Энергетическое обследование и реализованная на его основе Программа повышения энергетической эффективности объекта обеспечивает:

- повышение надежности энергоснабжения;
- повышение надежности и безопасности энергоустановок;
- повышение эффективности энергоиспользования;
- оптимизация энергетических издержек по организационно-экономическим причинам.

Энергетическое обследование (энергоаудит) – основа энергосбережения. При проведении данных работ должна учитываться специфика решаемых задач, предлагаемых решений, расчетов нормативных показателей, ТЭО внедрения энергосберегающих мероприятий, оформления и согласования отчетной документации. То есть энергетическое обследование – это специфический вид работ, который может выполнять специализированная орга-

низация, имеющая подготовленных специалистов, соответствующие методики, приборный парк и опыт работы в энергетике.

В соответствии с требованиями Федерального Закона от 23.11.2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» деятельность по проведению энергетического обследования вправе осуществлять только лица, являющиеся членами саморегулируемых организаций (СРО) в области энергетического обследования. СРО формируются на основе некоммерческих партнерств, из энергоаудиторских фирм и/или физических лиц, при условии их соответствия следующим требованиям:

- объединение в качестве членов не менее чем двадцати пяти субъектов предпринимательской деятельности;

- наличие утвержденных документов: порядка приема в члены СРО и прекращения членства, стандартов и правил, регламентирующих порядок проведения энергетических обследований, перечня мер дисциплинарного воздействия, стандартов раскрытия информации о деятельности СРО и о деятельности ее членов;

- наличие компенсационного фонда, образованного за счет взносов членов СРО в области энергетического обследования.

При проведении энергетического обследования проводится анализ состояния систем электроснабжения, теплоснабжения, водообеспечения, технического парка и пр. предприятия (объекта),

оценка состояния систем и средств (приборов) учета энергоносителей и их соответствие установленным требованиям, выявление необоснованных потерь, оценка состояния системы нормирования энергопотребления и использования энергоносителей, проверка энергетических балансов предприятия (объекта), расчет удельных энергозатрат на выпускаемую продукцию (или виды работ), оценка целесообразности основных энергосберегающих мероприятий, реализуемых предприятием, формирование Энергетического паспорта предприятия.

Энергетическое обследование проводится поэтапно, и может включать следующие этапы:

- Подготовительный этап;
- Документальное энергетическое обследование;
- Инструментальное энергетическое обследование;
- Оформление результатов энергетического обследования;
- Согласование результатов энергетического обследования.

По результатам обязательного обследования или добровольного энергетического обследования составляется Энергетический паспорт, требования к которому установлены Приказом Минэнерго России от 19.04.2010 № 182. Минэнерго России информирует, что в соответствии с приказом Минэнерго России от 27 апреля 2011 г. № 155 отменен приказ Минэнерго России от 7 апреля 2010 г. № 148 «Об организации работы по образовательной подготовке и повышению квалификации энергоаудиторов

для проведения энергетических обследований в целях эффективного и рационального использования энергетических ресурсов».

9.2. Методология энергоресурсаудита ЖКХ. Простой энергоаудит. Комплексный энергоаудит.

Методика организации и проведения самого энергоресурсаудита основывается на стандартном (типовом) алгоритме, что сокращает общие затраты на его проведение, позволяя эффективно подключать других аудиторов на определенных (стандартных) этапах работ.

Вопрос о проведении энергоресурсаудита ЖКХ обычно решается непосредственно с руководством организации, заинтересованной в повышении экономической эффективности систем энергоресурсообеспечения ЖКХ. Первый контакт рекомендуется устанавливать непосредственно с ее ответственным руководителем. Появление заинтересованности руководителя в необходимости энергоресурсаудита приводит к снятию многих проблем, которые могут возникнуть при проведении этой работы.

Организация и проведение работ по энергоресурсаудиту обследуемой организации обычно проводится в четыре этапа:

Этап 1 (подготовительный).

Предварительный контакт с руководителем.

Ознакомление с основными потребителями, общей структурой систем производства и распределения энергоресурсов, стоящими перед энергоресурсоснабжающим предприятием пробле-

мами, затрудняющими его нормальное функционирование (дефицит мощностей и др.).

Разработка программы работ по проведению энергоресурсоаудита с указанием сроков выполнения и стоимости его этапов.

Заключение договора на выполнение энергоресурсоаудита.

Передача заказчику для заполнения таблиц, разработанных для сбора предварительной информации при проведении энергоаудита.

Этап 2 (первичный энергоресурсоаудит).

