



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Городское строительство и хозяйство»

Учебное пособие

по дисциплине

«ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЖИЛИЩНОЙ СФЕРЕ»

Авторы

Шейна С.Г., Мартынова Е.В.,
Вонгай А.О., Миненко Е.Н.

Ростов-на-Дону, 2018

Аннотация

В книге представлен анализ современных тенденций и проблем в области энергоресурсосбережения в жилищной сфере России и за рубежом. Рассмотрены основные термины и определения, нормативно-правовая база в этой области.

Выделены ключевые направления повышения энергетической эффективности зданий, входящих в опорный жилищный фонд, и существующей застройки российских городов. Рассмотрены современные технологии повышения энергоэффективности ограждающих конструкций и инженерных систем зданий. Описаны основные положения существующих методик выбора и оценки эффективности энергосберегающих решений в жилищной сфере.

Рассмотрены теоретико-методические основы энергетически эффективной реконструкции городской застройки с учетом изменения нагрузки на источники теплоснабжения.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки «Строительство» профиль «Территориальное планирование и управление развитием территорий».





Авторы

д.т.н., профессор, зав. кафедрой
«ГСиХ» Шеина С.Г.

к.т.н. Мартынова Е.В.

ассистент кафедры «ГСиХ»

Вонгай А.О.

ассистент кафедры «ГСиХ»

Миненко Е.Н.

Оглавление

1	АНАЛИЗ	СОСТОЯНИЯ	ВОПРОСА	
	ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЖИЛИЩНОЙ СФЕРЕ.....			6
	1.1	Виды энергии и энергетических ресурсов		6
	1.2	Энергетический кризис. Мировой опыт и современные тенденции в решении вопросов энергосбережения.....		9
	1.3	Проблемы энергосбережения в жилищно-коммунальной сфере.....		12
	1.4	Нормативно-правовые аспекты энергосбережения .		17
	1.5	Программно-целевой подход в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности		22
		Вопросы и задания к разделу 1		26
2	ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ЖИЛИЩНОЙ СФЕРЕ.....			28
	2.1	Классификация энергосберегающих мероприятий в жилищной сфере.....		28
	2.2	Мероприятия по повышению энергетической эффективности зданий, строений, сооружений		33
		Вопросы и задания к разделу 2		62
3	ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ.			63
	3.1	Энергетическое обследование		64
	3.2	Энергетический паспорт здания. Правила определения классов энергоэффективности многоквартирных домов.....		73
	3.3	Пример расчета энергетического паспорта здания ...		77
	3.4	Правила принятия решений об энергоэффективной модернизации многоквартирных домов.....		105
	3.5	Экономическая оценка эффективности мероприятий по энергоресурсосбережению		110
		Вопросы и задания к разделу 3		117
4	ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ЗАСТРОЙКЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ			119
	4.1	Градостроительные аспекты энергосбережения.....		119
	4.2	Концепция энергетически эффективной реконструкции городской застройки		120

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

4.3 Классификация энергосберегающих мероприятий при реконструкции и освоении городских территорий.....	125
4.4 Методика энергетически эффективной реконструкции городской застройки	129
4.5 Пример разработки проекта «Энергоэффективный квартал»	152
Вопросы и задания к разделу 4	162
Список литературы	163
Приложение А «Форма энергопаспорта».....	169

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЖИЛИЩНОЙ СФЕРЕ

1.1 Виды энергии и энергетических ресурсов

Согласно представлениям физической науки, **энергия**—это способность тела или системы тел совершать работу. Существуют различные классификации видов и форм энергии: механическая, электрическая, электромагнитная, тепловая, химическая, атомная.

В Международной системе единиц СИ в качестве единицы измерения энергии принят 1Джоуль (Дж). Если расчеты связаны с теплотой, то в качестве единицы энергии применяется калория (кал) или килокалория (ккал), $1\text{ кал} = 4,18\text{ Дж}$. Для измерения электрической энергии использую Ватт час (Вт·ч, кВт·ч, МВт·ч), $1\text{ Вт}\cdot\text{ч} = 3,6\text{ МДж}$.

Энергетические ресурсы— это материальные объекты, в которых сосредоточена энергия, пригодная для практического использования человеком.

Энергия, непосредственно извлекаемая в природе, называется первичной, а носители первичной энергии —**первичными энергоресурсами**.

Наиболее важными из **первичных энергетических ресурсов** являются:

- минеральные виды топлива: уголь, нефть и природный газ. Минеральное топливо является крупнейшей составляющей энергетических ресурсов, но его запасы не безграничны;

- уран, используемый как топливо на атомных электростанциях и других объектах;

- возобновляемые или неисчерпаемые источники энергии (ВИЭ)—ресурсы, восстановление которых постоянно осуществляется в природе. К возобновляемым источникам энергии относятся: энергия солнца, ветра, воды, приливов, волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов; геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды; биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива; биогаз, выделяемый отходами производства и потребления, и газ, образующийся на угольных разработках.

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

- невозобновляемые энергоресурсы– это энергоресурсы, которые ранее были накоплены в природе и в новых геологических условиях практически не образуются – уголь, нефть, природный газ и др.
- прочие энергоресурсы – дрова, городские, сельскохозяйственные отходы и отходы лесопереработки (их доля в общем мировом потреблении энергоресурсов не превышает 3%) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Виды энергетических ресурсов

ВИЭ условно разделяют на две группы:

- традиционные: гидравлическая энергия, преобразуемая в используемый вид энергии гидроэлектростанциями (ГЭС); энергия биомассы, используемая для получения тепла традиционными способами сжигания (дрова, торф и некоторые другие виды печного топлива); геотермальная энергия;
- нетрадиционные: солнечная, ветровая, энергия морских волн, течений, приливов и океана, гидравлическая энергия, преоб-

разуемая в используемый вид энергии малыми и микро-ГЭС, энергия биомассы, не используемая для получения тепла традиционными методами, низкопотенциальная тепловая энергия и др.

Возобновляемые источники энергии практически не истощимы, кроме того, их применения обеспечивает энергетическую безопасность планеты и, в противоположность ископаемому топливу, не приводит к загрязнению окружающей среды. Этим объясняется рост объемов потребления возобновляемых источников энергии в последние годы (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ изменения объемов потребления ВИЭ в мире

Вид оборудования или технологии	Объемы потребления в		
	2000 г.	2010 г.	
Фотоэлектричество	0,938 (0,26)	9,2 (1,7)	
Ветроустановки, подключенные к сети	14	74	
Малые ГЭС	70	175	
Электростанции на биомассе	18	92	
Солнечные термодинамические станции	0,2	10	
Геотермальные станции	7,97	32,25	
Солнечные коллекторы и системы	ГВт	11	55
	млн. м ²	60	300

В 2012 г. были созданы и получили активное развитие проекты по возобновляемым технологиям в 138 странах, 2/3 из которых – развивающиеся страны. Неоспоримым лидером среди них является Китай, в 2012 г. он увеличил получение электричества из солнечной энергии на 22% [1]. Резкий рост развития энергоэффективных и экологичных технологий произошел также в Марокко, Южной Африке, Чили, Мексике, Кении. К сожалению, высокая стоимость и существующие на сегодняшний день технические сложности в использовании ВИЭ, ограничивают их долю в общем энергопотреблении на планете.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – это энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии или в виде побочного продукта основного производства и не применяемая в этом технологическом процессе. Рациональное использование ВЭР является одним из крупнейших резервов экономии топлива, способствующих снижению энергоемкости промышленной продукции.

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

ВЭР могут быть востребованы в первоначальном виде или с изменением вида энергоносителя путем выработки тепла, электроэнергии, холода или механической работы в утилизационных установках. Направления использования ВЭР:

- *топливное*– непосредственное использование горючих ВЭР в качестве котельно-печного топлива;
- *тепловое*– использование энергоносителей, вырабатываемых за счет ВЭР, для обеспечения потребности в тепловой энергии и искусственном холоде;
- *электроэнергетическое*– использование ВЭР с преобразованием энергоносителя для получения электроэнергии в газовых или паровых конденсационных турбоагрегатах;
- *комбинированное*– преобразование потенциала тепловых ВЭР для выработки в утилизационных установках (утилизационных ТЭЦ) по теплофикационному циклу электро- и теплоэнергии.

1.2 Энергетический кризис. Мировой опыт и современные тенденции в решении вопросов энергосбережения

До 1970-х гг. экономика развитых стран Западной Европы, США и Японии была практически целиком ориентирована на потребление нефти и газа. Их доля в общемировом потреблении энергии составляла порядка 92%. Быстрое развитие в этих странах автомобильного транспорта и авиации, использующих в качестве топлива продукты нефтепереработки (бензин, дизельное топливо, керосин), привело к значительному увеличению потребления нефти.

Первый энергетический кризис начался в 1973 г. после существенного снижения объемов добычи нефти странами, входящими в ОПЕК. Снижение объемов добываемой нефти стало одновременно экономическим и политическим инструментом давления стран ОПЕК на [Запад](#), с целью увеличения цен на поставляемые ресурсы и ослабление военной поддержки Израиля Западом.

Рост цен на нефть и природный газ, а также снижение объемов предложения этих ресурсов на мировом рынке, заставили страны Европы и Америки коренным образом изменить структуру топливно-энергетической базы путем ее переориентации на другие источники, развивать технологии, обеспечивающие снижение объемов потребляемых энергетических ресурсов и применение альтернативных источников энергии, экономичного транспорта. Так, например, Франция создала систему мощных атомных электростанций, Дания переориентировалась на собственный природный газ,

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

ветроэнергоресурсы и каменный уголь, завозимый на огромных танкерах через океан.

В СССР в годы энергетического кризиса были построены крупнейшие в мире тепловые, атомные, гидравлические электростанции, сооружены линии передачи электрической энергии, созданы мощные энергосистемы. Вместе с тем, нефтяной кризис 1973 г. способствовал усилению экспорта нефти на Запад и положил начало зависимости СССР, а затем и России, от «нефтяной трубы» и нефтедолларов.

Энергетический кризис 1973г. и последовавшие после него второй и третий импульсы нефтяного кризиса спровоцировали мировой экономический спад (сокращение производства, рост безработицы, высокую инфляцию), поразивший многие страны. Вместе с тем, нефтяной кризис инициировал в экономике развитых стран прогрессивные структурные изменения – передислокацию мировых инвестиционных ресурсов в пользу наименее энергоемких направлений и объектов инвестирования – информационных технологий, энергосбережения.

Термин «энергосбережение» означает реализацию [правовых](#), организационных, [научных](#), [производственных](#), [технических](#) и [экономических](#) мер, направленных на [эффективное](#) (рациональное) использование, расходование зданием топливно-энергетических, водных, материальных и других ресурсов, на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. В таблице 2 ниже представлены основные вехи развития энергосбережения в мире.

Таблица 2 – Общемировые тенденции развития политики энергосбережения

Годы	Характерные черты
1973 -1991 гг.	Вследствие энергетического кризиса в большинстве развитых государств разрабатывалась законодательная база по энергосбережению, приняты программы по экономии энергии. Государства оказывали финансовую поддержку научно-исследовательским разработкам, направленным на использование нетрадиционных источников энергии.
1991 -2003 гг.	Европейскими странами, США и Японией ведется активное внедрение энергосберегающих технологий, разработанных в предыдущий период (тепловых насосов, ветровых генераторов, солнечных элементов), строительство энергоэффективных зданий, санация эксплуатируемых зданий для доведения их до современных требований по энергосбережению. Окончательно сформировалось понимание необходимости комплексной оценки зданий и эффективности энергосберегающих технологий. Россия в 90-х годах стала только задумываться о необходимости энергосбережения.
2003 – 2008 гг.	Повышенное внимание уделяется экологической ситуации на планете, вопросам глобального потепления и снижению выбросов углекислого газа. Массовое использование солнечной энергии, а также иных возобновляемых источников энергии.
с 2009 г. по 2013г.	Развитыми странами законодательно ограничивается потребление традиционных источников энергии в промышленности. Активизировались повсеместные протесты против атомных электростанций, что дополнительно повысило необходимость энергосбережения и применения альтернативных источников энергии. На фоне финансового кризиса, негативно повлиявшего на экономику почти всех стран, в глобальный процесс энергосбережения вступает Россия.
с 2014 г. по настоящее время	Сокращении объемов потребления атома и угля в промышленности в пользу экологически чистых источников. Кризис альтернативных источников энергии, связанный с их низкой ненадежностью и

	непостоянством. Поиск новых источников энергии и технологий ее получения, накопления.
--	---

Таким образом, энергетические кризисы 20 века вскрыли ряд важных проблем: ограниченность запасов топливно-энергетических ресурсов, их высокую стоимость, зависимость большинства развитых стран от развивающихся стран-экспортеров. Поставили во главу угла задачу повышения эффективности потребления энергетических ресурсов, поиска адекватной замены углеводородному сырью, развития технологий энергосбережения на планете.

1.3 Проблемы энергосбережения в жилищно-коммунальной сфере

Крупнейшим потребителем энергии на планете является жилищно-коммунальный комплекс. Применительно к нашей стране жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является одной из самых затратных отраслей экономики, энергоресурсы в которой используются крайне нерационально (рисунок 2).

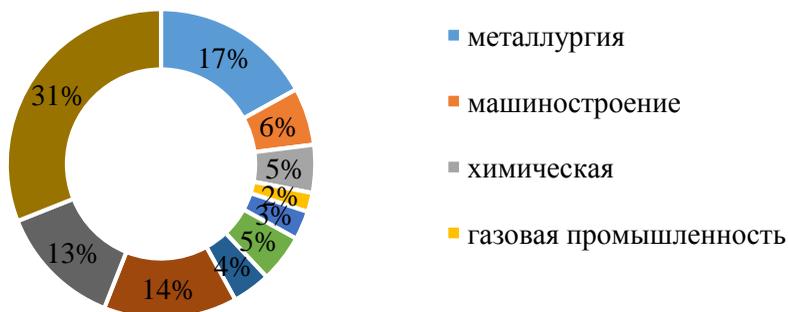


Рисунок 2 – Структура энергопотребления отраслями России

Одной из причин высокой энергоемкости жилищно-коммунального сектора является износ основных фондов, несовершенство строительных конструкций и материалов, отсутствие приборов коммерческого учета потребляемых ресурсов. По оценке специалистов Минэнерго РФ, потенциал энергосбережения в ЖКХ составляет 25 % всего потенциала энергосбережения нашей стране или 360 – 430 млн. т. условного топлива. Внедрение энергоресурсосберегающих технологий в жилищно-коммунальный сектор по расчетам специалистов позволит снизить стоимость услуг ЖКХ на 15–40 %. Учитывая все выше сказанное, а также прогнозируемый

рост цен на энергоносители в ближайшие десятилетия и, соответственно, рост тарифов на тепло, воду и электроэнергию, становится понятной важность и значимость для нашей страны внедрения энергоресурсосберегающих технологий в ЖКХ.

1.3.1 Проблемы в области энергоресурсосбережения в жилищном фонде

В России общая площадь эксплуатируемых зданий составляет около 5,4 млрд. м², в том числе более 2,9 млрд. м² – это жилые дома, на отопление которых ежегодно расходуется более 410 млн. т.у.т., или около 30% годовых энергоресурсов страны. Для нормальной эксплуатации многоквартирных домов требуется большое количество энергетических ресурсов (рисунок 3).

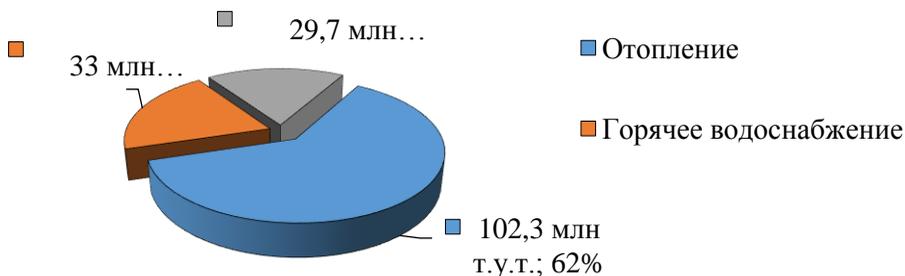


Рисунок 3 – Структура энергопотребления в жилых зданиях России

Количество энергии, потребляемой жилыми зданиями в России по данным экспертов, является чрезмерным, расточительным и в несколько раз выше, чем в странах со схожим климатом [2]. Удельный расход воды на одного жителя России превышает среднеевропейские показатели в 2-3 раза, на отопление 1 м² площади тратится в 5 раз больше условного топлива, чем в Европе (рисунок 4) [38].

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

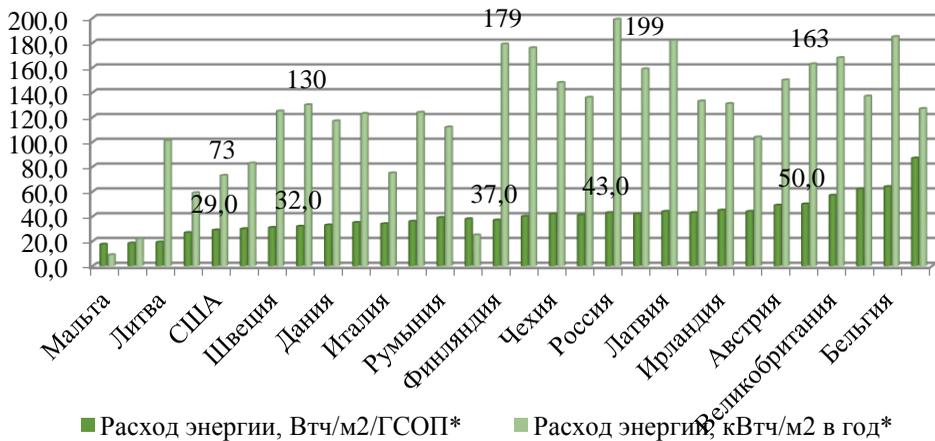


Рисунок 4– Удельный расход энергии на отопление жилых зданий

*Примечание: * Источники данных: По России – оценка ЦЭНЭФ-XXI; по странам ЕС – данные из баз данных Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU. Lessons from the ODYSSEE MURE project. ADEME. September 2012; Entrance database; Базаданных Buildingsdata. (<http://www.buildingsdata.eu/data-search>); USEIA. DOE. 2014; Comprehensive*

Высокая энергоемкость жилищного фонда российских городов обусловлена следующими факторами:

- большая продолжительность отопительного периода;
- высокая доля ветхих и устаревших зданий, расходы тепла на отопление которых существенно превышают действующие нормативы;
- значительные потери энергии при ее транспортировке из-за изношенности инженерных сетей и оборудования [3];
- низкое качество проектных решений в области энергосбережения зданий;
- пренебрежительное отношение к экономии и бережливости со стороны большинства российских граждан;
- отсутствие регулирования системы отопления, что приводит к перегреву помещений;
- низкая профессиональная подготовка специалистов в области энергосбережения и эффективного использования энергетических ресурсов.

По оценкам специалистов потенциал экономии энергии в российских многоквартирных домах в среднем составляет 40% для тепловой, 37% для электрической энергии и 30 % для природного газа [42]. Этот потенциал сосредоточен как в части потребления и учета энергии, так и ее снабжении. В новых зданиях потенциал энергосбережения ниже, в старых – существенно выше.

На энергетическую эффективность зданий влияют множество факторов: ориентация по сторонам света, компактность здания, коэффициент остекленности фасадов, приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, энергетическая эффективность инженерных систем обеспечения микроклимата, эффективность работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования и др. Эти аспекты следует учитывать при проектировании и строительстве энергоэффективных зданий, разработке проектов по энергетической санации существующих объектов.

Здания, построенные после введения в действие ФЗ 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», как правило, удовлетворяют современным нормативам по энергосбережению и теплозащите. Самыми неэффективными в части потребления ресурсов выступают здания советского периода ранних массовых серий, а также здания ветхого и аварийного фонда. Стремление к экономии средств на возведение зданий в период массового советского строительства привело к тому, что ограждающие конструкции этих домов имеют низкое сопротивление теплопередаче (таблица 3) и, соответственно, значительные тепловые потери через ограждающие конструкции [4, 5].

Таблица 3 – Результаты инструментального обследования домов первых массовых серий крупнопанельного домостроения

Наименование показателя	Нормативное значение	Величина по результатам натурного обследования
Приведенное сопротивление теплопередаче стен, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	3,16	0,8
Приведенное сопротивление теплопередаче окон, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	0,54	0,2

Снизить энергоемкость ЖКХ России можно за счет комплексного подхода к вопросам энергосбережения: путем строительства зданий, отвечающих самым современным требованиям в этой области, повышения эффективности потребления энергетических ресурсов в существующих зданиях за счет проведения капитального ремонта зданий и инженерных коммуникаций с обязательной реализацией энергосберегающих мероприятий.

1.3.2 Характеристика системы теплоснабжения российских городов

Жилищный фонд многих российских городов характеризуется значительным износом инженерного оборудования и инженерных сетей – системы отопления, горячего и холодного водоснабжения, канализации, водоотведения, электроснабжения, освещения, вентиляции, газоснабжения и др.

Учитывая суровые климатические условия большей части нашей страны, первостепенное значение отводится повышению эффективности теплоснабжения, как наиболее социально значимого и в то же время наиболее топливоемкого сектора экономики: им потребляется примерно 50% используемых энергоресурсов, а более половины этих ресурсов приходится на жилищно-коммунальный и социальный сектор.

В настоящее время около 72% всей тепловой энергии в России производится централизованными источниками – ТЭЦ (мощностью более 20 Гкал/ч), остальные 28% производятся децентрализованными источниками теплоснабжения (котельными), в том числе 8% – автономными и индивидуальными источниками. Мелкие котельные (до 3 Гкал/ч) и индивидуальные отопительные установки (теплопроизводительностью до 25 тыс. ккал/ч) характеризуются устаревшими конструкциями, отсутствием средств автоматического регулирования и контроля, требуют значительных затрат на эксплуатацию, имеют более низкий коэффициент полезного действия, чем современные установки аналогичного назначения зарубежных фирм. Доля тепла, получаемого от возобновляемых источников энергии, в ЖКХ России очень мала и не превышает 1%.

В России насчитывается около 70 тыс. муниципальных и ведомственных котельных. Из них около половины работает на твердом топливе, еще 12% – на нефти и нефтепродуктах, остальные – на газе. Более трети котлов имеет срок службы свыше 20 лет. Средний КПД котельных составляет 40-60%.

Тепловые сети в России имеют протяженность 184 тыс. км, из которых 34 тыс. км нуждаются в срочной замене. Средний износ

сетевого хозяйства в системах теплоснабжения превышает 65%. На каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется более 70 аварий и повреждений, 82% общей протяженности тепловых сетей требуют капитального ремонта или полной замены [6].

Таким образом, повышение энергетической эффективности жилищно-коммунального сектора является сложной и высокозатратной задачей, для решений которой необходим программно-целевой подход, высокая степень координации действий органов исполнительной власти, организаций и граждан.

1.4 Нормативное-правовые аспекты энергосбережения

Основным документом, регламентирующим деятельность в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации, является 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» (рисунок 5).



Рисунок 5–Направления ресурсосбережения согласно 261-ФЗ

261-ФЗ регулирует отношения в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности, устанавливает правовые, экономические и организационные основы стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности [7]. На рисунке представлены направления политики энергосбережения, определенные 261-ФЗ.

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

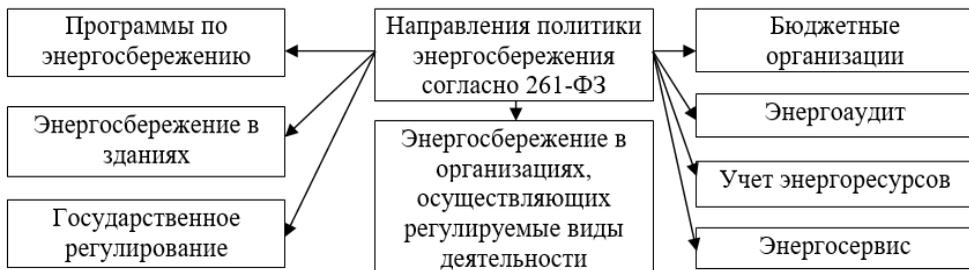


Рисунок 6 – Направления политики энергосбережения в России

Основные термины и определения 261-ФЗ [7]:

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 др.);

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;

Энергетическая эффективность – характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам, произведенным в целях получения такого эффекта;

Класс энергетической эффективности – характеристика продукции (в том числе объекта недвижимости), отражающая ее энергетическую эффективность;

Энергетическое обследование – сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте;

Энергосервисный договор (контракт) – договор (контракт), предметом которого является осуществление действий, направленных на энергосбережение и повышение эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком.

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

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

- 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.

Государственное регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности осуществляется путем установления:

- 1) требований к обороту отдельных товаров, функциональное назначение которых предполагает использование энергетических ресурсов;
- 2) запретов или ограничений производства и оборота в Российской Федерации товаров, имеющих низкую энергетическую эффективность;
- 3) обязанности по учету используемых энергетических ресурсов;
- 4) требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений;
- 5) обязанности проведения обязательного энергетического обследования;
- 6) требований к энергетическому паспорту;
- 7) обязанности проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности;
- 8) требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг;
- 9) требований к региональным, муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- 10) обязанности распространения информации в области энергосбережения и др.

Федеральным законом и другими нормативными актами установлены требования к энергетической эффективности зданий в части снижения годового удельного расхода энергетических ресурсов:

- с 2011 по 2015 гг. – на 15%;

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

- с 2016 по 2020 гг. – на 30%;
- с 2020 г. – на 40 % [8].

Требования энергетической эффективности не распространяются на:

- 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 трех), дачные дома, садовые дома;
- 5) строения, сооружения вспомогательного использования;
- 6) отдельно стоящие здания, строения, сооружения, общая площадь которых составляет менее 50 м²;
- 7) иные, определенные Правительством Российской Федерации, здания, строения, сооружения.

К зданиям, прошедшим капитальный ремонт, реконструкцию или вновь построенным, применяются положения Свода правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». Согласно этим нормативным документам капитальный ремонт, реконструкция, а также новое строительство жилых домов должно осуществляться в соответствии с повышенными требованиями к тепловой защите ограждающих конструкций зданий [9, 10, 11, 12].

Соответствие требованиям энергетической эффективности и оснащенности приборами учета ресурсов зданий и сооружений должно обеспечиваться в течение всего срока их эксплуатации. Указанное требование не применяется до реконструкции или капитального ремонта здания или сооружения, введенного в эксплуатацию до вступления в силу требований энергетической эффективности [13]. Ввод в эксплуатацию зданий и сооружений, построенных, реконструированных, прошедших капитальный ремонт и не соответствующих требованиям энергетической эффективности и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов не допускается.

В ФЗ №261 установлены сроки оснащения зданий и строений приборами учета используемых энергоресурсов. На данный момент

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

многоквартирные дома уже должны быть оснащены как общедомовыми, так и индивидуальными и общими (для коммунальной квартиры) приборами учета воды, природного газа, электрической энергии. Кроме того, многоквартирные дома, вводимые в эксплуатацию после строительства или реконструкции, дополнительно должны быть оснащены индивидуальными приборами учета тепловой энергии.

Важным документом, закладывающим основы государственной энергетической политики нашей страны, является Распоряжении правительства Российской Федерации от 13.11.2009 № 1715-р «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года». Стратегической целью нашего государства является максимально рациональное использование энергетических ресурсов. Главной проблемой является значительный нереализованный потенциал энергосбережения, составляющий до 40 % общего объема внутреннего энергопотребления [14]. Данная стратегия предусматривает создание целостной системы управления процессом повышения энергоэффективности, разработку государственной, региональных и муниципальных программ энергосбережения и организации мониторинга их выполнения, поддержание на государственном уровне создание энергосберегающих технологий нового поколения и реализация пилотных энергосберегающих проектов.

Распоряжением правительства Российской Федерации от 27.12.2010 г. (ред. от 16.02.2013 г.) № 2446-р утверждена Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» (далее – Государственная программа). В ней предусматривается реализация технических и организационных мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности жилищно-коммунального хозяйства: оптимизацию работы систем централизованного теплоснабжения путем реализации комплексных мероприятий в тепловых сетях, системах теплотребления и непосредственно в зданиях. Кроме того, запланирована реализация ряда типовых проектов: «Энергоэффективный город», «Энергоэффективный квартал», «Энергоэффективный дом», «Эффективная генерация», «Надежные сети».

Ключевыми мероприятиями государственной программы являются:

- разработка региональных и муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в жилищном фонде, в системах коммунальной инфраструктуры, стимулирование их реализации;

- применение новейшего энергосберегающего оборудования и материалов;
- информирование граждан о возможных типовых решениях по энергосбережению;
- внедрение региональных систем мониторинга осуществления мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и потребления энергетических ресурсов;
- совершенствование системы государственного статистического наблюдения и мониторинга энергетической эффективности во всех отраслях экономики субъектов Российской Федерации, в частности, на основе формирования единых топливно-энергетических балансов для всех субъектов Российской Федерации.

1.5 Программно-целевой подход в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности

В соответствии с Федеральным законом от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» ключевым инструментом повышения энергетической эффективности экономики субъектов РФ и экономики муниципальных образований являются долгосрочные целевые программы, подкрепленные организационными, финансовыми и техническими механизмами их реализации. Большинство субъектов Российской Федерации такие программы утверждены и исполняются.

В зависимости от проблематики энергообеспечения муниципального образования и его потенциала энергосбережения, можно выделить несколько типов программ (рисунок 7).



Рисунок 7 – Условное деление программ по энергосбережению

В реальности программы могут быть составными и включать в себя несколько типов [27]. Как правило, комплексная программа энергосбережения региона или муниципального образования охватывает все его направления развития (рисунок 8).



Рисунок 8 – Состав комплексной программы энергосбережения

Мероприятия программ являются инструментом повышения эффективности использования энергоресурсов для дальнейшего развития экономики города [44]. Программы направлены на преодоление энергетических барьеров экономического роста, в том числе за счет экономии средств, высвобождаемых в результате реализации энергосберегающих мероприятий. Программно-целевой метод призван обеспечить синергетический эффект от выполнения

энергосберегающих мероприятий в различных сферах хозяйствования (рисунок 9).

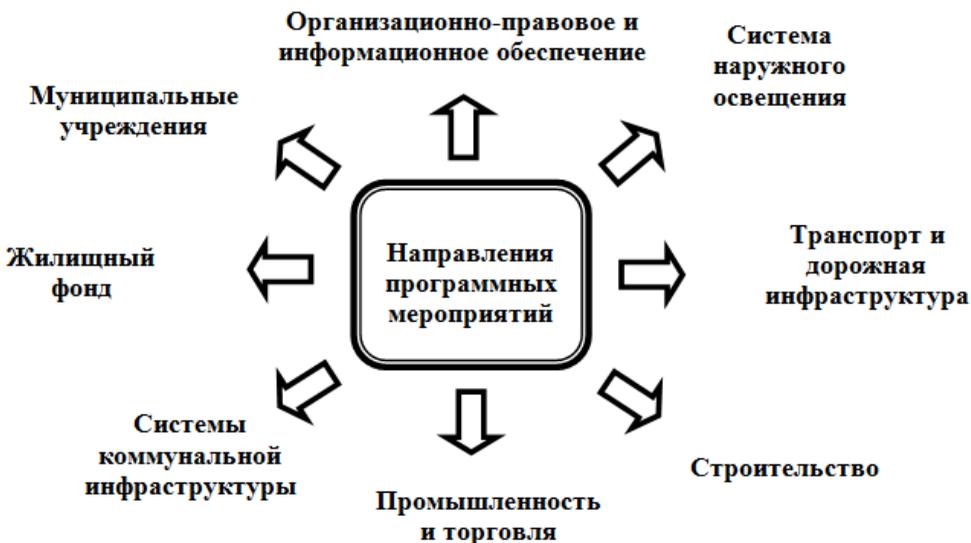


Рисунок 9 – Состав программ по энергосбережению

Основные задачи Программ по энергосбережению:

- 1) обеспечение устойчивого процесса повышения эффективности энергопотребления в секторах экономики города, в т.ч. за счет реализации механизмов стимулирования энергосбережения;
- 2) реализация типовых энергосберегающих проектов, активизирующих деятельность хозяйствующих субъектов и населения по реализации потенциала энергосбережения;
- 3) сохранение и расширение доходной части бюджета за счет сокращения неэффективного потребления энергии потребителями города;
- 4) снижение объемов выбросов парниковых газов;
- 5) обеспечение масштабного внедрения новых ресурсосберегающих технологий в различных секторах экономики города;
- 6) формирование энергоэффективного городского сообщества.

Составной частью региональных и муниципальных программ повышения энергетической эффективности являются программы

по энергосбережению в жилищном фонде и коммунальном хозяйстве, которые содержат [28, 29, 30, 31, 7]:

- значения целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- конкретные мероприятия с указанием ожидаемых результатов и сроков их проведения;
- источники финансирования мероприятий.

Механизм реализации Программы заключается в планировании, реализации и мониторинге выполнения программных мероприятий всеми ее участниками, контроле за достижением показателей и выделенных ресурсов.

На основе анализа эффективности реализации энергосберегающих решений в ЖКХ сформулирован следующий перечень основных технических мероприятий, позволяющих снизить удельный расход энергии в расчете на 1 м²площади жилых домов:

- реализация типового проекта *«Считай, эконошь и плати»*, включающего мероприятия по переходу на оплату коммунальных слуг населением на основе показаний приборов учета потребления коммунальных услуг в МКД;
- проведение добровольного энергетического аудита;
- оснащение жилых зданий, присоединенных к системам централизованного энергоснабжения, подомовыми и поквартирными приборами учета и регулирования потребления энергии;
- реализация типового проекта *«Энергоэффективный квартал»*, включающего мероприятия по модернизации и реконструкции жилых и общественных зданий с применением новейших технологий;
- строительство новых жилых зданий в соответствии с новейшими требованиями в части тепловой защиты зданий, сформулированных в СП 50.13330.2012, с ТСН Ростовской области «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по теплозащите зданий»;
- реализация типового проекта *«Энергоэффективный дом»*, предусматривающего снижение потребления коммунальных ресурсов в МКД по итогам проведения комплексного капитального ремонта;
- комплексный капитальный ремонт с введением требования снижения удельного расхода на цели отопления, ГВС и ХВС, электро- и газоснабжения;
- утепление квартир и мест общего пользования в МКД, не подлежащих капремонту;

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

- реализация мероприятий по повышению эффективности систем внутримодового и квартирного освещения в рамках типового проекта «Новый свет»;
- повышение энергоэффективности крупных электробытовых приборов;
- замена старых отопительных котлов в жилых зданиях с индивидуальными системами отопления на новые энергоэффективные котлы с КПД не ниже 95%;
- применение тепловых насосов в системах отопления в жилищном секторе.

Барьерами на пути к реализации эффективной энергосберегающей политики в жилищном секторе программно-целевыми методами остается недостаточная проработанность механизмов реализации этих программ [32]:

- отсутствие надежной статистической информации о текущей ситуации в области энергопотребления жилыми домами, величине и структуре потенциала энергосбережения;
- отсутствие методики определения потенциала энергосбережения;
- не выделены приоритетные объекты для проведения энергосберегающих мероприятий в рамках капитального ремонта или реконструкции;
- необоснованность и неподкрепленность ожидаемых результатов реализации программы конкретными расчетами;
- решения и показатели программ по энергосбережению не имеют строгой привязки к пространственным характеристикам территории.

Для устранения выявленных недоработок необходимо формирование методических основ реализации программ по энергосбережению в жилищном фонде и коммунальном хозяйстве, которые в общем итоге должны стать основой стратегии энергосбережения в муниципальном образовании.

Вопросы и задания к разделу 1

1. Что такое энергосбережение и энергетическая эффективность?
2. Дайте определение терминов: «класс энергетической эффективности», «энергетическое обследование», «энергосервисный договор».
3. Перечислите основные этапы развития политики энергосбережения в мире.
4. Дайте классификацию энергетических ресурсов.

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

5. Приведите примеры первичных и вторичных энергетических ресурсов, традиционных, альтернативных, возобновляемых ресурсов.
6. Дайте развернутую оценку влияния энергетических кризисов XX в. на становление и развитие проблемы энергосбережения.
7. В чем причина высокой энергоемкости ЖКХ, жилищного фонда России?
8. Перечислите основные нормативно-правовые документы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.
9. На какие строительные объекты, в соответствии с ФЗ 261, не распространяется требование энергетической эффективности?
10. Назовите основные направления энергетической политики России.

2 ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ЖИЛИЩНОЙ СФЕРЕ

Энергосбережение представляет собой взаимосвязанную совокупность технологических, инженерно-технических, организационно-экономических и хозяйственных мероприятий, направленных на экономию и рациональное использование природных ресурсов при производстве продукции и услуг, сокращение потерь энергии, внедрение вторичных ресурсов и отходов, что в конечном итоге способствует росту экономической эффективности промышленного производства и предотвращению его вредного воздействия на окружающую среду.

2.1 Классификация энергосберегающих мероприятий в жилищной сфере

Согласно 261-ФЗ задачей энергосбережения является экономия энергетических ресурсов при сохранении прежнего эффекта от их использования [7]. В общем виде энергосберегающие мероприятия классифицируют по следующим направлениям [35, 16] (рисунок 10).



Рисунок 10– Классификация энергосберегающих мероприятий

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

Учитывая практику проектирования и эксплуатации зданий, можно выделить четыре основных направления экономии энергии (рисунк 11):

1. Совершенствование архитектурных и объемно-планировочных решений зданий и их помещений – ожидаемая годовая экономия энергии составляет 8...10%;
2. Разработка новых типов ограждающих конструкций, обладающих повышенными теплозащитными показателями – ожидаемая годовая экономия энергии от реализации составляет 8...20%;
3. Повышение эффективности работы систем инженерного оборудования – ожидаемая годовая экономия от реализации составляет 10...30%;
4. Оптимальное использование естественного и искусственного освещения – ожидаемая годовая экономия от реализации составляет 6...8%.

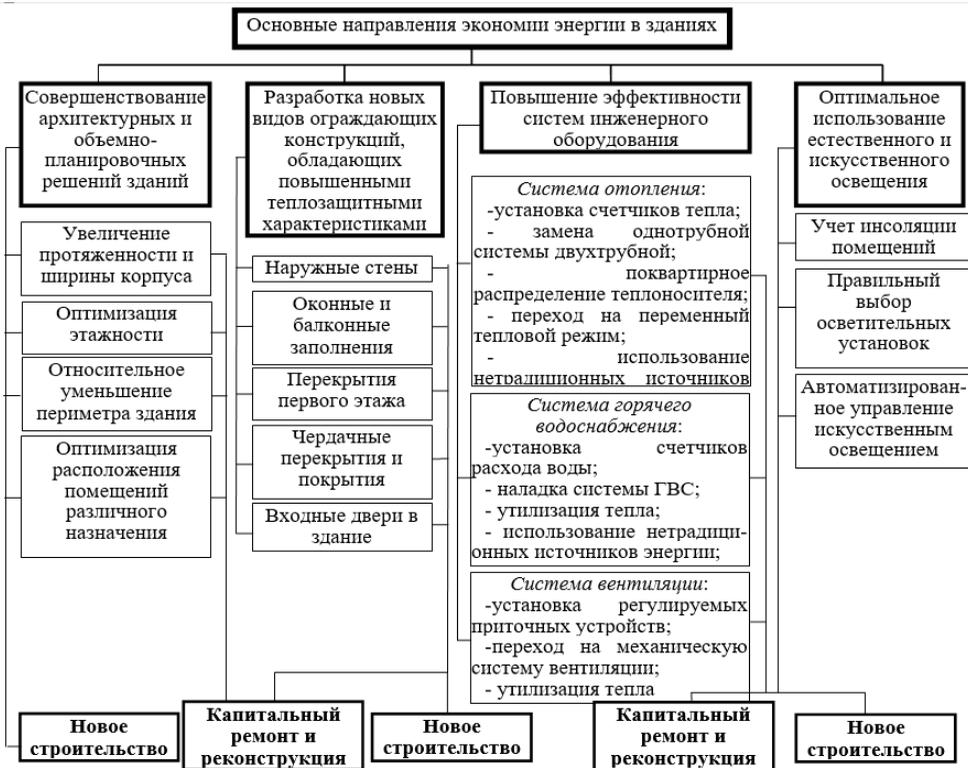


Рисунок 11 – Основные направления экономии энергии в зданиях

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

В сложившейся ситуации, когда огромен объем зданий, требующих одновременно и ремонта, и повышения энергетической эффективности, приоритетными являются меры по снижению тепловой нагрузки на системы отопления и вентиляции. Лишь затем целесообразно внедрять в оборот вторичные энергетические ресурсы.

Технические мероприятия по ресурсосбережению и повышению энергетической эффективности в эксплуатируемых зданиях можно условно разделить на три группы (рисунок 12):



Рисунок 12 – Технические мероприятия по ресурсосбережению и повышению энергетической эффективности в жилищном секторе

С точки зрения экономии энергоресурсов мероприятия делятся на **энергетически обязательные** и **энергетически необязательные** мероприятия (рисунок 13). Энергетически обязательные мероприятия непосредственно влияют на уровень потребления энергии в здании, что подтверждается анализом методики расчета удельного расхода тепловой энергии на отопление по СП 50.13330.2012. К их числу относят: утепление фасадов, кровель и чердаков, обновление системы отопления и горячего водоснабжения (ГВС) и др.

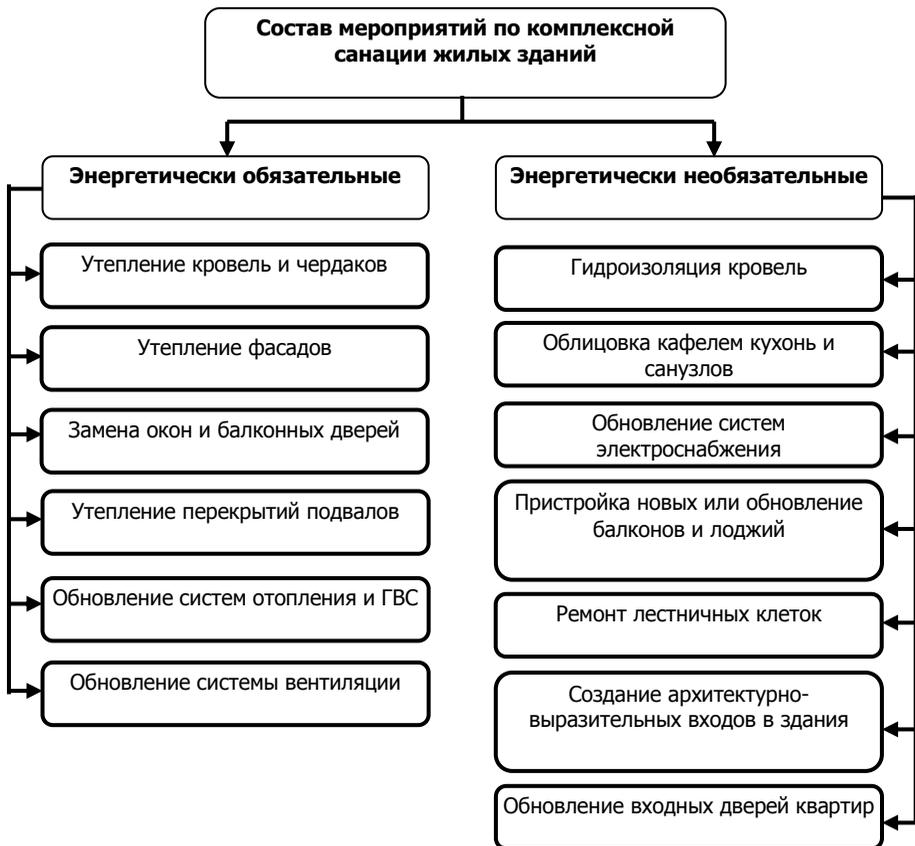


Рисунок 13 – Классификация мероприятий с точки зрения экономии энергии

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

С экономической точки зрения, мероприятия по повышению энергетической эффективности многоквартирных зданий целесообразно проводить в рамках региональных и муниципальных программ капитального ремонта и модернизации многоквартирных зданий.