Сбор общей документальной информации:

- по годовому за базовый и текущий период потреблению и распределению энергоресурсов;

- по используемому оборудованию, его технологическим характеристикам, продолжительности и режимам эксплуатации, техническому состоянию;

- общие схемы ресурсораспределения и расположения объектов ЖКХ;

- ознакомление с имеющейся проектной документацией и проектными показателями эффективности, существующей системой учета энергоресурсов. Анализ режимов эксплуатации оборудования систем снабжения энергоресурсами и жилого фонда, существующих договоров и тарифов на снабжение энергоресурсами;

- наличие систем коммерческого и внутреннего учета расхода энергоресурсов.

Составление карты потребления ТЭР, определение дефицита мощностей.

Ознакомление с состоянием систем снабжения энергоресурсами ЖКХ:

- электроснабжения;
- теплоснабжения;
- водоснабжения;
- водоотведения;
- жилого фонда;
- освещения.

Предварительная оценка возможностей экономии ТЭР, выявление систем и установок, имеющих потенциал для энергосбережения.

Разработка и согласование программы проведения полного энергоресурсаудита. Корректировка (при необходимости) содержания, сроков и стоимости договора на проведение энергоресурсаудита.

Этап 3 (полный энергоресурсаудит).

Сбор дополнительной, необходимой документальной информации по тарифам накупаемые энергоресурсы, формированию себестоимости энергоресурсов на обследуемом предприятии ЖКХ, режимам эксплуатации оборудования и систем распределения за базовый (предыдущий) и текущий год.

Проведение приборных обследований объектов ЖКХ и режимов эксплуатации в соответствии с согласованной программой

энергоресурсаудита. Конечная цель энергоресурсаудита - это снижение расходов энергоресурсов и воды, а также финансовых затрат на их производство и потребление.

Оформление энергетического паспорта объектов ЖКХ производится по стандартной форме с использованием результатов проведения энергетического аудита. Паспорт и отчет согласовываются с региональным Управлением ЖКХ. Определение потенциала экономии энергии и экономических преимуществ от внедрения различных предлагаемых мероприятий с технико-экономическим обоснованием окупаемости предполагаемых инвестиций по их внедрению. Разработка конкретной программы по энергосбережению с выделением первоочередных, наиболее эффективных и быстро окупаемых мероприятий. Составление и представление руководству организации или предприятия-заказчика отчета с программой энергоресурсосбережения.

Этап 4: Мониторинг.

Организация на предприятии системы постоянно действующего учета и анализа эффективности расхода энергоресурсов подразделениями и предприятиями ЖКХ в целом. Продолжение деятельности, дополнительное более углубленное обследование наиболее перспективных в части энергосбережения систем, дополнение программы реализации мер по энергосбережению, изучение и анализ достигнутых результатов. Решение о реализации программы энергоресурсосбережения принимается организацией-заказчиком.

9.3. Результаты энергоаудита. Энергетический паспорт здания

Приказ Минэнерго от 19 апреля 2010 г. № 182 «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования» содержит общие положения об энергоаудите. Требования носят обязательный характер для саморегулируемых организаций и лиц, проводящих обязательные энергетические обследования, и являются рекомендуемыми для лиц, проводящих добровольные энергетические обследования.

Энергетический паспорт составляется по итогам энергетического обследования юридического лица, индивидуального предпринимателя, продукции, технологического процесса, многоквартирного дома. Энергетический паспорт, составленный по результатам энергетического обследования, должен содержать информацию:

- 1) об оснащенности приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- 2) об объеме используемых энергетических ресурсов и о его изменении;
- 3) о показателях энергетической эффективности;

4) о величине потерь переданных энергетических ресурсов (для организаций, осуществляющих передачу энергетических ресурсов);

5) о потенциале энергосбережения, в том числе об оценке возможной экономии энергетических ресурсов в натуральном выражении;

б) о перечне типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Саморегулируемая организация в области энергетического обследования ведет реестр энергетических паспортов, составленных членами этой саморегулируемой организации.

В энергетический паспорт должны быть включены следующие разделы:

а) титульный лист энергетического паспорта;

б) общие сведения об объекте энергетического обследования;

в) оснащенность приборами учета;

г) объем используемых энергетических ресурсов и его изменения;

д) показатели энергетической эффективности;

е) сведения о величине потерь переданных энергетических ресурсов (для организаций, осуществляющих передачу энергетических ресурсов);

ж) потенциал энергосбережения и оценка возможной экономии энергетических ресурсов;

з) перечень типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Сведения об объеме используемых энергетических ресурсов и его изменениях должны содержать:

- объем потребления отдельно электрической энергии, тепловой энергии, твердого топлива, жидкого топлива, моторного топлива, газа, воды в натуральном выражении по годам за пять лет, предшествующих году проведению энергетического обследования, и за текущий год на дату начала проведения энергетического обследования;
- объем потребления электрической и тепловой энергии с использованием возобновляемых источников энергии;
- обоснование снижения или увеличения потребления электрической энергии, тепловой энергии, твердого топлива, жидкого топлива, моторного топлива, газа, воды по годам (увеличение или снижение объемов производства товаров, работ, услуг, проведение энергосберегающих мероприятий, замена оборудования и т.п.);
- основные технические характеристики и потребление энергетических ресурсов основными видами технологического и энергетического оборудования;
- рекомендации по проведению организационно-технических мероприятий, направленных на сокращение потребления энергетических ресурсов и воды.

Сведения о показателях энергетической эффективности должны содержать:

- наличие или отсутствие программы энергосбережения и повышения энергоэффективности обследуемой организации, дата ее утверждения, соответствие установленным требованиям, сведения о достижении утвержденных целевых показателей энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- перечень, описание, показатели энергоэффективности выполненных энергосберегающих мероприятий по годам за пять лет, предшествующих году проведению энергетического обследования, обеспечивших снижение потребления электрической энергии, тепловой энергии, жидкого топлива, моторного топлива, газа, воды;
- показатели энергетической эффективности продукции, работ услуг, основных энергоемких технологических процессов, основного оборудования;
- показатели использования тепловой энергии на отопление зданий, строений, сооружений в расчете на 1 кв.м площади, их соответствие нормативным требованиям;
- показатели использования электрической энергии на цели освещения, соответствие освещенности нормативным требованиям;
- оценка соответствия фактических показателей энергетической эффективности основных видов технологического обо-

рудования и технологических процессов их техническим (паспортным) показателям;

- рекомендации по улучшению показателей энергетической эффективности.

Потенциал энергосбережения и оценка возможной экономии энергетических ресурсов заполняется по результатам энергетического обследования, в данном разделе дается оценка потенциала возможной годовой экономии энергетических ресурсов и воды на основе:

- сравнения с достижениями по экономии энергоресурсов и воды организаций аналогичного профиля;
- применения оборудования, технологических процессов, имеющих высокую энергетическую эффективность;
- внедрения наиболее результативных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

В разделе «Перечень типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности», по результатам энергетического обследования, с горизонтом планирования 5 лет, приводится перечень типовых организационных и технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, рекомендуемых к внедрению, в том числе:

- наименование и описание мероприятий;
- сроки начала и окончания внедрения мероприятий;

- стоимостная оценка мероприятий и сроки их окупаемости;
- ожидаемая экономия энергоресурсов и воды по каждому мероприятию.

Требования закона № 261-ФЗ РФ не распространяются на следующие здания, строения, сооружения:

1. культовые здания, строения, сооружения;
2. здания, строения, сооружения, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры);
3. временные постройки, срок службы которых составляет менее чем два года;
4. объекты индивидуального жилищного строительства (отдельно стоящие и предназначенные для проживания одной семьи жилые дома с количеством этажей не более чем три), дачные дома, садовые дома;
5. строения, сооружения вспомогательного использования;
6. отдельно стоящие здания, строения, сооружения, общая площадь которых составляет менее чем пятьдесят квадратных метров.

Энергетические паспорт здания должен быть заполнен на этапе проектирования, пересмотрен и составлен на этапе ввода здания в эксплуатацию по результатам натурных обследований здания. Затем каждые 5 лет необходимо пересматривать и составлять новый паспорт. Все энергопаспорта подлежат обязательной регистрации в Минэнерго РФ.

Библиографический список

1. Баранов С.П., Земляков Г.В., Лозовский А.А. *Анализ затрат энергоресурсов при производстве строительномонтажных работ*. Мн.: БНТУ, 2004. 465 с.
2. Башмаков И.А. Анализ целевых показателей энергоэффективности, установленных Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1225 // *Энергосовет*. 2001. № 1. С. 18-27.
3. Березнюк А.Н., Папирнык Р.Б., Шалённый В.Т. Совершенствование организационно-технологических решений строительства и реконструкции с учетом ресурсосбережения // *Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры*. Днепропетровск: ПДАБА, 2011. № 3. С. 22 – 28.
4. ГОСТ Р 51541-99. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 12 с.
5. ГОСТ Р 51379-99. Энергетический паспорт промышленного потребителя ТЭР. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 22 с.
6. Гурьев В. В., Дорофеев В. М., Дuzинкевич М. С. Оценка параметров остаточного ресурса зданий массовой застройки первого периода индустриального домостроения

// Промышленное. и гражданское строительство. 2006. № 4. С. 25-26.