Учитывая неудовлетворительное техническое состояние значительной части жилых зданий, ключевым звеном повышения энергетической эффективности в жилищной сфере является реализация **энергетической санации жилищного фонда** – капитального ремонта с проведением энергетически обязательных мероприятий.

Преимущества проведения энергетической санации существующего жилого фонда:

- снижение потребления энергии;
- значительное сокращение выброса в атмосферу углекислого газа;
- создание большого количества квалифицированных и стабильных рабочих мест в строительстве, промышленности и энергетике;
- снижение коммунальных платежей за отопление и возможность повышения платы за квадратные метры.

При помощи оптимального, подходящего по цене пакета энергосберегающих мероприятий, который включает утепление фасада, технического этажа и перекрытия подвала, замену оконных блоков, а также модернизацию системы отопления, обновление системы электроснабжения и вентиляции, возможно сократить потребление тепловой энергии в здании, как минимум, на 50 %.

2.2 Мероприятия по повышению энергетической эффективности зданий, строений, сооружений

2.2.1 Мероприятия по повышению энергетической эффективности оболочки здания

Стены

Значительная потеря тепла (порядка 40%) происходит через наружные стены здания, в связи с чем возникает необходимость их качественного утепления. Долгое время повышение теплозащиты зданий достигалось за счет увеличения толщины стен. В настоящее время для решения этой задачи при строительстве новых и ремонте существующих зданий применяют эффективные теплоизолирующие материалы. Утепление стен здания позволяет не только сократить тепловые потери здания и экономить средства на его

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

отопление, но и защитить стены от воздействия атмосферных осадков, перепадов температур, увеличить срок их эксплуатации.

Ниже, в таблице 4, представлены способы утепления стен и их краткая характеристика.

Таблица 4 – Способы утепления наружных стен зданий

Способ утепления	Распределение температур	Характеристика способа
КОНСТРУКЦИЯ СТЕНЫ БЕЗ УТЕПЛЕНИЯ		<ul style="list-style-type: none"> - стены подвержены воздействию перепадов температуры; - точка росы находится внутри стены, что ведет к образованию конденсата и постепенному разрушению конструкции; - потери тепла могут достигать до 80%; - значительная потеря тепла происходит через стены здания.
ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ		<ul style="list-style-type: none"> - стены не сохраняют и не накапливают тепло, подвержены промерзанию и воздействию перепадов температур; - между внутренней стеной и теплоизолирующим слоем возникает зона конденсации водяного пара; - точка росы выведена за пределы стены, но при этом из-за разницы температур между теплоизоляцией и стеной образуется влага, что может привести к возникновению грибкового налёта; - стена находится в отрицательных температурах; - теплопотери сокращаются незначительно;
СНАРУЖИ ПОМЕЩЕНИЯ		<ul style="list-style-type: none"> - стены не подвержены перепаду температур, сохраняют тепло; - точка росы выведена во внешний теплоизолирующий слой, благодаря чему исключена возможность образования конденсата, стена остаётся сухой; - значительно сокращены теплопотери;

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

Наибольшее распространение на практике получило утепление стен снаружи, что связано со следующими серьезными недостатками утепления стен здания внутри помещения:

- сокращение полезной площади помещений здания;
- стены не прогреваются и подвержены воздействию атмосферных явлений.

Преимущества наружной фасадной теплоизоляции:

- прочный и эстетичный фасад;
- предотвращение усадочных и механических деформаций стены благодаря малым колебаниям температуры в конструктивном слое;
- высокие гидрофобные свойства стен (или значительное ограничение абсорбции влаги через наружную поверхность системы);
- снижение затрат на отопление здания до 60%;
- возможность применения легких конструкционных материалов стен без потери их теплоустойчивости (за счет этого достигается экономия средств на устройство фундамента и стен до 40%);
- уменьшение толщины наружных стен, увеличение внутренней площади здания до 5% (применение легких ограждающих конструкций позволяет при одной и той же площади застройки получить большую полезную площадь);
- своевременное удаление влаги, сконцентрированной внутри системы наружной теплоизоляции, предотвращает образование плесени и грибка на поверхности стен и внутри конструкции;
- аккумулятирование тепла в ограждающей конструкции, создание благоприятного климата внутри здания;
- увеличение срока службы несущих стен благодаря уменьшению возникающих температурных деформаций;
- препятствие разрушению бетона и коррозии стальной арматуры в случае выполнения несущих стен из бетона (из-за отсутствия доступа к бетону и арматуре углекислого газа, воды и др. агрессивных веществ);
- отсутствие «высолов» на фасадах;
- решение проблемы герметизации швов в панельных зданиях;
- повышение звукоизоляции наружных стен.

Благодаря утеплению фасада увеличивается срок эксплуатации здания. Так, срок службы систем утепления, произведенных в начале 60-х годов в Европе, составляет более 40 лет. Современные системы могут иметь гарантии до 70 лет обслуживания.

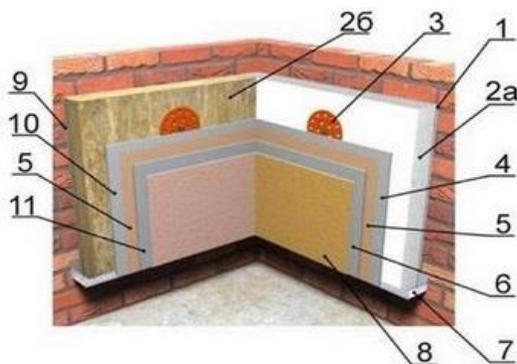
Если внешняя теплоизоляция невозможна из-за необходимости сохранения исторического фасада здания, можно провести теплоизоляцию изнутри. Типичная толщина изоляционного слоя в данном случае составит 6–8 см. Во избежание конденсации влаги и сырости необходимо уделить особое внимание выбору подходящего конструкционного решения и его реализации на практике.

Стены с внешней стороны можно утеплять тремя основными способами:

1. мокрый фасад;
2. вентилируемый фасад;
3. слоистая кладка (колодецкий способ).

Мокрый фасад

Эта многослойная технология чаще всего применяется в многоэтажном строительстве. Слои утеплителя приклеиваются к наружной стене и закрепляются дюбелями (рисунок 14).



Обозначения на схеме:

1. Клеевой раствор (монтажный слой)
- 2а. Пенополистирол
- 2б. Минеральная вата
3. Тарельчатый Дюбель
4. Клеевой раствор
5. Армирующая сетка
6. Клеевой раствор
7. Цокольная планка
8. Декоративная штукатурка
9. Клеевой раствор
10. Клеевой раствор
11. Клеевой раствор

Рисунок 14 – Пример конструкции «мокрый фасад»

Затем накладывается армирующий слой из специального клеевого состава и сетки, грунтовка и декоративное покрытие – штукатурка, краска и др. Для достижения наилучшего результата слои должны быть совместимы по таким характеристикам, как водопоглощение, морозостойкость, тепловое расширение и паропроницаемость.

Основным преимуществом системы «мокрый фасад» является простота изготовления. Надежность фасада обеспечивается одновременным применением механического и клеевого крепежа.

В зависимости от используемого утеплителя классифицируют:

- мокрый фасад на основе минеральной ваты;

- мокрый фасад на основе пенополистирола.
- Технология «мокрый фасад» обладает следующими преимуществами по сравнению с другими видами наружной отделки:
- устраняет мостики холода;
 - увеличивает теплоизоляционную способность стен до 30%;
 - сравнительно малый вес, не оказывающий влияния на несущую конструкцию здания;
 - выравнивает стены и плоскости.

Вентилируемый фасад

Вентилируемый фасад – это облицовка дома виниловым сайдингом, керамическими панелями или профнастилом (рисунок 15).

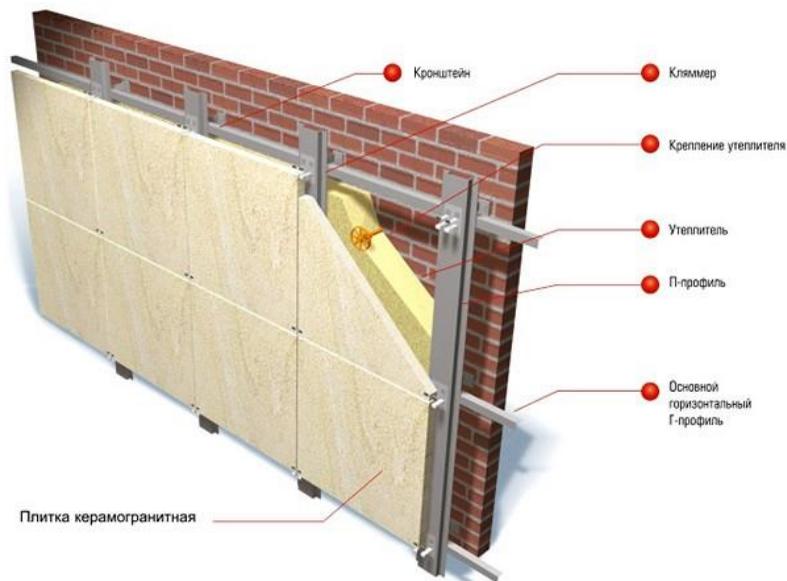


Рисунок 15– Пример конструкции «вентилируемый фасад»

Сначала к стене крепится обрешетка – деревянные рейки или оцинкованные профили из стали. Расстояние между рейками обрешетки делают на 1,5-2 см меньше ширины листа теплоизоляции, чтобы обеспечить плотное прилегание материала на стыках. Затем между рейками устанавливают листы утеплителя. Поверх них укладывают слой гидроизоляции — пленки, которая не пропускает воду, но позволяет водяному пару выходить наружу. И монти-

руют вентилируемый фасад – внешние панели, закрывающие утеплитель от ветра и осадков. Между слоем гидроизоляции и внешним фасадом оставляют зазор для вентиляции — не менее 2,5 см.

Этот способ применяется как при строительстве новых, так и для уже построенных домов, даже если их утепление не было предусмотрено по проекту. Чтобы проверить или частично заменить слой утеплителя, достаточно снять несколько панелей в конструкции.

Утепляющим материалом для такой облицовки дома служит минеральная вата или базальтовая плита. По мере намокания минеральная вата теряет свою теплоизолирующую способность. Для защиты от воздействия влаги утеплитель вентилируемых фасадов помещается в специальный защитный «мешок», который приклеивается к стене здания либо прибивается пластиковыми дюбелями.

Облицовочные панели, закрывающие теплоизоляционные плиты в системе вентилируемого фасада, крепятся специальными зажимами или саморезами.

Колодцевая кладка

Колодцевая кладка представляют собой трехслойную конструкцию, в которой предусмотрено использование эффективных утеплителей в качестве среднего слоя между несущей или самонесущей стеной (из кирпича, керамзитобетонных, газобетонных и др. блоков) и защитно-декоративной облицовкой (из кирпича и других мелкоштучных материалов) (рисунок16).

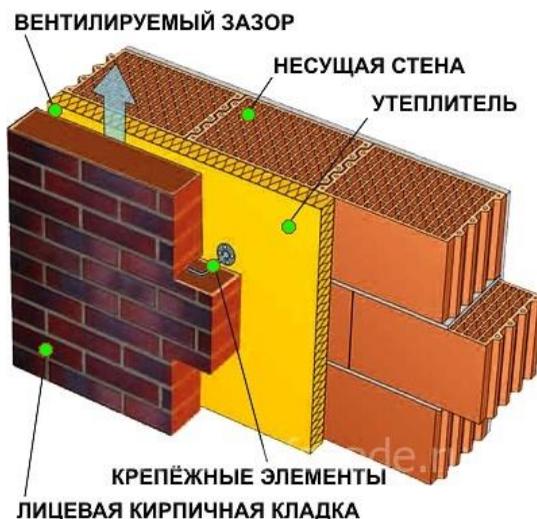


Рисунок 16 – Колодцевая кладка

Конструкции трехслойных стен с утеплителем в качестве внутреннего слоя обладают рядом достоинств, таких как:

- сравнительно небольшая толщина и вес конструкции;
- высокая огнестойкость;
- привлекательный внешний вид.

Слоистая кладка часто внешне практически ничем не отличается от монолитной кирпичной кладки, а такие стены традиционно считаются надежными и долговечными.

Минусы колодцевой кладки стен:

– высокая трудоемкость возведения, что при существующем дефиците квалифицированной рабочей силы неизбежно сказывается на качестве монтажа, долговечности и безопасности конструкций;

– большой объем скрытых видов работ затрудняет диагностику состояния утеплителя в процессе строительства и эксплуатации дома;

– необходимость постоянного контроля за состоянием утеплителя и облицовки;

– пониженный коэффициент теплотехнической однородности, обусловленный наличием в кирпичной или блочной кладке большого количества теплопроводных включений в виде строительных элементов из бетона и др. материалов;

– ограниченные возможностями для выравнивания фасадов при помощи кладки;

– стены здания состоят из материалов с разным сроком службы, что затрудняет их ремонт или даже делает их неремонтопригодными.

Обрушения фрагментов кирпичной облицовки, выполненных по технологии колодцевой кладки, имевшиеся место в последние годы, привели к введению запрета на ее применение в ряде регионов нашей страны, примером может служить Московская область.

Оконные заполнения

Другим источником тепловых потерь в зданиях являются оконные конструкции. За последние годы произошло значительное повышение качества окон, что привело к снижению потерь тепла и повышению уровня комфорта в зданиях.

В соответствии с современными стандартами принято двойное остекление окон со специальным теплоотражающим покрытием, а также заполнение пространства между стеклами разреженным газом.

Энергосберегающие свойства окон во многом зависят от типа и качества профиля, но он занимает лишь небольшую долю площади оконного проема. Все остальное пространство составляет стеклопакет, и именно его характеристики определяют, насколько комфортно будет в доме в зимний или летний период.

Полная замена старых окон на новые требует значительных финансовых затрат. Однако, существуют мероприятия, позволяющие более недорогим способом повысить теплозащитные свойства эксплуатируемых окон. К ним можно отнести установку дополнительных съемных переплетов, закрепляемых на существующих с помощью фиксаторов. При спаренных переплетах третий устанавливается со стороны помещения, а при отдельных – в межстекольное пространство на внутреннем переплете (рисунок 17).

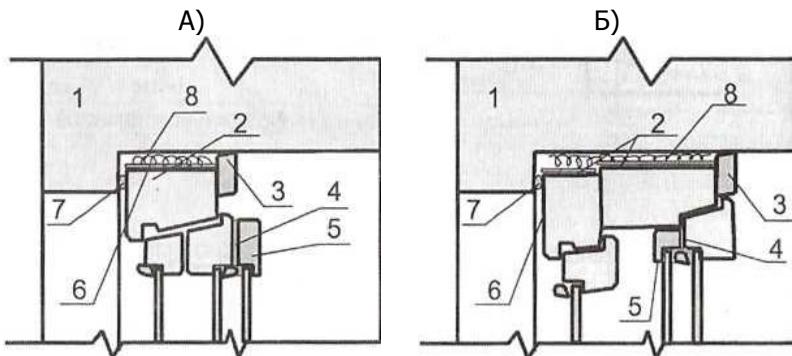


Рисунок 17– Устройство дополнительных съемных переплетов в оконном блоке со спаренными переплетами (а) и отдельными (б): 1 – стена; 2 – оконная коробка; 3 – внутренний наличник; 4 – герметизирующая прокладка; 5 – дополнительный переплет; 6 – рубероид; 7 – герметик; 8 – конопатка

Установка третьего переплета позволяет увеличить сопротивление теплопередаче (с отдельными переплетами) от 0,42 до 0,55 м²°С/Вт и повысить температуру внутренней поверхности окна с 6 до 8,1 °С.

Снижение теплопотерь через остекление и улучшение тепловой и световой обстановки можно обеспечивать также применением специальных энергосберегающих стекол и светотехнических пленок (рисунок 18). Установка пленочных теплоотражающих стекол разбивает межстекольное пространство на два воздушных за-

зора меньших размеров, но с суммарным термическим сопротивлением большим, чем сопротивление исходного межстекольного пространства.

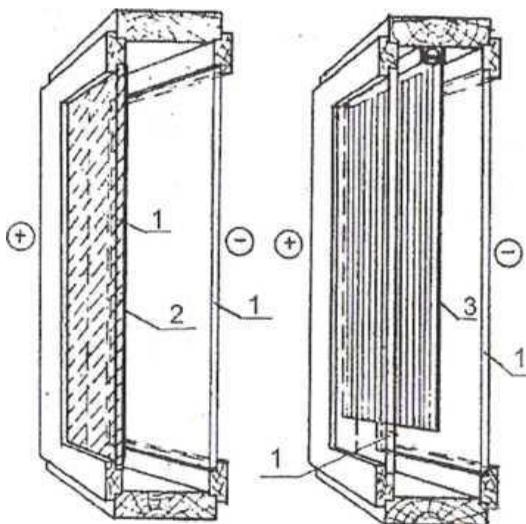


Рисунок 18 – Повышение теплозащиты окон наклеиванием на внутреннее стекло теплоотражающей пленки (а) и устройством шторы из пленочного теплоотражающего стекла (б): 1 – обычное силикатное стекло; 2 – теплоотражающая пленка; 3 – штора из теплоотражающего пленочного стекла

Энергосберегающее стекло – это стекло с тонким покрытием, обладающее свойствами пропускать видимый свет и солнечное тепловое излучение (инфракрасное коротковолновое) и отражать обратно в помещение излучение, источником которого являются предметы, нагретые до комнатной температуры. Излучательная способность стекла обозначается буквой E . Для сравнения, у обычного стекла $E=0,83$, у стекла с низкоэмиссионным оптическим покрытием $E=0,2$, т.е. стекло отражает в помещение до 90% тепловой энергии. Окно, изготовленное с использованием обычного двухкамерного стеклопакета, уступает по энергосбережению окну, изготовленному с использованием однокамерного стеклопакета, в котором установлено одно энергосберегающее стекло.

Энергосберегающие стеклопакеты обладают рядом неоспоримых преимуществ:

- улучшенная теплоизоляция;

- экономия средств: энергосберегающие однокамерные стеклопакеты значительно дешевле двухкамерных и экономят средства на дополнительный обогрев помещения;
- благодаря небольшому весу энергосберегающие однокамерные стеклопакеты создают меньшую нагрузку на фурнитуру створки, продлевая тем самым срок использования пластикового окна;
- комфортный микроклимат в зоне окна.

Заполнение камеры стеклопакета аргоном

Очень часто вместе с применением низкоэмиссионного стекла для улучшения теплозащиты камеры стеклопакета заполняются инертным газом – аргоном. Он является лучшим теплоизолятором, чем воздух, и позволяет без увеличения количества стекол сократить потери тепла через окна.

Заделка и уплотнение оконных и дверных блоков

Снижение избыточной инфильтрации при сохранении старых оконных и дверных блоков достигается за счет их заделки и уплотнения. При заделке имеющееся пустое пространство между рамой и элементом конструкции заполняется полиуретановой пеной. При уплотнении оконных и дверных блоков используются высококачественные полые силиконовые прокладки. Размеры прокладок зависят от зазора между створкой окна и рамой. Обычно необходимые размеры и профили колеблются от 5 до 10 мм в диаметре.

Кровли, крыши и перекрытия верхнего этажа

Теплоизоляция кровель необходима при наличии обогреваемых жилых помещений на верхнем этаже. При отсутствии таких жилых помещений лучшим решением будет теплоизоляция потолочных перекрытий верхнего этажа.

Схемы утепления скатных кровель

Крыша – верхняя ограждающая конструкция здания, защищающая его от воздействий окружающей среды и механических повреждений. Состоит из несущих элементов (балки, стропила, фермы) и покрытия – кровли.

Теплым чердаком называют подкровельное утепленное пространство, образованное скатами крыши и фронтонами.

Мансардой называют жилое пространство, образованное скатами крыши, фронтонами и продолжением стен нижнего этажа (высота стены не менее 1,5 м).

Прогрев неутепленной кровли изнутри помещения приводит к таянию снега на кровельном покрытии. Талая вода стекает по скатам и образует на карнизах и ендовах наледь и сосульки. При

этом возникает опасность обрушения снега и льда с крыши, а также происходит быстрый износ покрытия, разрушение водостоков и карнизов. В жаркое время года разогревающееся кровельное покрытие без теплоизоляции становится причиной повышения температуры в жилом помещении, что делает условия проживания некомфортными. Как следствие, происходит увеличение энергопотребления на вентиляцию и кондиционирование воздуха. Высокий уровень шума в мансарде также является следствием ее недостаточной изоляции. Для снижения теплопотерь здания, уменьшения шумовой нагрузки, обеспечения долговечности конструкции крыши и создания комфортных условий проживания необходима качественная и надежная теплоизоляция скатной крыши.

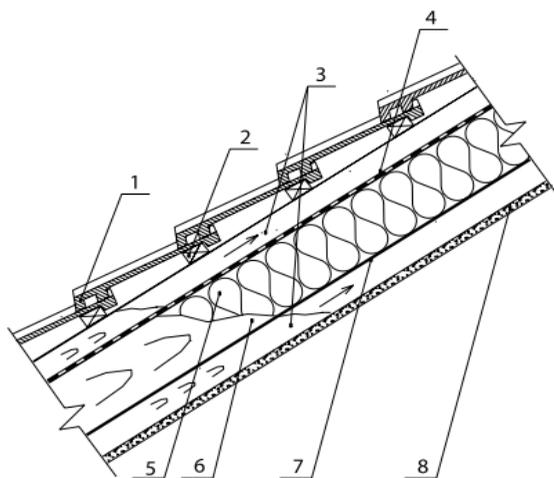
Крыша – самонесущая конструкция. Она образована системой стропил, которые принимают на себя все нагрузки (ветровую, снеговую и собственный вес кровли) и передают их на каркас здания. Основным элементом несущей части являются стропильные ноги, которые вместе с другими силовыми элементами (подкосами, диагональными связями и т. п.) образуют фермы. Полости между стропилами заполняют теплоизоляционным материалом, который снаружи защищается от атмосферной влаги, конденсата и эрозии ветро- и гидроизоляционными материалами. С внутренней стороны утеплителя укладывают пароизоляционные материалы.

Выбор схемы утепления зависит от конструктивных особенностей ферм, толщины стропил, а также от удобства и навыков проведения работ по монтажу конструкции кровли. В современной практике используются три схемы утепления:

- с утеплителем, размещенным между стропилами (несущий каркас находится в утеплителе);
- с утеплителем, размещенным между стропилами и в каркасе над стропилами (несущий каркас находится в теплой зоне);
- с утеплителем, размещенным между стропилами и в каркасе под стропилами (несущий каркас находится в холодной зоне).

Схема с утеплителем, размещенным между стропилами

Если толщина слоя утеплителя, полученная в результате теплотехнического расчета, меньше или соответствует толщине стропил, выбирают наиболее простую для реализации схему утепления – монтаж изоляционного материала между стропилами. Монтаж может осуществляться как снаружи, так и изнутри помещения (рисунок 19).

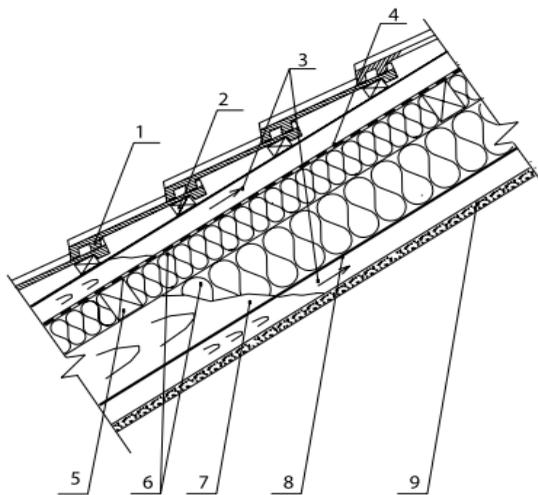


- 1 – кровельное покрытие, 2 – контробрешетка (основание для крепления кровельного материала), 3 – проставочный брусок (обеспечивает воздушный зазор над утеплителем), 4 – гидроизоляционная паропроницаемая мембрана, 5 – теплоизоляция, 6 – стропила, 7 – пароизоляция, 8 – внутренняя отделка

Рисунок 19 – Схема утепления скатной кровли с утеплителем, размещенным между стропилами

Схема с утеплителем, размещенным между стропилами и в каркасе над стропилами

При этой схеме утепления нижний слой теплоизоляционного материала располагается между стропилами, а верхний устанавливается в контробрешетку, смонтированную поверх стропил (рисунок 20).



- 1 – кровельное покрытие, 2 – контробрешетка (*основание для крепления кровельного материала*), 3 – проставочный брусок (*обеспечивает воздушный зазор над утеплителем*), 4 – гидроизоляционная паропроницаемая мембрана, 5 – обрешетка для теплоизоляции, 6 – теплоизоляция, 7 – стропила, 8 – пароизоляция, 9 – внутренняя отделка

Рисунок 20 – Схема с утеплителем, размещенным между стропилами и в каркасе над стропилами

Такую схему обычно выбирают, если:

- толщины стропил недостаточно для установки утеплителя требуемой толщины;
- нужно максимально увеличить полезный объем мансарды, но толщины стропил недостаточно для установки необходимого слоя теплоизоляции;
- стропильные балки имеют большой свес наружу, например, служат несущей конструкцией козырька балконов.

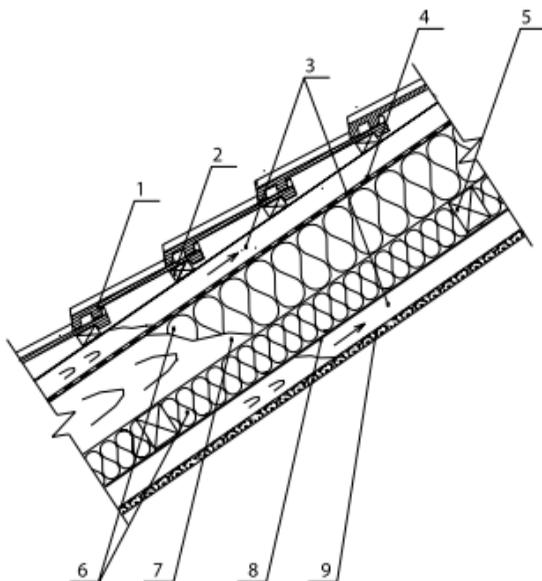
Преимущества такой схемы:

- наружное утепление защищает конструкцию от воздействия переменных температур наружного воздуха, увеличивая ее долговечность;
- формируется более благоприятный климат помещения за счет повышения температуры внутренних поверхностей стен и потолка мансарды, уменьшается перепад температур внутреннего воздуха и на поверхности стены;

– при наружном утеплении полезный объем мансарды максимален.

Схема с утеплителем, размещенным между стропилами и в каркасе под стропилами

При этой схеме верхний слой утеплителя располагается между стропильными ногами, а нижний устанавливается в каркас контробрешетки, смонтированной изнутри помещения (рисунок 21).



- 1 – кровельное покрытие, 2 – контробрешетка, 3 – проставочный брусок, 4 – гидроизоляционная паропроницаемая мембрана, 5 – обрешетка для теплоизоляции, 6 – теплоизоляция, 7 – стропила, 8 – пароизоляция, 9 – внутренняя отделка

Рисунок 21 – Схема с утеплителем, размещенным между стропилами и в каркасе под стропилами

Основным недостатком такой схемы утепления является уменьшение полезного объема помещения мансарды.

Такую схему выбирают, если:

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

- высока вероятность неблагоприятных погодных условий и приоритетной является задача максимально быстрой установки кровельного покрытия;
- утеплению подлежит реконструируемое здание с уже установленной кровлей;
- стропильные балки имеют большой свес наружу, например, служат несущей конструкцией козырька балконов;
- стропильная конструкция выполнена из металла и есть необходимость в перекрывании мостиков холода теплоизоляционным материалом;
- есть необходимость в минимизации высоты здания;
- монтаж удобнее производить изнутри помещения.

Утепление плоской кровли

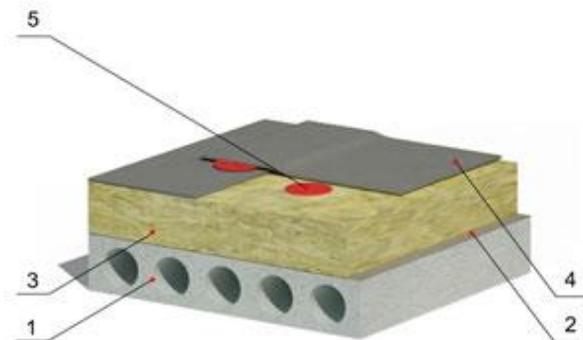
Несущей частью системы плоской кровли является плита перекрытия. Крепление кровельного утеплителя к несущему материалу основания мягкой крыши при монтаже или ремонте чаще всего выполняют кровельными дюбелями. Приклейка утеплителя к материалу основания плоской системы крыши допускается, если прочность клеевого крепления при монтаже утеплителя мягкой кровли выше, чем прочность на отрыв слоев теплоизоляционного материала.

Важной характеристикой кровельной теплоизоляции помимо теплопроводности является прочность на сжатие, это связано с тем, что любая деформация кровельного утеплителя плоской крыши при монтаже или эксплуатации, может повлечь за собой повреждение гидроизоляционного материала.

На сегодня существуют две типовые схемы устройства утепления мягкой кровли: однослойная и двухслойная кровельная теплоизоляция.

Однослойная система теплоизоляции плоской кровли

Устройство однослойной кровельной системы наиболее распространено при новом строительстве, реконструкции или ремонте крыши промышленных зданий, гаражей, складов. Весь слой утепления выполняется из кровельной теплоизоляции одной плотности (рисунок 22).



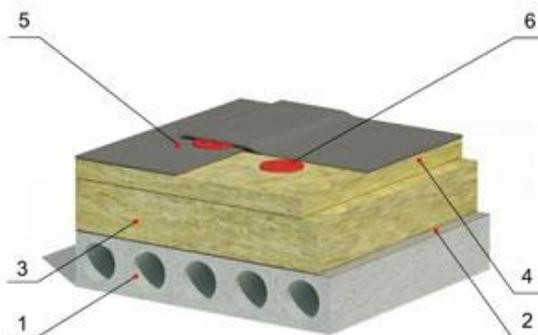
1 – плита перекрытия, 2 – пароизоляция, 3 – утеплитель
4 – кровельный материал, 5 – кровельный крепеж

Рисунок 22 – Пример однослойной системы теплоизоляции

Если по своему назначению и устройству мягкая кровля будет эксплуатируемой, то поверх кровельного утеплителя крыши выполняется монтаж бетонной стяжки.

Двухслойная система теплоизоляции плоской кровли

Двухслойная система является наиболее распространенным способом утепления плоской кровли и применяется для устройства крыши практически на всех новых зданиях. Система состоит из двух слоев материала теплоизоляции крыши – нижнего и верхнего (рисунок 23).



1 –плита перекрытия, 2 – пароизоляция, 3 – нижний слой утеплителя, 4 – верхний слой утеплителя, 5 – кровельный материал, 6 –крепеж утеплителя

Рисунок 23 – Пример двухслойной системы теплоизоляции

Нижний слой кровельного утеплителя является основным материалом, он имеет максимальное термическое сопротивление и толщину 70-170 мм при относительно небольшой прочности. Верхний слой утеплителя выполняет функцию перераспределения механической нагрузки на всю плоскую систему. Этот материал отличается от нижнего слоя утеплителя значительно меньшей толщиной 30-50 мм, большей прочностью на сжатие и плотностью. Такое перераспределение функций между слоями материала позволяет существенно снизить вес утеплителя и всей плоской системы мягкой кровли. Это особенно важно при ремонте старых зданий.

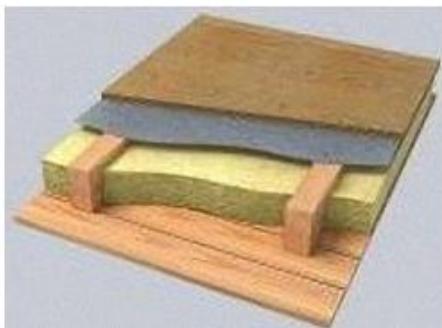
Утепление перекрытий над холодным подвалом

Потери тепла через неутепленный пол первого этажа могут достигать 10 %. Для уменьшения потерь тепла и обеспечения требуемых температур на поверхности пола необходимо утеплить перекрытие над холодным подвалом или подпольем. В результате – повышается температура в помещениях, находящихся над подвалом, и комфортность проживания.

Утепление деревянного перекрытия

Для утепления перекрытий над холодными подвалами и подпольями используются мягкие плиты и маты из минеральной ваты, каменной ваты или стекловаты, которые плотно (с небольшим распором) устанавливаются в пространство между балками или лагами. Если толщины выбранных плит недостаточно, утеплитель укладывают в два слоя с разбежкой стыков.

Ниже на рисунке 24 представлена схема такого утепления.

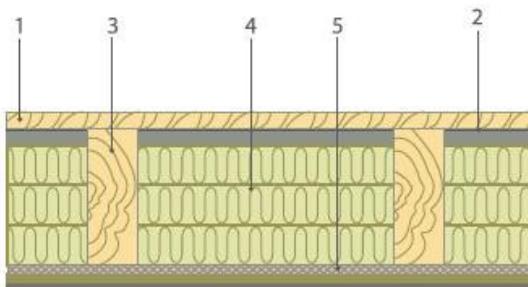


- 1 – покрытие пола
- 2 – пароизоляционная пленка
- 3 – балки перекрытия
- 4 – утеплитель (минеральная вата)
- 5 – нижняя обшивка перекрытия

Рисунок 24– Утепление деревянного перекрытия

Теплоизоляцию защищают от увлажнения водяными парами внутреннего воздуха, диффундирующими из внутреннего помещения дома в холодный подвал. Для этого слой пароизоляции укладывают поверх утеплителя с теплой стороны. Через перекрытие, как и через наружные стены, происходит диффузия водяных паров из теплых внутренних помещений наружу. Поскольку холодное подполье расположено под перекрытием первого этажа, то направление движения водяных паров будет сверху вниз.

Для обеспечения лучшей паронепроницаемости делают перехлест полотнищ пароизоляции на 10–15 см. Края полотнищ пароизоляции заводят на высоту 10 см над поверхностью утеплителя и прикрепляют плинтусом к стене дома. По деревянным лагам пола первого этажа коттеджа, дачи укладывают половые доски или плиты и затем покрытие пола (рисунок 25).



- 1 – покрытие пола из досок или плит
- 2 – пароизоляция
- 3 – деревянные балки, опирающиеся на цоколь дома
- 4 – утеплитель
- 5 – подшивка из досок или сетки

Рисунок 25– Технология утепления перекрытия по балкам

Подвал должен быть сухим и хорошо проветриваемым. Неправильный температурно-влажностный режим может привести к образованию конденсата внутри утеплителя. Чтобы этого не случилось, подполье должно иметь продухи для его вентиляции (рисунок 26).

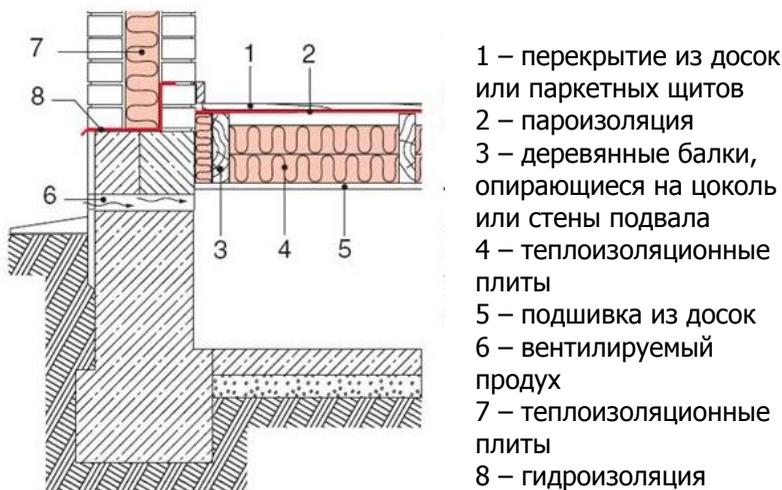
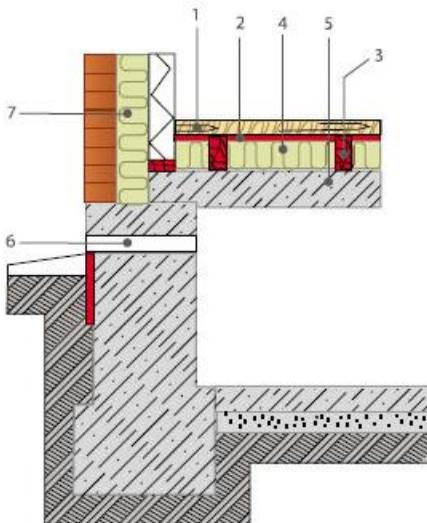


Рисунок 26– Утепление перекрытия по деревянным балкам над вентилируемым подвалом

При очень низких температурах воздуха зимой их можно закрывать, чтобы температура в подполье не была очень низкой и это не приводило к большому перепаду температур и образованию конденсата в утеплителе или на его поверхности.

Утепление железобетонного перекрытия

Несущей частью перекрытия над вентилируемым подпольем или подвалом может быть железобетонная плита. В этом случае пол над перекрытием может устраиваться по лагам, а его утепление производится мягкими плитами или матами из минеральной ваты, уложенным по плите между лагами (рисунок 27).



- 1 – покрытие пола
- 2 – пароизоляция
- 3 – лаги
- 4 – теплоизоляция
- 5 – плита перекрытия
- 6 – вентиляционный продух
- 7 – теплоизоляция стены

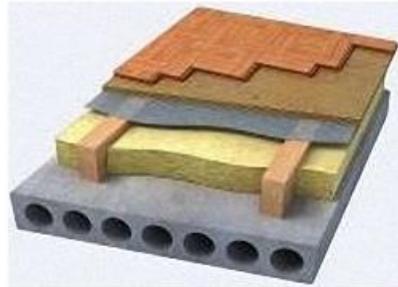


Рисунок 27– Схема утепления перекрытия по железобетонным плитам (между лагами)

Для защиты утеплителя от увлажнения его необходимо изолировать слоем пароизоляционного материала, но в отличие от чердачных перекрытий, пароизоляция располагается над утеплителем, а не под ним, так как водяные пары диффундируют из теплых (верхних) помещений в более холодные (нижние). При утеплении плитных цокольных перекрытий теплоизоляцию укладывают на несущие плиты, располагая ее между лагами, установленными на железобетонную плиту через прокладки из рубероида или другого гидроизоляционного материала.

Полотнища пароизоляционного материала раскатывают с перехлестом не менее 10 см, после чего швы проклеивают специальной лентой или скотчем для обеспечения герметичности. При использовании фольгированных пароизоляционных материалов их устанавливают блестящей поверхностью в сторону теплого помещения. В этом случае между пароизоляцией и основанием пола нужно предусмотреть небольшую воздушную прослойку. Для вентиляции подвала устраивают отверстия размером (100x100)-(150x150) мм, располагая их по периметру цокольной части здания через каждые 4-5 м. Влага будет иметь возможность испариться наружу, и в подвале не появятся плесень и запах сырости. Утеплить существующее цокольное перекрытие можно, прикрепив к нему плиты утеплителя со стороны подвала. Для этого жесткий

утеплитель приклеивают к железобетонной плите с помощью клеящей мастики, а затем оштукатуривают по сетке.

Утепление пола по грунту

Вариант устройства утепления пола по грунту представлен на рисунках 28-29.

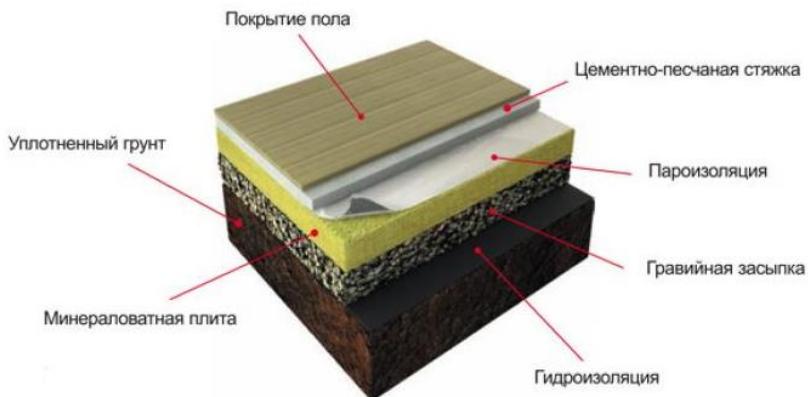


Рисунок 28– Утепление пола по грунту минеральной ватой

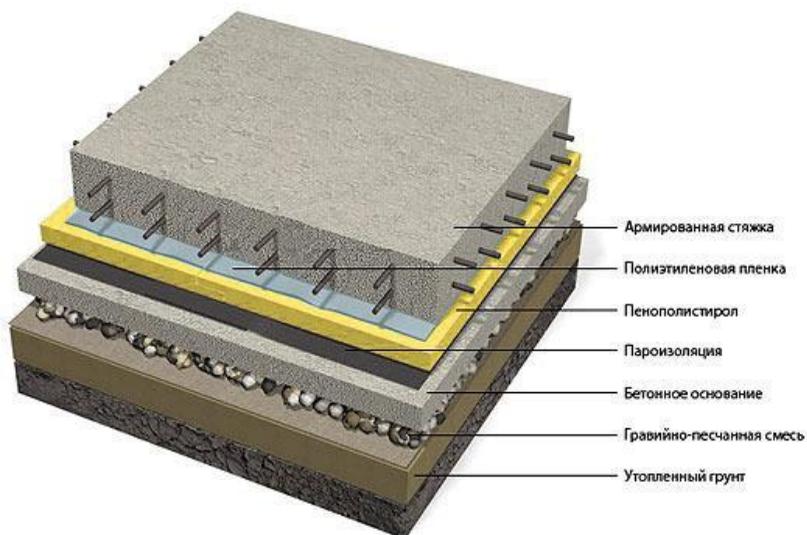


Рисунок 29– Утепление пола по грунту пенополистиролом

Особенностью данного вида утепления является то, что пол и теплоизоляционный слой будут непосредственно контактировать с грунтом и в некоторых случаях даже могут подвергаться воздействию грунтовых вод. Поэтому утеплитель должен обладать не только теплоизоляционными свойствами, но и быть влагонепроницаемым и влагоустойчивым.

Температурные мостики

Изоляционный материал должен создавать герметичную оболочку для всех отапливаемых помещений здания. К сожалению, на практике в оболочке здания нередко возникают участки с повышенной теплопроводностью, называемые «мостиками холода» или «температурными мостиками».