7. Ильичёв В.А. Россия и мир: экономия ресурсов в строительстве: доклад на сессии Общего собрания Российской академии архитектуры и строительных наук «Ресурсо- и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе» // *Архитектура и строительство Москвы. 2003. № 2.*
8. Методические рекомендации по экономическому обоснованию применения конструктивных элементов и технологий, обеспечивающих повышение эффективности инвестиций за счет снижения эксплуатационных затрат, повышения долговечности зданий и сооружений, сокращения продолжительности строительства и других эффективных решений при повышении единовременных затрат при проектировании и строительстве и одновременном росте сметной стоимости. МРР-3.2.23-97.
9. Методические указания по проведению энергоресурсаудита в жилищно-коммунальном хозяйстве, утвержденными приказом Госстроя России от 18.04.2001 г. № 81.
10. Методические рекомендации по экономическому обоснованию применения конструктивных элементов и технологий, обеспечивающих повышение эффективности инвестиций за счет снижения эксплуатационных затрат, повышения долговечности зданий и сооружений, сокраще-

ния продолжительности строительства и других эффективных решений при повышении единовременных затрат при проектировании и строительстве и одновременном росте сметной стоимости. МРР-3.2.23-97. Москва, 1997. 267 с.

11. Морозов Ю.А. Могут ли современные строительные материалы и изделия обеспечить высокую энергоэффективность зданий? // *Сборник докладов междунауч.-практ. конференции «Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ»*. М.: МГСУ, 2006 г. с.22-35.
12. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон Рос. Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 11 ноября 2009 г. // Рос. газ. – 2009. – 30 декабря.
13. Опарина Л.А. *Классификация показателей энергетической эффективности зданий (Коллективная монография) «Архитектура и строительство. Часть II Многотомной коллективной монографии «Проблемы и пути развития Российской провинции»*». Пенза: РИО ФГОУ ВПО «Пензенская ГСХА», 2011. 13 с., С.85-93.
14. Опарина Л.А. Определение понятия «энергоэффективное здание» // *Жилищное строительство*. 2010. № 8. С. 2-4.

15. Опарина Л.А., Опарин Р.Ю. *Экономика и организация архитектурного проектирования и строительства*. Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2011. 282 с.
16. Опарина Л.А. *Системный подход к организации жизненного цикла энергоэффективных зданий // Жилищное строительство*. 2014. № 6(50). С. 12-15.
17. Опарина Л.А. *Построение матрицы нормативно-правовой базы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Энергосбережение и водоподготовка*. – 2011. №4 (72). С.22-25.
18. Опарина Л.А. *Технико-экономическое обоснование утепления стен зданий. // Информационная среда вуза (XVI Международная научно – практическая конференция): Сборник статей*. Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2010. С. 364-370.
19. Опарина Л.А. *Практические примеры оценки эффективности энергосберегающих мероприятий. // Информационная среда вуза (XVI Международная научно – практическая конференция): Сборник статей*. Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2010. С. 370-376.
20. Опарина Л.А. *Энерго- и ресурсосбережение в строительной науке – анализ понятийного аппарата. // Информационная среда вуза (XXI Международная научно – практическая конференция): Сборник статей*. Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2014. С. 147-150.

21. Опарина Л.А., Агупова Н.С. *К вопросу об организации системы энергетической паспортизации зданий.* // Информационная среда вуза (XVII Международная научно – практическая конференция): Сборник статей. – Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2011. – С. 364-370.
22. Опарина Л.А. *Внедрение энергосберегающих мероприятий как фактор повышения эффективности управления недвижимостью.* // Учёные записки ФЭиУ. Иваново: Иван. гос. архит.-строит. ун-т., 2011. С. 364-370.
23. Строительные нормы и правила: Тепловая защита зданий: СНиП 23-02-2003 / Госстрой РФ. – Введ. 01.10.2003. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. - 26 с.
24. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. *Энергоэффективные здания.* АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.
25. Табунщиков Ю.А., Ливчак В.И. *Нормативно-правовое обеспечение повышения энергетической эффективности строящихся зданий.* // *Энергосбережение.* 2012. № 8. С.14-23.
26. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. *Основы энергосбережения в вопросах теплообмена.* М.: «Издательство Машиностроение-1», 2005. 192 с.
27. Хихлуха Л.В. *Архитектура и ресурсосбережение* // *Электронный журнал ЭСКО.* № 4. 2004 г.
28. Шелегеда Б.Г., Кравцов А.Ю. *Ресурсосбережение в строительстве: от проекта до эксплуатации жилых зданий* // *Научово-технічний збірник.* 2010. № 96. С. 410-418.