Различают 4 вида мостика холода:

1. *геометрические мостики холода* – определяются архитектурно-конструктивными особенностями дома (внешний угол, стыки элементов конструкции);

2. *конструктивные* – характеризуются разной теплопроводностью строительных элементов и материалов, которые совмещены в единую конструкцию здания (например, железобетонные плиты перекрытия, оконные и дверные перемычки в кирпичной кладке стен);

3. *линейные мостики холода* – располагаются там, где заканчивается утепление стен дома (мостики холода вдоль откосов окон или дверей);

4. *точечные мостики холода* – это места в стенах дома, где устанавливаются анкера, болты или другие крепежные соединения, у которых теплопроводность существенно выше теплопроводности стены.

К наиболее слабым и уязвимым участкам здания, на которых чаще всего образуются «мостики холода», можно отнести следующие:

- стыки стен фундамента с полом первого этажа;
- стыки стен фундамента с несущими наружными стенами здания;
- стыки наружных несущих стен с кровлей;
- углы наружных стен;
- оконные и дверные проемы;
- балконные плиты;
- архитектурные выступы здания;
- любые места крепления конструктивных деталей к коробке здания.

Мостики холода приводят к:

- снижению температуры внутри помещений в холодное и перегреву помещений в жаркое время года;
- образованию конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции;
- увеличению расхода ресурсов на отопления дома;
- возникновению сырости и плесени на внутренних стенах дома.

Для минимизации потерь тепла через мостики холода необходимы специальные меры. Например, изоляция стен должна опускаться не менее чем на 50 сантиметров ниже уровня потолка подвала. На уровне земли необходим влагозащитный слой по всему периметру.

Система теплоизоляции крыши должна быть, по возможности, совмещена с теплоизоляцией стен. Теплоизоляционный слой стен должен перекрывать оконный проем не менее чем на 2–4 см.

Серьезные проблемы возникают при консольном монтаже балконов к потолочной панели зданий. При проведении теплоизоляции стен наилучшим решением является ликвидация балконов или иных выступающих элементов. Их можно также заменить самонесущими балконами, имеющими точечное крепление к стене.

Для лоджий решить проблему температурных мостков сложнее. Можно рекомендовать создание дополнительной комнаты за счет остекления лоджии в сочетании с теплоизоляцией всей стены, включая лоджию и ограждение.

2.2.2 Повышение энергетической эффективности инженерных систем зданий

Система вентиляции

Вентиляция – это регулируемый воздухообмен в помещениях, создающий благоприятное для человека состояние воздушной среды (состава воздуха, температура, влажность и пр.), а также совокупность технических средств, обеспечивающих такой воздухообмен.

Существуют следующие виды вентиляции:

1. Естественная, механическая, смешанная

Естественная вентиляция – это система вентиляции, не содержащая электрооборудования (вентиляторов, двигателей, приводов и т.п.). Перемещение воздуха в ней происходит за счет разности температур, давления наружного воздуха и воздуха в помещении, ветрового давления. Естественная вентиляция существует во всех многоэтажных домах – это система вертикальных каналов

(воздуховодов) с вентиляционными решетками на кухнях и в санузлах. Воздуховоды выводятся на крышу, там на них установлены специальные насадки – дефлекторы, которые усиливают отсасывание воздуха за счет силы ветра. Приток свежего воздуха должен осуществляться через щели в дверях и оконных проемах, открытые форточки.

В механических системах вентиляции используется оборудование и электроприборы, позволяющие перемещать воздух на значительные расстояния, а также при необходимости очищать и нагревать его. Механические системы способны обеспечить нужный уровень воздухообмена независимо от внешних условий.

Смешанная вентиляция – одновременно естественная и механическая (например, вентиляторы в вентиляционных каналах). Существуют «умные» вентиляторы с автоматическим управлением, например, вентилятор для ванной, включающийся, когда уровень влажности превысит установленный предел, вентилятор для туалета, подсоединяемый к выключателю света. Для улучшения приточной вентиляции можно установить стеклопакеты с приточными клапанами, через которые за счет разницы давления и температуры будет поступать воздух с улицы.

2. Приточная и вытяжная

Приточные системы – один из видов механической вентиляции, служат для подачи в вентилируемые помещения чистого воздуха взамен удаленного. Приточный воздух, как правило, подвергается специальной обработке (очистке, нагреванию, увлажнению и т.д.) с помощью соответствующего дополнительного оборудования.

Вытяжная вентиляция удаляет из помещения загрязненный или нагретый отработанный воздух. В общем случае в помещении предусматриваются как приточные системы вентиляции, так и вытяжные системы. В помещениях может быть также предусмотрена только вытяжная или только приточная система вентиляции.

3. Местная и общеобменная

Местной вентиляцией называется такая вентиляция, при которой воздух подают на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция).

Общеобменные системы вентиляции – как приточные, так и вытяжные, предназначены для осуществления вентиляции в помещении в целом или в значительной его части. Общеобменные вытяжные системы относительно равномерно удаляют воздух из

всего обслуживаемого помещения, а общеобменные приточные системы подают воздух и распределяют его по всему объему вентилируемого помещения.

4. Канальная и бесканальная

Системы вентиляции либо имеют разветвленную сеть воздуховодов для перемещения воздуха (канальные системы), либо каналы-воздуховоды могут отсутствовать, например, при установке вентиляторов в стене, в перекрытии, при естественной вентиляции и т.д. (бесканальные системы).

Повышение теплозащитных качеств стеновых ограждающих конструкций за счет дополнительного утепления наружных стен и установка герметичных окон с металлопластиковыми переплетами приводят к тому, что традиционные системы естественной вентиляции, ориентированные на высокую воздухопроницаемость ограждающих конструкций, оказываются неработоспособными, из-за чего ухудшается микроклимат в помещении – снижается качество воздуха, повышается влажность, нарушается циркуляцию воздуха.

Для эффективной работы вентиляции в жилых зданиях возможно устройство механической системы вентиляции. Примером может служить *централизованная механическая вытяжная вентиляция*, снабженная постоянно работающим единым на секцию центробежным вентилятором. Приток воздуха в этой системе осуществляется через специальные устройства – приточные клапаны, которые могут находиться в оконных проемах, оконной коробке или в стене. Они необходимы для организации постоянного притока воздуха в помещение в определенном количестве независимо от направления и скорости ветра, температуры наружного воздуха и т.д. Возможность индивидуального регулирования воздухообмена в зависимости от режима эксплуатации квартиры дает ощутимую экономию тепловой энергии на нагрев вентиляционного воздуха.

Оборудование жилых зданий *приточными системами механической вентиляции* происходит значительно реже. Это удорожает проект за счет стоимости самой системы и затраты на ее электрообеспечение, требует наличия места для размещения приточной установки и воздуховодов. Преимуществом механических приточных систем является гарантированная подача требуемого количества воздуха в каждое помещение, а также возможность осуществления воздухоподготовки перед подачей в помещения [17].

Применение механической приточной системы предполагает, как правило, использование также механической вытяжной

вентиляции. Наличие *механической приточно-вытяжной системы* делает возможным утилизацию теплоты вытяжного воздуха за счет теплоутилизаторов – теплообменников, которые устанавливаются в системах вентиляции и кондиционирования и позволяют использовать тепло удаляемого из помещения воздуха.

Системы вентиляции с теплоутилизаторами имеют следующие достоинства:

- существенная экономия тепловой энергии, расходуемой на нагрев вентиляционного воздуха;
- высокий уровень воздушно-тепловой комфортности;
- возможность регулирования воздушно-теплого режима в зависимости от режима эксплуатации квартиры;
- возможность защиты от внешнего шума при использовании герметичных светопрозрачных конструкций;
- возможность очистки приточного воздуха с помощью высокоэффективных фильтров;
- возможность поддержания оптимальной влажности воздуха в квартире при использовании регенеративных теплоутилизаторов.

Наилучшими являются системы, обеспечивающие экономию ресурсов за счет утилизации тепла из вытяжной вентиляции.

Применяемые в современных зданиях системы вентиляции должны удовлетворять следующим требованиям:

- расчетный расход теплоты на вентиляцию квартир должен быть соизмерим с трансмиссионными теплопотерями здания;
- минимальный воздухообмен в квартире должен обеспечить удаление из помещений вредных веществ, выделяемых строительными конструкциями, отделочными материалами, мебелью и т.п.;
- защита квартир от городского шума и шума, генерируемого системами механической вентиляции.

Системы теплоснабжения

В настоящее время в городах распространена вертикальная однотрубная насосная система водяного отопления с зависимым присоединением ее к наружным теплопроводам.

При эксплуатации такой системы отопления тепловой режим в отдельных помещениях отклоняется от заданного вследствие нарушений расчетных условий, вызываемых отклонением фактической площади нагревательной поверхности отопительных приборов от расчетной площади, неплановым изменением температуры и расхода воды, а также вследствие продвижения воды через последовательно соединенные отопительные приборы. В процессе

эксплуатации проводят центральное регулирование температуры горячей воды, ориентируясь на помещения, находящиеся в неблагоприятных тепловых условиях, что вызывает перегревание большинства помещений и перерасход теплоты на обогревание зданий [17].

Модернизация системы отопления зданий заключается в:

- замене однотрубной системы отопления двухтрубной;
- установке счетчиков тепла;
- замене вертикальной системы отопления горизонтальной системой с поквартирным распределением теплоносителя;
- установке тепловых насосов;
- устройстве автоматической системы управления работой инженерного оборудования;
- переходе на комбинированную систему отопления с переменным тепловым режимом в зданиях с кратковременным пребыванием людей.

Большое значение для экономии ресурсов имеет регулирование температуры помещений самими жильцами. Для этого батареи должны быть снабжены **термостатическими вентилями**. Действенным стимулом к ресурсосбережению является также и расчет стоимости тепла на основе **показаний приборов учета**.

Промывка оборудования и трубопроводов системы отопления

В ходе эксплуатации трубопроводы, радиаторы и другие элементы системы отопления могут загрязняться механическими примесями, имеющимися в теплоносителе. Кроме того, при отклонениях химического состава теплоносителя от нормативного может иметь место коррозия, продукты которой осаждаются на внутренней поверхности оборудования. В результате этих процессов характеристики системы отопления могут существенно измениться. Промывка оборудования и трубопроводов системы отопления позволяет очистить их внутреннюю поверхность от механических и химических отложений и восстановить проектные характеристики системы отопления.

Наиболее простой способ промывки системы – прокачка воды из системы холодного водоснабжения через систему отопления в направлении, противоположном нормальному течению теплоносителя, а затем – в направлении нормального течения и т.д. Наилучшие результаты достигаются при использовании промывочных машин, позволяющих применять более сложные технологии

(химическую, пневматическую, импульсную и др.). При сильном загрязнении осуществляется раздельная промывка радиаторов, стоков и другого оборудования.

Совершенствование эффективности системы горячего водоснабжения

Основными причинами потерь теплоты в системах горячего водоснабжения (ГВС) являются: слив воды пользователями, отсутствие тепловой изоляции на подающей магистрали и стояках системы горячего водоснабжения, а также наличие избыточного напора воды у санитарных приборов нижних этажей зданий.

Значительное повышение эффективности использования ресурсов достигается за счет совмещения производства тепла и электричества. В локальных системах, обслуживающих небольшой город или отдельные районы города, для нагрева воды может использоваться избыточная энергия, вырабатываемая крупными и средними ТЭЦ. В этом случае особое внимание следует обратить на распределительные сети. Если трубы плохо заизолированы, потери тепла могут быть очень велики, а в старых поврежденных сетях они могут превысить объем тепла, доставляемый в здание.

Небольшие установки по производству электричества и тепла могут работать в подвалах многоквартирных домов или небольших предприятий.

В насосных установках может использоваться тепло окружающей среды (обычно наружного воздуха или почвы). В местных распределительных сетях используются электронасосы.

2.2.3 Прочие мероприятия

Установка радиаторных отражателей

Значительная часть лучистой энергии, выделяемой радиатором, направляется в сторону стены, на которой он укреплен. Установка на стене за радиатором отражателя позволяет вернуть большую часть этой энергии обратно в квартиру.

Отражатель представляет собой комбинацию отражающего и теплоизоляционного слоев. Отражающая фольга наносится на слой гибкого изоляционного слоя толщиной не менее 1,5 см, что облегчает монтаж отражателя за радиатором.

Установка на окнах теплоотражающих пленок и низкоэмиссионных стекол

Установка на окнах низкоэмиссионных стекол или теплоотражающих пленок позволяет отражать обратно, в помещение, инфракрасное излучение, генерируемое системой отопления и жиль-

цами, а также солнечное излучение, отраженное от стен и предметов в помещениях. За счет этого потери тепла через окна значительно уменьшаются.

Теплоотражающие пленки располагаются на внешней стороне внутреннего стекла. Непосредственно перед установкой пленку разогревают, а затем за счет эффекта термоусадки она приобретает необходимое натяжение. После установки пленки температура в помещении поднимается на несколько градусов.

Другим энергосберегающим мероприятием является установка низкоэмиссионного стекла. Низкоэмиссионное остекление может производиться в виде замены внутреннего стекла или в виде установки дополнительной рамы (между существующими рамами или со стороны комнаты). Толщина такого стекла составляет не менее 4 мм.

Реконструкция входов в подъезды

Снижение избыточной инфильтрации достигается путем реконструкции входов в подъезды и обычно включает замену наружных и внутренних входных дверей в подъезд на новые металлические двери с качественной изоляцией, которые оборудованы автоматическими доводчиками и эффективными дверными защелками. При необходимости производится также расширение тамбура до такого размера, чтобы после прохода человека первая дверь успевала закрываться до того, как он откроет вторую дверь.

Установка настенных водоподогревателей

Настенные водоподогреватели устанавливаются как в индивидуальных домах, так и в квартирах многоэтажных зданий. Их используют как для снабжения горячей водой, так и для отопления одного или нескольких помещений. Поскольку источник тепла находится непосредственно у потребителя, то нерациональные потери, характерные для централизованного теплоснабжения, в этом случае полностью отсутствуют.

Водоподогреватели бывают газовыми и электрическими и работают в автоматическом режиме. При их установке в зданиях, ранее подключенных к системе районного теплоснабжения, требуется выполнить значительный объем работ по реконструкции трубопроводов газа и отопления, по модернизации электрического оборудования.

Контроль качества

Важное значение для достижения целей энергосбережения в жилищном фонде российских городов имеет контроль качества выполняемых работ со стороны инженеров-строителей, имеющих необходимый опыт и навыки в этой области. От качества выполненных работ по утеплению стен, кровли здания, установке оконных блоков, изоляции трубопроводов и др. зависит будущая энергоэффективность здания, уровень тепловых потерь и объемы потребляемых ресурсов.

Вопросы и задания к разделу 2

1. Назовите основные направления экономии энергии в зданиях.
2. Дайте классификацию энергосберегающих решений в жилищном секторе, приведите примеры.
3. Что такое энергетическая санация жилищного фонда?
4. Приведите примеры мероприятий по повышению энергетической эффективности оболочки здания.
5. Назовите способы утепления стен зданий, их преимущества и недостатки.
6. От чего зависит выбор схемы утепления кровли?
7. Когда кровлю лучше утеплять снаружи, а когда изнутри здания?
8. Что такое мостики холода?
9. Назовите виды и места образования мостиков холода.
10. Приведите примеры мероприятий по повышению энергетической эффективности инженерных систем здания.

3 ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

Для разработки мероприятий по повышению эффективности использования тепловой энергии в здании, необходимо грамотное составление теплового баланса здания.

Тепловой баланс включает в себя отопительную нагрузку здания, на которую влияют потери теплоты через ограждающие конструкции, потери теплоты на нагрев инфильтрующегося и вентиляционного воздуха, тепловыделения от солнечной радиации через световые проемы и внутренние бытовые тепловыделения [45, 49].

Практика показывает, что около 10 % теплоты теряется через кровлю, 30 % через световые проемы, 40 % составляют потери тепла через наружные стены, 10 % через входные двери и около 10 % через подвальное перекрытие (рисунок 30).

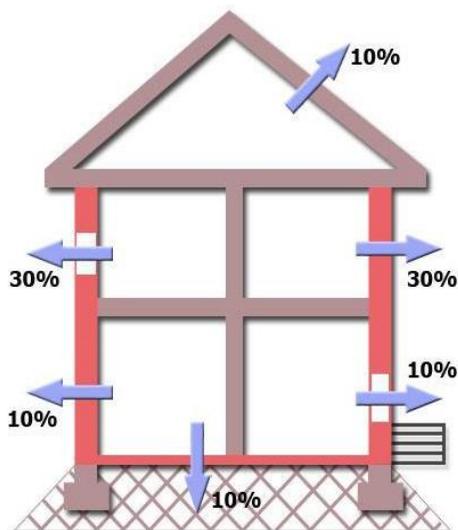


Рисунок 30 – Усредненные значения тепловых потерь через ограждающие конструкции здания

После поштатейного определения доли тепловых потерь здания и его удельных тепловых характеристик можно произвести оценку энергоэффективности здания и предложить мероприятия по ее повышению.

Энергоэффективность эксплуатируемых зданий проверяют путем их приборного обследования в течение отопительного периода или установкой узлов учета.

3.1 Энергетическое обследование

Энергетическое обследование – комплексное исследование конкретного здания, в ходе которого определяются:

- фактическое потребление энергии (тепловой и электрической);
- параметры внутреннего климата;
- состояние технических систем и ограждающих конструкций, другие факторы, влияющие на потребление энергии;
- возможности энергетической модернизации.

Порядок проведения энергетических обследований определяется Федеральным законом №261-ФЗ.

Комплексное энергетическое обследование предприятий, жилых зданий, проводится по утвержденному техническому заданию и, как правило, включает в себя 4 этапа (рисунок 31).

Энергетическое обследование является обязательным на объектах следующих организаций:

- 1) органы государственной власти, органы местного самоуправления;
- 2) организации с участием государства или муниципального образования;
- 3) организации, осуществляющие регулируемые виды деятельности (субъектами естественных монополий, организациями коммунального комплекса, в отношении которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется регулирование цен, тарифов);
- 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

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов.

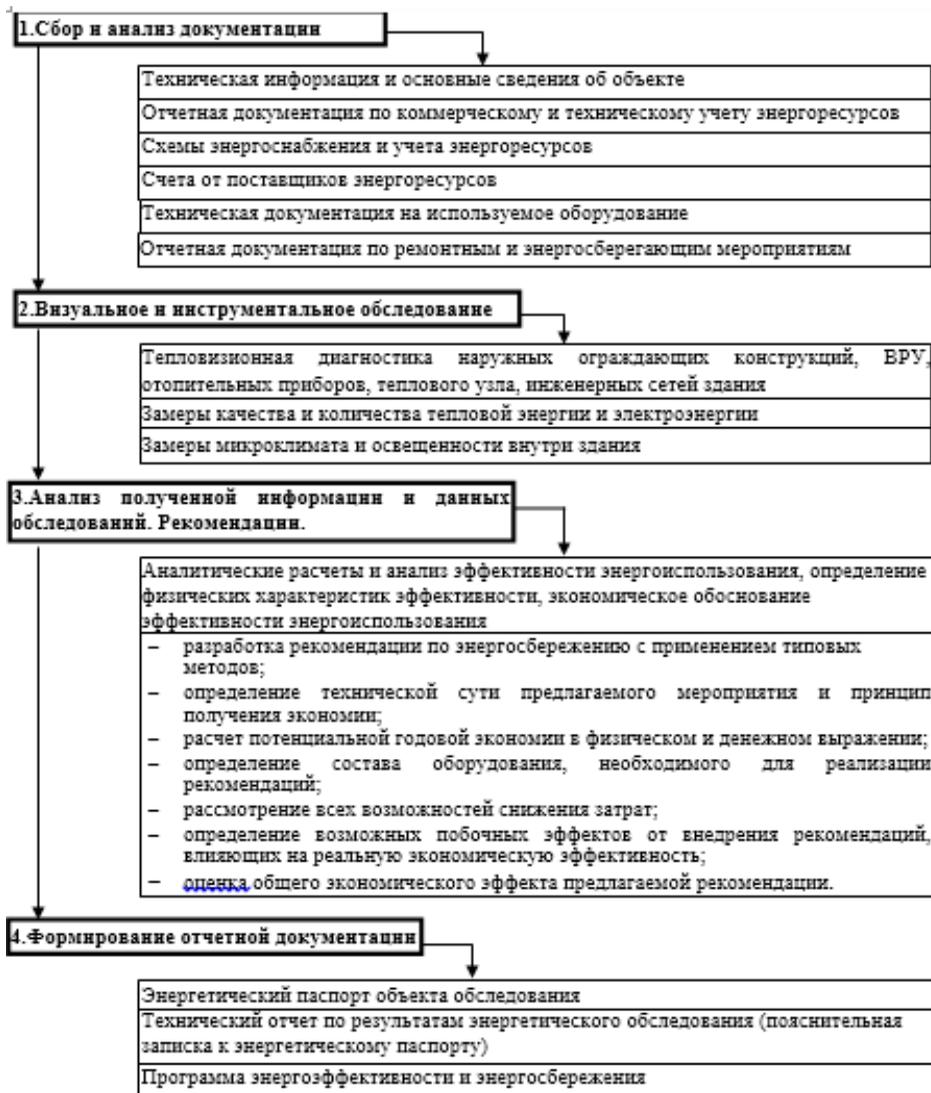


Рисунок 31 – Этапы проведения энергетического обследования жилого здания

Цели энергетического обследования:

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

Энергетическое обследование позволяет дать конкретные рекомендации в отношении планирования работ по модернизации многоквартирного дома для снижения и оптимизации потребления энергии, дать экономическое обоснование эффективности их реализации.

Неотъемлемой частью энергетического обследования является проведение *тепловизионного обследования*.

Тепловизионное обследование – одно из передовых направлений неразрушающего теплового контроля состояния ограждающих конструкций, которое включает в себя диагностику объектов в инфракрасной области спектра с длиной волны 8-14 мкм, построение температурной карты поверхности, наблюдение динамики тепловых процессов и расчет тепловых потоков.

Тепловизионное обследование позволяет:

- выявить нарушения теплозащитных свойств ограждающих конструкций, возникшие в результате отступления от технологии изготовления материалов или возведения зданий, неправильного режима эксплуатации, естественного старения материалов под воздействием погодных условий;
- определить качество изоляции и герметичности здания;
- выявить участки повышенного содержания влаги и провести испытания ограждающих конструкций зданий: наружных стен, покрытий, чердачных перекрытий, перекрытий над проездами, холодными подпольями и подвалами, ворот и дверей в наружных стенах, а также оконных и балконных дверных блоков и других ограждающих конструкций, разделяющих помещения с различными температурно-влажностными условиями;
- определить скрытые дефекты теплоизоляции или конструктивные недоработки (некачественный монтаж оконных блоков, дефекты теплоизоляции стыков между панелями, мостики холода);
- сравнить реальные теплотери с нормативными;

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

– обозначить места возможного запотевания стен, места протеканий в кровле, места протечек труб или электрических нагревателей;

– зафиксировать недоработки в разводке отопительной системы, засоренность батарей.

Тепловизионное обследование является одним из основных направлений развития системы технической диагностики, которое обеспечивает возможность контроля теплового состояния оборудования и сооружений *без вывода их из эксплуатации*, выявление дефектов на ранней стадии развития, сокращение затрат на техническое обследование. Такая диагностика объективна, информативна, экономична и удобна.

В помещениях, где планируется проведение обследования, отопление перед началом обследования должно быть непрерывным на протяжении 2 суток. Ключевым условием качественного проведения тепловизионного обследования является наличие существенной разницы температуры воздуха внутри и снаружи здания. Если она мала, то тепловой поток через стены строения тоже мал, и у содержащихся в этих стенах скрытых дефектов нет возможности себя проявить. Тепловизионное обследование проводится при условии установившегося режима отопления, обеспечивающего температурный перепад между внутренним и наружным воздухом:

– не менее 15°C – для уверенного обнаружения скрытых дефектов теплозащиты и теплопотерь ограждающих конструкций;

– не менее 20°C – для измерения сопротивления теплопередаче элементов ограждающих конструкций (способность препятствовать потерям тепла).

Наиболее удобное время для тепловизионного обследования зданий – с конца октября до начала апреля. При приемке зданий отключенной системой отопления (в летний период) для проведения обследования используется дополнительный обогрев помещений.

По результатам тепловизионного обследования составляется *энергетический паспорт здания и отчет*. Для заполнения энергетического паспорта фактическими значениями соответствующих показателей обследования проводятся, согласно требованиям СП 50.13330.2012, не ранее чем через год после ввода здания в эксплуатацию.

Технические средства измерения при проведении тепловизионного обследования зданий

Тепловизор – устройство для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности. Распределение температуры отображается на дисплее (или в памяти) тепловизора как цветное поле, где определенной температуре соответствует определенный цвет. Как правило, на дисплее отображается диапазон температуры видимой в объектив поверхности. Типовое разрешение современных тепловизоров – 0,1°C.

Тепловизоры работают в инфракрасном диапазоне и состоят из *объектива, тепловизионной матрицы и блока обработки сигнала*. Основные элементы тепловизора – матрица и объектив – составляют около 90 % общей стоимости. Матрицы весьма сложны в производстве, а для создания объектов применяются редкие и дорогие материалы, пропускающие инфракрасное излучение.

Тепловизор обеспечивает переход теплового излучения всех исследуемых объектов в видимую область. Его матрица воспринимает инфракрасные сигналы и преобразует их в электрические импульсы, которые, в свою очередь, усиливаются и затем превращаются в видеосигнал, отображающийся на дисплее прибора. Тепловизор позволяет «видеть тепло» и отображать температурный образ объекта на дисплее прибора. Такой образ называется термограммой (пример на рисунке 32, 33).

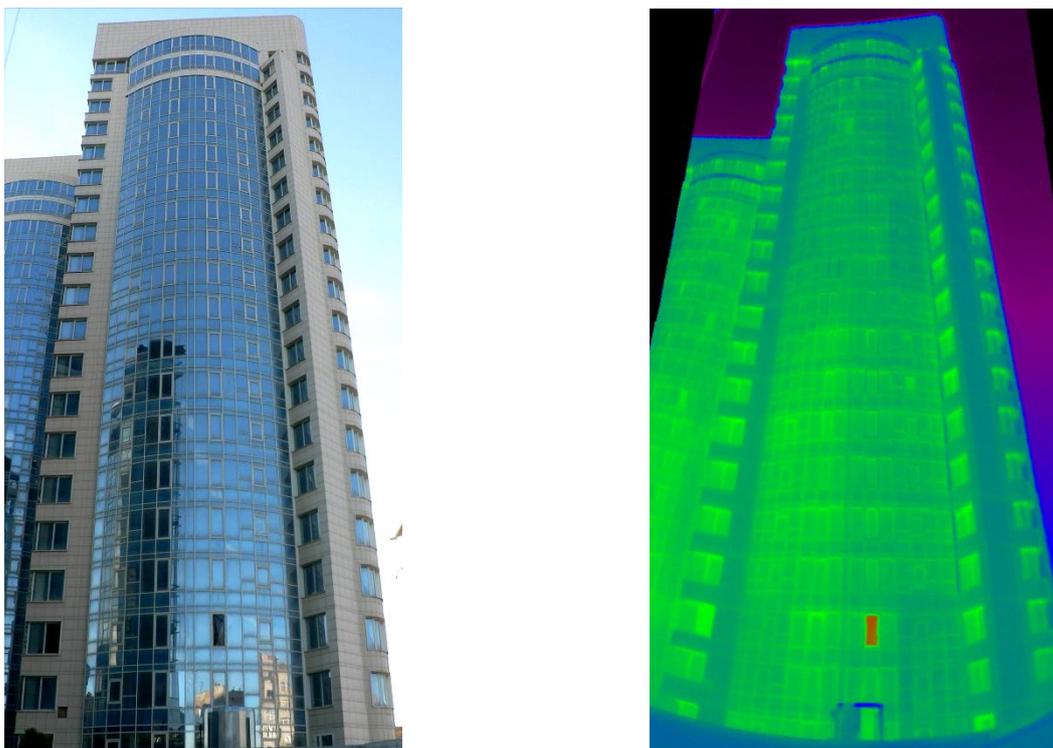


Рисунок 32 – Пример термограммы высотного здания

Служебная информация																		
Имя термограммы	Юго-восточный, северо-восточный фасады (литер Б)																	
Тепловизор	NEC TH7800																	
Индификация																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Точка</th> <th>T °C</th> <th>E</th> <th>Tс °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>11,9</td> <td>1,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>8,9</td> <td>1,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>8,8</td> <td>1,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Точка	T °C	E	Tс °C	A	11,9	1,00		B	8,9	1,00		C	8,8	1,00		
Точка	T °C	E	Tс °C															
A	11,9	1,00																
B	8,9	1,00																
C	8,8	1,00																
Вид дефекта																		
		Время съемки 15:56:05.03326.12.2010																
		Состояние Температурное поле на поверхности фасада неравномерное, повышенные тепловые потери в местах установки отопительных приборов (под окнами).																

Причина дефекта	Степень опасности
<p>Проектом не предусмотрен слой утеплителя необходимой толщины</p>	<p>При пониженной температуре наружного воздуха возможно отклонение от требуемых параметров микроклимата помещения. Сверхнормативные тепловые потери.</p>
Рекомендации	
<p>Дополнительное утепление ограждающих конструкций с наружной стороны; Установка отражающих экранов за отопительными приборами; Дополнительное утепление (остекление) балконов.</p>	

Рисунок 33 – Пример термограммы высотного здания с построением температурной карты поверхности

Тепловизоры делятся на:

1. *Стационарные.* Предназначены для контроля за технологическими процессами в температурном диапазоне от -20 до $+20000^{\circ}\text{C}$. Такие тепловизоры зачастую имеют азотное охлаждение, для того, чтобы обеспечить нормальное функционирование приемной аппаратуры. Примером стационарного тепловизора может служить панорамный тепловизор ИРТИС-2000С, в состав которого входят: ИК-камера, поворотное устройство (голова), аккумуляторы и зарядное устройство, штатив, комплект соединительных кабелей, нетбук (rocketPC), программное обеспечение, руководство пользователя (рисунок 34).

А) съемка под разными углами



Б) работа с тепловизором



В) сосуд Дьюара для хранения Г) заправка камеры тепловизора жидкого азота жидким азотом _____



Рисунок 34– Внешний вид тепловизора ИРТИС-2000

2. *Переносные*– применяются в сложных оценочных работах, когда простота использования и портативность играют большую роль. Большинство портативных тепловизоров имеют возможность подключения к стационарным компьютерам или ноутбукам для оперативной обработки поступающих данных (рисунок 35).



Рисунок 35 – Переносной тепловизор

Спектр областей практического применения термографи-широк: от медицины и ветеринарии до нужд военно-промышленного комплекса, от энергетики до авиации, от реставрации объек-

тов архитектуры, предметов изобразительного искусства и скульптуры до пищевой промышленности. Особенно широкое применение тепловизоры получили в сфере строительства при оценке теплоизоляционных свойств конструкций.

3.2 Энергетический паспорт здания. Правила определения классов энергоэффективности многоквартирных домов

Для принятия решения о термомодернизации здания требуется информация о том, насколько эффективно потребление энергии в этом здании. Такую информацию может дать энергетический паспорт здания.

Энергетический паспорт – стандартизированный документ, присваивающий зданию определенный класс энергосбережения на основании информации о потреблении энергии, а также содержащий рекомендательные меры по повышению энергоэффективности здания.

Энергетический паспорт следует разрабатывать для проектируемых, реконструируемых и капитально ремонтируемых зданий.

Энергетический паспорт проекта здания разрабатывается в целях мониторинга расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданием и предусматривает установление соответствия теплозащитных и энергетических характеристик здания нормируемым показателям, определенным в СП 50.13330.2012, требованиям энергетической эффективности объектов капитального строительства, определяемых федеральным законодательством.

Энергетический паспорт разрабатывается для эксплуатируемых зданий по результатам их энергетического обследования и для вновь создаваемых объектов проектными организациями в составе раздела проекта «Энергоэффективность». В задании на проектирование здания следует устанавливать класс энергосбережения не ниже «С». При вводе объекта в эксплуатацию, в случае допущенных в процессе строительства отступлений от проекта, проектная организация должна разработать перечень мероприятий по повышению его энергетической эффективности.

Энергетический паспорт здания должен разрабатываться отдельно для жилой и нежилых частей для жилых зданий со встроенно-пристроенными нежилыми помещениями, полезная площадь которых превышает 20% площади квартир.

Форма энергетического паспорта здания приведена в приложении А.

Показателем расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого или общественного здания на стадии разработки проектной документации, является **удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания**, численно равная расходу тепловой энергии на 1 м^3 отапливаемого объема здания в единицу времени при перепаде температуры в $1\text{ }^\circ\text{C}$, $q_{\text{от}}$, Вт/($\text{м}^3\text{ }^\circ\text{C}$). Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{\text{от}}^p$, Вт/($\text{м}^3\text{ }^\circ\text{C}$), определяется по методике СП 50.13330.2012 с учетом климатических условий района строительства, выбранных объемно-планировочных решений, ориентации здания, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, принятой системы вентиляции, а также применения энергосберегающих технологий. Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемому значению $q_{\text{от}}^{\text{TP}}$, Вт/($\text{м}^3\text{ }^\circ\text{C}$):

$$q_{\text{от}}^p \leq q_{\text{от}}^{\text{TP}}$$

где $q_{\text{от}}^{\text{TP}}$ – нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, Вт/($\text{м}^3\text{ }^\circ\text{C}$).

Для оценки степени экономии энергии на отопление и вентиляцию в здании определяют **класс энергосбережения** – характеристика энергосбережения здания, представленная интервалом значений удельного годового потребления энергии на отопление и вентиляцию, в % от базового нормируемого значения.

Класс энергосбережения эксплуатируемого многоквартирного дома определяется посредством **натурного обследования** по результатам:

- оценки архитектурных, функционально-технологических, конструктивных и инженерно-технических решений, реализованных в здании;
- установления показателей, характеризующих годовые удельные величины расхода энергетических ресурсов, в том числе с использованием инструментальных или расчетных методов;
- расчета величины отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого.

В СП 50.13330.2012 установлены следующие классы энергоэффективности зданий (таблица 5).

Таблица 5– Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++ A+ A	Очень высокий	Ниже -60 От -50 до -60 включительно От -40 до -50 включительно	Экономическое стимулирование
B+ B	Высокий	От -30 до -40 включительно От -15 до -30 включительно	Экономическое стимулирование
C+ C C-	Нормальный	От -5 до -15 включительно От +5 до -5 включительно От +15 до +5 включительно	Мероприятия не разрабатываются
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании, или снос

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

Проектирование зданий с классом энергосбережения «D», «E» не допускается. Классы «A», «B», «C» устанавливаются для вновь возводимых и реконструируемых зданий на стадии разработки проектной документации. В процессе эксплуатации здания класс его энергосбережения должен быть уточнен посредством энергетического обследования.

Достижение зданием классов энергетической эффективности «A» и «B» производится при условии включения в проект следующих обязательных энергосберегающих мероприятий:

- устройство индивидуальных тепловых пунктов, снижающих затраты энергии на циркуляцию в системах горячего водоснабжения и оснащенных автоматизированными системами управления и учета потребления энергоресурсов, горячей и холодной воды;
- применение энергосберегающих систем освещения общественных помещений, оснащенных датчиками движения и освещенности;
- применение устройств компенсации реактивной мощности двигателей лифтового хозяйства, насосного и вентиляционного оборудования.

Для увеличения доли зданий с классами энергоэффективности «A» и «B» жилищном фонде субъекты Российской Федерации должны применять меры по экономическому стимулированию участников строительного процесса и эксплуатирующих организаций, реализующих на практике энергосберегающие мероприятия.

Класс энергосбережения при вводе в эксплуатацию законченного строительством или реконструкцией здания устанавливается на основе результатов обязательного расчетно-экспериментального контроля нормируемых энергетических показателей. Срок, в течение которого выполнение требований расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию обеспечивается застройщиком, должен составлять не менее 5 лет с момента ввода их в эксплуатацию. Для многоквартирных домов высокого и очень высокого класса энергосбережения («B» и «A») выполнение таких требований должно быть обеспечено застройщиком в течение первых 10 лет эксплуатации. При этом, во всех случаях на застройщике лежит обязанность проведения обязательного расчетно-инструментального контроля нормируемых энергетических показателей дома как при вводе его в эксплуатацию, так и последующего их подтверждения не реже, чем один раз в 5 лет.

Контроль соответствия показателей расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания нормируемым показателям

на стадии разработки проектной документации осуществляют органы экспертизы. Проверка соответствия вводимых в эксплуатацию зданий, строений, сооружений требованиям расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию и требованиям оснащенности их приборами учета используемых энергетических ресурсов осуществляется органом государственного строительного надзора при осуществлении государственного строительного надзора. В иных случаях – застройщиком.

3.3 Пример расчета энергетического паспорта здания

Расчет энергетического паспорта выполнен на примере 9-этажного односекционного жилого дома, расположенного в г. Ростове-на-Дону. Ниже, на рисунке представлен план типового этажа здания (рисунок 36). Под первым этажом расположен подвал. На всех этажах расположены жилые квартиры.

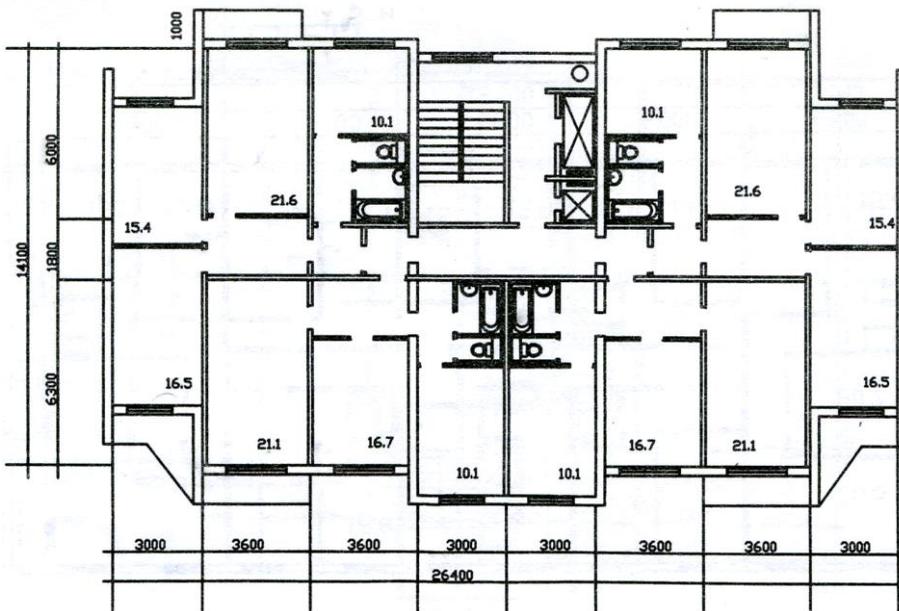


Рисунок 36– План типового этажа здания

1 Общая информация

В разделе «Общая информация» энергетического паспорта указываются данные о разработчике проекта и общие сведения об объекте. Форма раздела 1 энергетического паспорта представлена в таблице 6 ниже.

Таблица 6 – Раздел «Общая информация» энергопаспорта

Назначение здания, серия	жилое
Этажность, количество секций	9-этажное, 1 секция, высота этажа 3 м
Количество квартир	36
Расчетное количество жителей или служащих	123 чел.
Размещение в застройке	отдельно стоящее
Конструктивное решение	неполный каркас (рисунок 1), отопление централизованное, однотрубная система отопления, без узлов учета потребления

2 Расчетные условия

Климатические параметры района строительства принимаются по СП 131.13330 (Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* «Строительная климатология»). Для рассматриваемого варианта (г. Ростов-на-Дону) эти параметры имеют следующие значения:

- средняя температура наиболее холодной пятидневки $t_n = -22^{\circ}\text{C}$;
- средняя температура отопительного периода $t_{OT} = -0,6^{\circ}\text{C}$;
- продолжительность отопительного периода $z_{OT} = 166$ сут.
- температура внутреннего воздуха $t_B = 20^{\circ}\text{C}$.

Значения t_{OT} и z_{OT} принимаются для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C . Значения t_B принимается при расчете ограждающих конструкций жилых зданий по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» (в интервале $20-22^{\circ}\text{C}$).

Влажностный режим помещений зданий в холодный период года в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует устанавливать по таблице 1 СП

50.13330.2012. Условия эксплуатации ограждающих конструкций (А или Б) в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений следует устанавливать по таблице 2, а зоны влажности территории России – по приложению В СП 50.13330.2012.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) определяют по формуле (1):

$$ГСОП = (t_B - t_{OT}) \cdot z_{OT} \quad (1)$$

Для г. Ростова-на-Дону количество градусо-суток отопительного периода составляет:

$$ГСОП = (20 - (-0,6)) \cdot 166 = 3419,6 \text{ (}^\circ\text{C}\cdot\text{сут/год)}$$

Заполним таблицу «Расчетные условия» энергопаспорта (таблица 7).

Таблица 7 – Форма «Расчетные условия» энергопаспорта

№ п.п	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_n	°C	-22
2	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°C	-0,6
3	Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	166
4	Градусо-сутки отопительного периода	$ГСОП$	°C · сут / год	3419,6
5	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	t_B	°C	20
6	Расчетная температура чердака	$t_{черд}$	°C	14
7	Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°C	2

3 Определение геометрических показателей

Площадь наружных стен (A_n^{cym}) принимается как произведение периметра внутренней поверхности наружных стен этажа на высоту в пределах отапливаемой части здания за исключением площади заполнений.

Площади покрытий и перекрытий равны площади этажа.

Площадь окон определяется как сумма всех оконных и балконных заполнений.

Отапливаемый объем здания ($V_{от}$) определяется как произведение площади этажа на высоту отапливаемого объема здания.

Показатель компактности здания представляет собой отношение общей площади внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций здания к заключенному в них отапливаемому объему и рассчитывается по формуле (2):

$$K_{комп} = \frac{A_n^{cym}}{V_{от}} \quad (2)$$

Для рассматриваемого здания показатель компактности равен:

$$K_{комп} = \frac{5963,1}{15555,7} = 0,38 \text{ м}^{-1}$$

Коэффициент остекленности фасада определяется по формуле (3):

$$f = \frac{A_{окл}}{A_{ст} + A_{окл}} \quad (3)$$

где $A_{окл}$ – общая площадь окон и балконных дверей;

$A_{ст}$ – общая площадь наружных стен.

В рассматриваемом примере коэффициент остекленности фасада равен:

$$f = \frac{728}{4350 + 728} = 0,14$$

Заполним таблицу «Показатели геометрические» энергопаспорта (таблица 8).

Таблица 8 – Показатели геометрические

№ п.п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
8	Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$	4867,9	
9	Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$	3790	
10	Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_{р}, м^2$	-	
11	Отапливаемый объем	$V_{от}, м^3$	15555,7	
12	Коэффициент остекленности фасада здания	f	0,14	
13	Показатель компактности здания	$K_{комп}$	0,38	
14	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_{н}^{сум}, м^2$	5963,1	
	фасадов	$A_{фас}$		
	стен (раздельно по типу конструкции)	$A_{ст}$	4350	
	окон и балконных дверей	$A_{ок.1}$	728	
	витражей	$A_{ок.2}$	0	
	фонарей	$A_{ок.3}$	0	
	окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{ок.4}$	18,9	
	балконных дверей наружных переходов	$A_{дв}$		
	входных дверей и ворот	$A_{дв}$	5,1	
	покрытий (совмещенных)	$A_{покр}$		
	чердачных перекрытий	$A_{черд}$	440	
	перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентная)	$A_{черд.т}$	0	
	- перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентная)	$A_{цок1}$	440	
	- перекрытий над проездами или под эркерами	$A_{цок2}$	0	
- стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$A_{цок3}$	0		

4 Определение теплотехнических показателей

Сопротивление теплопередаче конструкции определяется по формуле (4):

$$R_o^{пр} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_H} [m^2 \cdot ^\circ C / Bm] \quad (4)$$

где α_B – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°C), принимаемый по таблице 4 СП 50.13330.2012 (см. таблицу 9 ниже);

α_H – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, Вт/(м²·°C), принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012 (значения приведены в таблице 9 ниже);

δ – толщина слоя конструкции, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°C), принимаемый по Приложению ТСП 50.13330.2012.

Таблица 9 – Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи, α_B , Вт/(м ² ·°C)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a , между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Таблица 10 – Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции

Наружная поверхность ограждающих конструкций		Коэффициент теплоотдачи для зимних условий, α_n , Вт/(м ² ·°С)
1	Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне.	23
2.	Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне.	17
3.	Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом.	12
4.	Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими, подпольями не вентилируемых наружным воздухом.	6

Рассчитаем сопротивление теплопередаче наружных стен здания. Для этого рассмотрим конструкцию стены послойно (таблица 11).

Сопротивление теплопередаче наружных стен равно:

$$R_{o,ст}^{пр} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,08}{0,035} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{1}{23} = 3,21 \quad \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Таблица 11 – Вспомогательная таблица для расчета сопротивления теплопередаче наружных стен

Расчетная схема	Наименование слоя	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м ² ·°С	Толщина слоя δ , м
	1. Бетон (аглопоритобетон)	0,93	0,02
	2. Кирпичная кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	0,7	0,51
	3. Утеплитель	0,035	0,08
	4. Цементно-клеевая штукатурка	0,81	0,01
	5. Известково-песчаный раствор	0,81	0,01

Аналогично рассчитывается сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия (таблица 12) и перекрытия над подвалом (таблица 13).

Таблица 12 – Расчет сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия

Расчетная схема	Наименование слоя	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м ² ·°С	Толщина слоя δ , м
	Железобетонная плита	2,04	0,22
	Гидроизоляция	0,17	0,01
	Каменная вата	0,035	0,13
	Цементно-песчаная стяжка	0,93	0,02
	$R_{0, \text{черд}}^{\text{пр}} = 4,18 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт}$		

Таблица 13 – Расчет сопротивления теплопередаче перекрытия над подвалом

Расчетная схема	Наименование слоя	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м ² ·°С	Толщина слоя δ , м
	1. Железобетонная плита	2,04	0,22
	2. Каменная вата	0,035	0,13
	3. Пароизоляция	0,17	0,01
	4. Цементно-песчаная стяжка	0,93	0,02
	5. ДВП	0,11	0,005
	6. Паркет (дуб)	0,23	0,03
$R_{o,цокл}^{пр} = 4,33 м^2 \cdot °С / Вт$			

Остекление в рассматриваемом здании выполнено из двухкамерного пластикового стеклопакета из обычного стекла с межстекольным расстоянием 12 мм сопротивлением теплопередаче $R_{ок} = 0,54 \text{ м}^2 \cdot °С / Вт$ ($R_{ок}$ принято по паспортным данным изделия).

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_o^{TP}, \text{ м}^2 \cdot °С / Вт$, определяют исходя из градусо-сутокотопительного периода по таблице 4СП50.13330.2012. Значения R_o^{TP} для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле (5):

$$R_o^{TP} = a \cdot ГСОП + b, \quad (5)$$

где $ГСОП$ – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, для конкретного пункта;

a , b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы 14 для соответствующих групп зданий. Исключение составляет графа b таблицы (окна и балконные двери, витрины и витражи), для которых в зависимости от интервала ГСОП принимаются следующие значения коэффициентов:

- для интервала ГСОП до 6000 °С·сут/год: $a = 0,000075$, $b = 0,15$;
- для интервала 6000-8000 °С·сут/год: $a = 0,00005$, $b = 0,3$;

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

– для интервала 8000 °С·сут/год и более: $a = 0,000025$; $b = 0,5$.

В таблице 14 также приведены требуемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, рассчитанные по формуле (5) в соответствии с градусо-сутками отопительного периода g . Ростова-на-Дону.

Таблица 14 – Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С · сут/год	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче R_o^{mp} , $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей
1	2	3	4	5	6	7
1 Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	3419,6 (Ростов-на-Дону)	2,60	3,91	3,44	0,41	0,34
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот $R_{o,дв}^{np}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$, должно быть не менее величины $0,6R_o^{норм}$ стен зданий, определяемого по формуле (6):

$$R_o^{норм} = \frac{(t_s - t_n)}{\Delta t^n \cdot \alpha_s}, \quad (6)$$

где $R_o^{норм}$ –нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен в случаях реконструкции зданий, для которых по архитектурным или историческим причинам невозможно утепление стен снаружи, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$.

t_n – то же, что в расчетных условиях;

Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха $t_{в}$ и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции – $t_{с}$, °С, принимаемый для жилых зданий по таблице 15.

Таблица 15 – Нормируемый температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающей конструкции

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_n , °С, для:		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0

Для рассматриваемого здания нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот равно:

$$R_{o,дв}^{np} = 0,6 \frac{20 - (-22)}{4 \cdot 8,7} = 0,724 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Заполняем форму «Показатели теплотехнические» энергопаспорта (таблица 16).

Таблица 16 – Теплотехнические показатели энергопаспорта

№ п.п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение
16	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_o^{пр}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$		
	стен (раздельно по типу конструкции)	$R_{o,ст}^{пр}$	2,60	3,21
	окон и балконных дверей	$R_{o,ок 1}^{пр}$	0,41	0,54
	вitraжей	$R_{o,ок 2}^{пр}$	–	–
	фонарей	$R_{o,ок 3}^{пр}$	–	–
	окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{o,ок 4}^{пр}$	0,41	0,54
	балконных дверей наружных переходов	$R_{o,дв}^{пр}$	–	–
	входных дверей и ворот (раздельно)	$R_{o,дв}^{пр}$	0,724	0,724
	покрытий (совмещенных)	$R_{o,покp}^{пр}$	–	–
	чердачных перекрытий	$R_{o,чepд}^{пр}$	3,44	4,18
	перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентное)	$R_{o,чepд.т}^{пр}$	–	–
	перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентное)	$R_{o,цок1}^{пр}$	3,44	4,33
	перекрытий над проездами или под эркерами	$R_{o,цок2}^{пр}$	3,91	
	стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$R_{o,цок3}^{пр}$	–	–

5 Определение вспомогательных показателей

К числу вспомогательных показателей энергопаспорта здания относят: общий коэффициент теплопередачи здания, среднюю кратность воздухообмена и удельные бытовые тепловыделения в здании.

Общий коэффициент теплопередачи здания, $K_{общ}$, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$, определяется по формуле (7):

$$K_{общ} = \frac{1}{A_n^{сум}} \sum_i \left(n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right), \quad (7)$$

где $R_{o,i}^{np}$ – приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

$A_{\phi,i}$ – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, $м^2$;

$n_{t,i}$ – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете градусо-суток отопительного периода (например, при наличии теплых чердаков и перекрытий над техподпольями), рассчитываемый по формуле (8):

$$n_t = \frac{t_{в}^* - t_{om}^*}{t_{в} - t_{om}}, \quad (8)$$

где $t_{в}^*$, t_{om}^* – средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, $^\circ C$;

В случае, если внутренняя или наружная температура конструкции не отличаются от принятых в расчете градусо-суток отопительного периода, $n_{t,i} = 1$.

Рассчитаем общий коэффициент теплопередачи для рассматриваемого здания:

$$K_{общ} = \frac{1}{5963,1} \left(\frac{4350}{3,21} + \frac{728}{0,54} + \frac{18,9}{0,54} \frac{5,1}{0,724} + \frac{440}{4,18} + \frac{440}{4,33} \right) = 0,495 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$$

Нормируемое значение $K_{общ}$:

$$K_{общ} = \frac{1}{5963,1} \left(\frac{4350}{3,21} + \frac{728}{0,54} + \frac{5,1}{0,724} + \frac{440}{4,18} + \frac{440}{4,33} \right) = 0,489 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период n_s , ч⁻¹, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле (9):

$$n_B = \left[(L_{вент} \cdot n_{вент}) / 168 + (G_{инф} \cdot n_{инф}) / (168 \rho_B^{вент}) \right] / (\beta_v V_{от}) \quad (9)$$

где $L_{вент}$ – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч, равное для: для жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека – $3A_{ж}$ ($A_{ж}$ – площадь жилых помещений, к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые);

$n_{вент}$ – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

$n_{инф}$ – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и $(168 - n_{вент})$ для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³;

$\rho_B^{вент}$ – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³, определяемая как

$$\rho_B^{вент} = 353 / [273 - t_{от}]$$

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций.

При отсутствии данных принимать $\beta_v = 0,85$;

$G_{инф}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий – воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода. Допускается принимать в зависимости от этажности здания:

- до трех этажей $0,3\beta_v V_{ЛЛУ}$;
- от четырех до девяти этажей $0,45\beta_v V_{ЛЛУ}$;
- выше девяти этажей – $0,6\beta_v V_{ЛЛУ}$, где $V_{ЛЛУ}$ – отапливаемый объем лестнично-лифтовых холлов здания.

Для лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) без поэтажных выходов на балконы количество инфильтрующегося воздуха, полученное по упрощенным формулам, следует уменьшать в 2 раза.

Рассчитаем среднюю кратность воздухообмена здания за отопительный период для рассматриваемого здания:

$$n_e = \left[\frac{3 \cdot 3790 \cdot 0}{168} + \frac{0,4 \cdot 0,85 \cdot 1035,36 \cdot 168}{168 \cdot (353 / [273 - 0,6])} \right] / (0,85 \cdot 15555,7) = 0,02 \text{ ч}^{-1}$$

Пояснения:

- значение $n_{вент}$ принято равным нулю, так как в здании по условию естественная приточно-вытяжная вентиляция, то есть механическая вентиляция отсутствует;
- значение $V_{ЛЛУ} = 1035,36 \text{ м}^3$ принято по проектным данным.

В случаях, когда здание состоит из нескольких зон с различным воздухообменом, средние кратности воздухообмена находятся для каждой зоны в отдельности. Полученные при этом средние кратности воздухообмена суммируются и суммарный коэффициент подставляется в формулу расчета удельной вентиляционной характеристики здания.

Бытовые тепловыделения – включают в себя теплопоступления от людей, искусственного освещения, оборудования и материалов.

Удельные бытовые тепловыделения в здании $q_{быт}$, Вт/м²– величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений $A_{ж}$, принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека $q_{быт} = 17$ Вт/м²;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м² общей площади и более на человека $q_{быт} = 10$ Вт/м²;

в) других жилых зданий – в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины $q_{быт}$ между 17 и 10 Вт/м²;

г) для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/м²) с учетом рабочих часов в неделю.

В рассматриваемом примерерасчетная заселенность квартир в здании – 21,1 м²/чел. По интерполяции находим величину $q_{быт} = 16,7$ Вт/м².

Заполняем форму «Показатели вспомогательные» энергопаспорта (таблица 17).

Таблица 17 – Показатели вспомогательные

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
17	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{общ}$, Вт/(м °С)		0,495
18	Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	n_v , ч ⁻¹		0,02
19	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}$, Вт/м ²	-	16,7

6 Удельные характеристики

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, $Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$, рассчитывается по формуле (10):

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left(n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) = K_{ком} \cdot K_{общ} \quad (10)$$

где $R_{o,i}^{np}$, $A_{\phi,i}$, $n_{t,i}$ – то же, что в формуле (XX) определения $K_{общ}$.

$K_{ком}$ – коэффициент компактности здания, $М^{-1}$.

Определим удельную теплозащитную характеристику для рассматриваемого здания:

$$k_{об} = 0,38 \cdot 0,495 = 0,188 \text{ Вт}/(м^3 \cdot ^\circ C)$$

Удельную вентиляционную характеристику здания, $k_{вент}$, $Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$, следует определять по формуле (11):

$$k_{вент} = 0,28 \cdot c \cdot n_g \cdot \beta_v \cdot \rho_v^{вент} \quad (11)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ C)$;

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций.

При отсутствии данных $\beta_v = 0,85$;

$\rho_v^{вент}$ – то же, что в формуле (9);

n_g – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, $ч^{-1}$, определена выше и равна $0,02 \text{ ч}^{-1}$.

Определим $k_{вент}$ для рассматриваемого здания:

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot 0,85 \cdot 1,3 = 0,006 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания, $k_{\text{быт}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, рассчитывают по формуле (12):

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}, \quad (12)$$

где $q_{\text{быт}}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м^2 площади жилых помещений ($A_{\text{ж}}$), рассчитанная по интерполяции и равная $16,7 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Определим удельную характеристику бытовых тепловыделений для рассматриваемого примера:

$$k_{\text{быт}} = \frac{16,7 \cdot 3790}{15555,7 \cdot (20 + 0,6)} = 0,198 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

Удельную характеристику теплопоступлений в здание от солнечной радиации, $k_{\text{рад}}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, следует определять по формуле (13):

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП}}, \quad (13)$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ – теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \tau_{2\text{ок}} (A_{\text{ок1}} I_1 + A_{\text{ок2}} I_2 + A_{\text{ок3}} I_3 + A_{\text{ок4}} I_4) + \tau_{1\text{фон}} \tau_{2\text{фон}} A_{\text{фон}} I_{\text{гор}}$$

$\tau_{1\text{ок}}$, $\tau_{1\text{фон}}$ – коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон и зенитных фонарей соответственно, принимаемые по

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий; при отсутствии данных следует принимать по своду правил;

$\tau_{2ок}$, $\tau_{2фон}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным; при отсутствии данных следует принимать по своду правил;

$A_{ок1}$, $A_{ок2}$, $A_{ок3}$, $A_{ок4}$ – площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям, м²;

$A_{фон}$ – площадь светопроемов зенитных фонарей здания, м²;

I_1 , I_2 , I_3 , I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/(м²год), для г.Ростова-на-Дону определяется по таблице 18. Для промежуточных направлений величину солнечной радиации следует определять по интерполяции.

Таблица 18 – Средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности

Наименование конструкции	Направления	Сред. за отопит. период величина солн. рад. I , МДж/м ²
Световые проемы	С	524
	В, З	804
	Ю	1349
	С-В	576
	С-З	576
	Ю-В, Ю-З	1160
Зенитные фонари	-	1187

$I_{гор}$ – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, МДж/(м² год), для Ростова-на-Дону определяется по таблице 19.

Таблица 19–Коэффициент затенения непрозрачными элементами, коэффициент относительного пропускания солнечной радиации окон, балконных дверей и фонарей

№ п.п.	Заполнение светового проема	Светопрозрачные конструкции					
		в деревянных или ПВХ переплетах			в алюминиевых переплетах		
		R_o^r м ² ·°С/ Вт	τ_2	τ_1	R_o^r м ² ·°С/ Вт	τ_2	τ_1
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Двойное остекление из обычного стекла в спаренных переплетах	0,40	0,75	0,62	—	0,70	0,62
2	Двойное остекление с твердым селективным покрытием в спаренных переплетах	0,55	0,75	0,65	—	0,70	0,65
3	Двойное остекление из обычного стекла в отдельных переплетах	0,44	0,65	0,62	0,34	0,60	0,62
4	Двойное остекление с твердым селективным покрытием в отдельных переплетах	0,57	0,65	0,60	0,45	0,60	0,60
5	Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм: 194 x 194 x 98 2544 x 244 x 98	0,31 0,33	0,90 0,90	0,40 (без переплета) 0,45 (без переплета)			
6	Профильное стекло коробчатого сечения	0,31	0,90	0,50 (без переплета)			
7	Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,36	0,90	0,9	—	0,90	0,90
8	Тройное из органического стекла для зенитных фонарей	0,52	0,90	0,83	—	0,90	0,83
9	Тройное остекление из обычного стекла в раздельно-спаренных переплетах	0,55	0,50	0,70	0,46	0,50	0,70
10	Тройное остекление с твердым селективным покрытием в раздельно-спаренных переплетах	0,60	0,50	0,67	0,50	0,50	0,67

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

11	Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла: обычного	0,35	0,80	0,76	0,34	0,80	0,76
	с твердым селективным покрытием	0,51	0,80	0,75	0,43	0,80	0,75
	с мягким селективным покрытием	0,56	0,80	0,54	0,47	0,80	0,54
12	Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла: обычного (с межстекольным расстоянием 8 мм)	0,50	0,80	0,74	0,43	0,80	0,74
	обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54	0,80	0,74	0,45	0,80	0,74
	с твердым селективным покрытием	0,58	0,80	0,68	0,48	0,80	0,68
	с мягким селективным покрытием	0,68	0,80	0,48	0,52	0,80	0,48
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,65	0,80	0,68	0,53	0,80	0,68
13	Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла: обычного	0,56	0,60	0,63	0,50	0,60	0,63
	с твердым селективным покрытием	0,65	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58
	с мягким селективным покрытием	0,72	0,60	0,51	0,60	0,60	0,58
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	0,60	0,58	0,60	0,60	0,58
14	Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла: обычного	0,65	0,60	0,60	—	0,60	0,60
	с твердым селективным покрытием	0,72	0,60	0,56	—	0,58	0,56
	с мягким селективным покрытием	0,80	0,60	0,36	—	0,58	0,56
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,82	0,60	0,56	—	0,58	0,56
15	Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,70	0,70	0,59	—	0,70	0,59
16	Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,75	0,60	0,54	—	0,60	0,54
17	Четырехслойное остекление из обычного стекла в двух спаренных переплетах	0,80	0,50	0,59	—	0,50	0,59

Определим теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода для рассматриваемого здания. На север ориентированы окна площадью 302,54 м², на юг – 425,46 м² (таблица 20).

Таблица 20 – Распределение площади окон по сторонам света

Ориентация фасада здания	Площадь светопроемов, м ²	Интенсивность солнечной радиации за отопительный период, МДж/м ²
Север	302,54	524
Юг	425,46	1349

Примем ПВХ-окна с двойным остеклением в спаренных переплетах. Объем теплопоступлений через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода равен:

$$Q_{рад}^{zод} = 0,65 \cdot 0,75(302,54 \cdot 524 + 425,46 \cdot 1349) = 357082,3 \text{ МДж}$$

Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации $k_{рад}$ равна:

$$k_{рад} = \frac{11,6 \cdot 357082,3}{15555,7 \cdot 3419,6} = 0,078 \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

Заполним форму энергопаспорта «Удельные характеристики» (таблица 21).

Таблица 21 – Форма «Удельные характеристики» энергопаспорта

N	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
21	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$, Вт/(м ³ °С)		0,188
22	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$, Вт/(м ³ °С)		0,006
23	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$, Вт/(м ³ °С)		0,198
24	Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$, Вт/(м ³ °С)		0,078

7 Коэффициенты

В разделе 7 энергопаспорта приводят значения следующих коэффициентов:

ξ – коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление;

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

ν – коэффициент снижения тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций.

Рекомендуемые значения для коэффициента эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления ζ :

$\zeta=1$ – в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;

$\zeta=0,95$ – в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;

$\zeta=0,9$ – однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также в двухтрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\zeta=0,85$ – в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\zeta=0,7$ – в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;

$\zeta=0,5$ – в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной.

При отсутствии статистических данных коэффициент ζ принимается равным 0,1.

Коэффициент β_n принимается равным:

– 1,13 для многосекционных и других протяженных зданий;

– 1,11 для зданий башенного типа;

– 1,07 для зданий с отапливаемыми подвалами или чердаками;

– 1,05 для зданий с отапливаемыми подвалами и чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты.

Коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций (ν) рассчитывается по формуле (14):

$$\nu = 0,7 + 0,000025 \cdot (GCOП - 1000) \quad (14)$$

Заполним форму энергопаспорта «Коэффициенты» полученными значениями (таблица 22).

Таблица 22 – Форма энергопаспорта «Коэффициенты»

	Показатель	Обозначение показателя	Нормативное значение показателя
25	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	ζ	0,5
26	Коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	ξ	0,1
27	Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	0
28	Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями	ν	0,76
29	Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	β_h	1,11

8 Комплексные показатели расхода тепловой энергии

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{om}^p, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, следует определять по формуле (15):

$$q_{om}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h \quad (15)$$

Для рассматриваемого здания расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию равна:

$$q_{om}^p = [0,188 + 0,006 - (0,198 + 0,078) \cdot 0,76 \cdot 0,5] \cdot (1 - 0,1) \cdot 1,11 = 0,089 \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$$

Нормативные значения удельных характеристик расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию для многоквартирных жилых зданий приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Нормируемая (базовая) удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий, $q_{от}^p, Вт/(м^3 \cdot ^\circ C)$.

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1 Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
Примечание: для регионов, имеющих значение ГСОП=8000 $^\circ C \cdot$ сут и более, нормируемые $q_{от}^{тр}$ следует снизить на 5%.								

Найдем величину отклонения расчетного (фактического) значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого:

$$\Delta = \frac{q_{от}^p - q_{от}^{mp}}{q_{от}^{mp}} \cdot 100\% = \frac{0,089 - 0,319}{0,319} \cdot 100\% = -72,1\%$$

что соответствует классу энергосбережения А++ «очень высокий» (таблица 5).

Заполним форму энергопаспорта «Комплексные показатели расхода тепловой энергии» (таблица 24).

Таблица 24– Комплексные показатели расхода тепловой энергии

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Значение показателя
30	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^p$, Вт/($м^3 \cdot ^\circ C$) [Вт/($м^2 \cdot ^\circ C$)]	0,089
31	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{тр}$, Вт/($м^3 \cdot ^\circ C$) [Вт/($м^2 \cdot ^\circ C$)]	0,319
32	Класс энергосбережения		A++ «очень высокий»
33	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		да

9 Энергетические нагрузки здания

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , $кВт \cdot ч / (м^3 \cdot год)$ или, $кВт \cdot ч / (м^2 \cdot год)$ следует определять по формулам (16) и (17):

$$q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot q_{om}^p, кВт \cdot ч / (м^3 \cdot год) \quad (16)$$

$$q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot q_{om}^p \cdot h, кВт \cdot ч / (м^2 \cdot год) \quad (17)$$

где q_{om}^p – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период

h – средняя высота этажа здания, м, равная V_{om} / A_{om} ;

A_{om} – сумма площадей этажей здания, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, m^2 , за исключением технических этажей и гаражей;

V_{om} – отапливаемый объем здания, m^3 ;

В рассматриваемом здании удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период равен:

$$q = 0,024 \cdot 3419,6 \cdot 0,089 = 7,3 \text{ кВтч} / \text{м}^3 \text{ год}$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период Q_{om}^{zod} , кВт ч/год следует определять по формуле (18):

$$Q_{om}^{zod} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{om} \cdot q_{om}^p, \quad (18)$$

$$Q_{om}^{zod} = 0,024 \cdot 3419,6 \cdot 15555,7 \cdot 0,089 = 113623 \text{ кВтч} / \text{год}.$$

Общие теплотери здания за отопительный период $Q_{общ}^{zod}$, кВт ч/год, следует определять по формуле (19):

$$Q_{общ}^{zod} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{om} \cdot (k_{об} + k_{вент}) \quad (19)$$

В рассматриваемом здании:

$$Q_{общ}^{zod} = 0,024 \cdot 3419,6 \cdot 15555,7 \cdot (0,188 + 0,006) = 247672 \text{ кВтч} / \text{год}$$

Заполним форму энергопаспорта «Энергетические нагрузки здания» (таблица 25).

Таблица 25 – Форма «Энергетические нагрузки здания»

№ п.п.	Показатель	Обозначение	Единица измерений	Значение показателя
34	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	кВт ч / (м ³ год) кВт ч / (м ² год)	7,3
35	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	Q _{от} ^{год}	кВт ч/(год)	113623
36	Общие теплопотери здания за отопительный период	Q _{общ} ^{год}	кВт ч/(год)	247672

Приведенные расчеты показали, что здание удовлетворяет требованиям к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период. Класс энергетической эффективности здания – А ++ (очень высокий).

3.4 Правила принятия решений об энергоэффективной модернизации многоквартирных домов

Повысить уровень энергоэффективности зданий можно за счет реализации энергоресурсосберегающих решений в процессе энергоэффективной реконструкции, модернизации или ремонта существующих объектов.

Модернизация – комплекс работ по улучшению жилищных стандартов с целью приведения их в соответствие с современными условиями проживания, установленными в стандартах для нового строительства, в том числе в области энергосбережения.

Ремонт – это работы по устранению недостатков, возникших в результате износа при эксплуатации и под действием факторов внешней среды, с целью восстановления первоначального состояния отдельных элементов, конструкций или здания в целом.

Как показывают результаты энергетического обследования зданий, составляющих опорный жилищный фонд российских горо-

дов, практически все многоквартирные дома в России, построенные до 1990 г., нуждаются в **энергоэффективной модернизации**.

Решение о виде и объеме работ по модернизации обычно принимает собственник недвижимости, так как он является заказчиком и плательщиком, он же несет все экономические риски.

Многоквартирный жилищный фонд России характеризуется высокой степенью приватизации – в среднем около 80 % квартир находится в собственности граждан. В соответствии с жилищным законодательством собственники помещений в многоквартирном доме несут ответственность за состояние и несут бремя расходов по содержанию своих помещений и общего имущества в многоквартирном доме. При этом:

- решение общего собрания собственников помещений в многоквартирном доме о реконструкции многоквартирного дома и о ремонте общего имущества в многоквартирном доме принимаются большинством не менее двух третей голосов от общего числа голосов собственников помещений в многоквартирном;
- уменьшение размера общего имущества в многоквартирном доме возможно только с согласия всех собственников помещений в данном доме путем его реконструкции;
- решение о размере платы на содержание и ремонт общего имущества в многоквартирном доме определяется общим собранием собственников помещений в многоквартирном доме, а в случае, если в доме создано ТСЖ – органами управления товарищества.

Таким образом, решение о виде и объеме работ, о порядке финансирования энергоэффективной модернизации многоквартирного дома должны принять собственники помещений на общем собрании таким количеством голосов, чтобы это решение было обязательным для всех собственников помещений, в том числе для тех собственников, которые не участвовали в голосовании.

В России в настоящее время нет законодательно установленных требований по обязательному проведению энергосберегающих мероприятий. Модернизация проводится на добровольной основе.

В тех случаях, когда государство не устанавливает обязательных требований по проведению ресурсосберегающих мероприятий, оно может использовать другие механизмы: экономические, информационно-просветительские, стимулирующие соб-

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

ственников жилья принимать самостоятельные решения о проведении комплексной энергоэффективной модернизации дома или отдельных ресурсосберегающих мероприятий.

При принятии решения об энергосберегающей модернизации необходима всесторонняя оценка планируемых решений по таким критериям, как:

1. *Актуальность мероприятия* – степень необходимости и срочности проведения, определяется соответствием уровня потребления коммунальных ресурсов в доме установленным нормативным значениям.

2. *Стоимость мероприятия* может быть оценена:

- расчетным методом с применением сметных норм и нормативов (самостоятельно или с привлечением подрядной организации);
- методом аналогов — с использованием данных о стоимости реализации аналогичных мероприятий в зданиях со сходными техническими параметрами, информации производителей и информации о размещении заказов для государственных и муниципальных нужд.

3. *Эффективность реализации мероприятия* на основе оценки соотношения затрат на реализацию запланированных мероприятий и получаемых положительных эффектов в натуральных и стоимостных показателях: в год и за определенный период нарастающим итогом (для оценки срока окупаемости). Размер эффекта в стоимостном выражении целесообразно рассчитывать с учетом инфляционных изменений.

4. *Доступность реализации мероприятия для граждан* (в т.ч. оценка неплатежей) может оцениваться по следующим направлениям:

- изменение (рост или снижение) платежей за жилищно-коммунальные услуги до и после реализации мероприятий в области энергосбережения;
- возможность привлечения заемных средств. Малозатратные мероприятия можно реализовать собственными силами (за счет платежей собственников и специально созданных фондов). Реализация высокозатратных мероприятий требует помощи кредитных учреждений.

5. *Источники финансирования.*

В качестве источников финансирования энергосберегающих мероприятий могут выступать:

- собственные средства собственников;

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

- средства, выделяемые в рамках муниципальных и региональных программ (в сфере капитального ремонта, энергосбережения);
- заемные источники;
- средства энергосервисных компаний (далее — ЭСКО).

Энергосервисная компания – специализированная организация, основной вид деятельности которой – оказание энергосервисных услуг, разработка и реализация энергосберегающих проектов.

Энергосервис – это комплекс специальных мероприятий, которые позволяют снизить энергопотребление и при этом не ухудшают эффективность функционирования существующих систем зданий.

Мероприятиям по повышению энергоэффективности (замене оборудования, ламп освещения, ремонтным работам и др.) должен предшествовать грамотный энергетический аудит. После энергетического аудита, в ходе которого проводится полное энергетическое обследование здания, можно получить объективные данные об объеме используемых энергетических ресурсов. Энергетический аудит позволяет определить показатели энергетической эффективности, определить потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности. По результатам энергоаудита разрабатывается перечень мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности строительного объекта, определяется стоимость их реализации.

Энергосервисный договор – это договор на оказание услуг по обслуживанию, проектированию, приобретению, финансированию, монтажу, пуско-наладке, эксплуатации, техобслуживанию и ремонту энергосберегающего оборудования на одном или нескольких объектах заказчика. Энергосервисный договор регулирует механизм реализации потенциала энергосбережения строительного объекта. Компания несет расходы по реализации мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергии на объектах заказчика в обмен на долю экономии, получаемой в результате реализации этих мероприятий в течение обусловленного контрактом времени.

При заключении энергосервисных договоров достигаются цели, которые одинаково важны и для заказчика, и для исполнителя. Это:

- оптимизация расходов на энергоресурсы путем внедрения энергоресурсосберегающих технологий;
- обновление основных средств производства;

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

– реализация энергоресурсосберегающих мероприятий без привлечения дополнительных средств.

Отличительные особенности энергосервиса заключаются в следующем:

– средства потребителей энергоресурса не являются источниками финансирования мероприятий по снижению ресурсопотребления в домах;

– часть риска берет на себя ЭСКО, которая реализует проект;

– все затраты на проект возмещаются платежами, которые производятся из полученной экономии платежей за энергоресурс.

Для получения банковского кредита на реализацию мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности здания следует выполнить ряд условий:

– предоставить в банк решение общего собрания ТСЖ о проведении мероприятия с указанием его стоимости, прогнозной оценки эффективности, графика погашения платежей (или иные обосновывающие материалы);

– предоставить поручительство не менее 2 членов правления ТСЖ;

– предоставить залог квартир собственников помещений (не менее двух);

– открыть счет управляющим лицом в банке-кредиторе;

– долевое участие собственников помещений в финансировании мероприятий должно составлять не менее 10% от их общей стоимости;

– срок кредита – до 5 лет;

– размер кредита 3-4 млн. руб. (в отдельных случаях до 30 млн.).

Сокращение расходов на оплату коммунальных ресурсов за счет ресурсосберегающих мероприятий позволит направить больше средств на содержание и ремонт многоквартирного дома, то есть на улучшение его состояния и комфортности проживания.

Наиболее значимый стимул инвестирования в энергосбережение – прямой экономический интерес потребителей энергии. Выгода от сбережения энергии должна превосходить затраты на энергосберегающие мероприятия. Но кроме сокращения расходов на оплату коммунальных ресурсов нельзя забывать и о таких выгодах, как повышение рыночной стоимости недвижимости, комфортности проживания в модернизированных зданиях.

3.5 Экономическая оценка эффективности мероприятий по энергоресурсосбережению

В зависимости от масштабности мероприятий по энергоресурсосбережению для оценки экономической эффективности проектов на практике используют простые (без учета фактора времени) и интегральные (дисконтированные) показатели их экономической эффективности:

- простой и дисконтированный срок окупаемости;
- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- уровень рентабельности инвестиций (индекс доходности – ИД);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- совокупные дисконтированные затраты по проекту;
- показатель сравнительной эффективности энергосбережения и др.

Простые критерии целесообразно применять при оценке эффективности малозатратных мероприятий, характеризующихся одинаковыми потоками платежей в течение всего жизненного цикла проекта и единовременными затратами на их реализацию [18].

При оценке крупных проектов по энерго- и ресурсосбережению с неоднородными потоками расходов и доходов на протяжении всего жизненного цикла целесообразно применять систему показателей, рассчитываемых с применением дисконтирования. При этом под дисконтированием будем понимать приведение будущих доходов и расходов к начальному моменту реализации проекта. Необходимость учета коэффициента дисконтирования в расчетах связана с тем, что реальная стоимость одной и той же суммы денег сегодня и в будущем не совпадает из-за рисков неполучения ожидаемой прибыли от проекта, инфляции, уменьшающей реальную покупательную способность денег и др. факторов.

Для малозатратных и быстро окупаемых ресурсосберегающих мероприятий в целях экономии времени и средств на выполнение расчетов по их подбору целесообразно проводить упрощенную экономическую оценку их эффективности на основе расчета ЧДДи срока окупаемости [19]. Для крупномасштабных проектов такая экспресс-оценка является инструментом предварительного отбора экономически эффективных мероприятий, по которым в дальнейшем следует разрабатывать детальное технико-экономическое обоснование (ТЭО) [18].

Индекс доходности (рентабельности) и простой срок окупаемости зачастую используют в качестве дополнительных

показателей, расширяющих представление об экономической эффективности оцениваемых проектов [18]. Проекты, отвечающие общественным требованиям и имеющие наилучшие показатели по результатам расчетов сроков окупаемости, ЧДД и ИД, могут приниматься к реализации.

В условиях рыночной экономики предпочтение, как правило, отдается малозатратным энергосберегающим мероприятиям со сроком окупаемости не более 3-5 лет. Процесс дисконтирования увеличивает срок окупаемости проекта, поэтому проект, удовлетворяющий инвестора по простому сроку окупаемости, может оказаться неприемлемым для него по динамическому периоду окупаемости. Однако оба этих показателя (простой и дисконтированный срок окупаемости) достаточно точно говорят об уровне риска проекта, так как в случае увеличения расчетного срока возврата инвестированных сумм возрастает и вероятность неблагоприятного развития проекта.

Для оценки сравнительной эффективности реализации отдельных ЭРР однородных в своей группе предлагается использовать показатель эффективности реализации ЭРР $F(x)$, рассчитываемый по формуле:

$$F(x) = T_x \times e_x - Z_x \rightarrow \max, \quad (20)$$

где T_x – срок службы энергоэффективного материала, оборудования;
 e_x – получаемая экономия энергии (при условии, что $e_x \rightarrow \max$ в своей группе).
 Z_x – общие затраты на реализацию энергоэффективного мероприятия, определяемые по формуле:

$$Z_x = C_x + C_g, \quad (21)$$

где C_x – первоначальная стоимость капиталовложений;
 C_g – стоимость энергии и выбросов парниковых газов при производстве и утилизации энергоэффективного оборудования, материала.

Предложенный показатель оценки эффективности реализации энергоресурсосберегающих решений обеспечивает наиболее полный учет всех энергетических затрат, т.к. учитывает в расчетах данные не только вторичного, но и первичное энергоресурсопотребление (затраты, которое несет общество при производстве

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

энергосберегающих материалов и оборудования), ориентирует строительные решения на учет экологических принципов [50].

Помимо описанных выше показателей оценку экономической эффективности реализации ресурсосберегающих решений можно выполнять путем сравнения расходов на коммунальные услуги до и после их реализации на основе расчетов показателей сравнительной эффективности энергосбережения и показателей, учитывающего изменения тарифов на энергию и др. (таблица 26) [20, 21, 22, 23].

Таблица 26 – Сравнительный анализ показателей экономической эффективности энергосберегающих проектов

Наименование показателя	Физический смысл	Формула расчета	Область применения	Недостатки	Критерий приемлемости
Простой срок окупаемости ($T_{ок}$)	Показывает время, требуемое для возмещения первоначальных расходов	$T_{ок} = \frac{K}{CF'} \quad (22)$ где $T_{ок}$ – простой срок окупаемости капиталовложений; K – объем первоначальных инвестиций; CF – среднегодовая стоимость денежных поступлений от реализации проекта	Для сравнения альтернативных энергосберегающих решений, имеющих одинаковый срок службы. Предполагается разовое вложение первоначальных инвестиций.	Не учитывает изменение стоимости денег во времени. Не определяет размер денежных потоков после точки окупаемости. Не может быть использован при знакопеременных денежных потоках	$T_{ок} \rightarrow \min$ (чем меньше срок окупаемости, тем лучше проект)
Дисконтированный срок окупаемости ($T_{ок}^{диск}$)	Показывает время, требуемое для возмещения первоначальных расходов с учетом изменения стоимости денег во времени	$T_{ок}^{диск} = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq K, \quad (23)$ где n – число периодов реализации проекта; CF_t – приток денежных средств в период t ; r – ставка дисконтирования; K – объем первоначальных инвестиций	Для оценки проектов с меняющимися потоками поступлений денежных средств, а также проектов с дополнительными инвестициями в течение периода их жизненного цикла	Не определяет размер денежных потоков после точки окупаемости	$T_{ок}^{диск} \rightarrow \min$ (чем меньше срок окупаемости, тем лучше проект)
Чистый дисконтированный доход (ЧДД)	Показывает общий размер реальной прибыли, которую принесет проект за весь свой срок существования	$ЧДД = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+r)^t} - K, \quad (24)$ где R_t – приток денежных средств в период t ; Z_t – затраты на t -шаге; $\frac{1}{(1+r)^t}$ – коэффициент дисконтирования; r – норма доходности, приемлемая для инвестора (ставка дисконтирования); K – объем первоначальных инвестиций [24]	Для оценки проектов с меняющимися потоками поступлений денежных средств, а также проектов с дополнительными инвестициями в течение периода их жизненного цикла		Если $ЧДД > 0$, то проект реализуется. Если $ЧДД < 0$, реализация проекта принесет убытки. $ЧДД = 0$ – проект имеет смысл при условии, что его реализация даст инвестору иные не денежные выгоды. Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект.

Наименование показателя	Физический смысл	Формула расчета	Область применения	Недостатки	Критерий приемлемости
Величина совокупных дисконтированных затрат (СДЗ)	Отражает превышение годовой экономии расходов на тепловую энергию с учетом изменения цен и тарифов на энергоносители над годовым процентом за кредит/ упущенную прибыль, которую можно было бы получить, вложив деньги в банк, а не в энергосбережение	$СДЗ = K \cdot (1+p/100)^T + Э \cdot [(1+p/100)^T - 1 \cdot (100/p)], \quad (25)$ где К – общие капитальные затраты, руб.; Э – суммарные годовые эксплуатационные издержки, руб./г.; р – норма дисконта, % [21].	Для проектов, имеющих по годам оттоки денежных средств. Для бюджетной сферы и неприбыльных организаций, где актуален вопрос о рациональном использовании ограниченных инвестиционных ресурсов.	Не учитывает величину получаемой экономии ресурсов, эксплуатационных затрат	$СДЗ \rightarrow \min$ Выбор осуществляют в пользу проекта, который будет сопряжен с наименьшими годовыми СДЗ
Показатель эффективности энергосберегающих мероприятий с учетом тарифов на энергию (d)	Характеризует соотношение стоимости сбереженной энергии и затрат на реализацию мероприятия	$d = \sum_{t=1}^T \frac{C_t \Delta E_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{I_t + O_t}{(1+r)^t} \quad (26)$ где ΔE_t – объем энергии, сэкономленный в t-ом году; r – ставка дисконтирования; T – жизненный цикл проекта; I_t – объем капиталовложений в t-ом году; O_t – эксплуатационные затраты в t-ом году; C_t – величина тарифа на энергию [25].			Если $d > 0$, проект эффективен. Если $d < 0$, проект неэффективен. При $d = 0$ достигается минимально допустимая эффективность проекта. Если $C_t = \text{const}$ и $\sum_{t=0}^T \frac{I_t + O_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=1}^T \frac{\Delta E_t}{(1+r)^t} > C_t$, проект неэффективен [25]

Наименование показателя	Физический смысл	Формула расчета	Область применения	Недостатки	Критерий приемлемости
Уровень (индекс) рентабельности инвестиций (PI^Д)	Отношение суммы всех дисконтированных денежных потоков к дисконтированному инвестиционному расходу. Характеризует рентабельность проекта – степень эффективности использования денежных ресурсов по проекту.	$PI^Д = \frac{ЧДД}{К}, \quad (27)$ где PI ^Д – индекс (показатель) рентабельности инвестиций; ЧДД – чистый дисконтированный доход, руб. К – капитальные вложения, руб.	Является дополнительным критерием оценки эффективности энергосберегающего проекта	Нельзя сравнивать проекты разной длительности.	Если PI ^Д > 1, то проект принимается к реализации, при PI ^Д < 1 – проект следует отвергнуть. При PI = 1 проект является ни прибыльным, ни убыточным и для принятия решения по реализации энергосберегающего проекта, его следует оценить по другим показателям.
Внутренняя норма доходности (рентабельности)(ВНД или IRR)	Такая величина нормы дисконта, при которой ЧДД = 0.	$-K + \sum_{t=0}^T \frac{R_t}{(1+IRR)^t} = 0, \quad (28)$ где К – первоначальные капиталовложения; R _t – получаемая экономия энергии в стоимостном выражении в t-ом году; T – жизненный цикл проекта при норме дисконта r	Для нахождения граничного значения нормы дисконта, разделяющего инвестиции на приемлемые и невыгодные. Выбор лучшего проекта производится по критерию ЧДД, а решение об участии в таком проекте принимается на основе ВНД. Сравнение ВНД с нормой дисконта позволяет оценить запас прочности проекта.	Не учитывает уровень реинвестиций. Не показывает результат инвестиции в абсолютном значении. При знакопеременных потоках высока вероятность ошибок в расчетах этого показателя	Если r < IRR, то проект эффективен. Если r > IRR, то проект неэффективен. Чем r << IRR, тем устойчивее проект

Наименование показателя	Физический смысл	Формула расчета	Область применения	Недостатки	Критерий приемлемости
<p align="center">Показатель сравнительной эффективности энергосбережения (Э)</p>		<p align="center"> $\text{Э} = \text{Э}_z / \Delta C, \quad (29)$ где Э_z – объем сэкономленной энергии на отопление здания за отопительный период, Гкал или кВт·ч; ΔC – дополнительные затраты, связанные с повышением тепловой защиты здания, руб. [26] </p>	<p>Для постинвестиционного анализа экономической эффективности реализованных проектов, направленных на экономию тепловой энергии на отопление. Позволяет провести анализ ошибок и тем самым улучшить оценку последующих инвестиционных проектов</p>	<p>Не учитывает дисконтирование и изменение тарифов на тепловую энергию</p>	<p align="center"> $\text{Э} \rightarrow \max$ Оптимальная эффективность энергосбережения достигается, когда отношение экономии энергии на отопление здания к затратам на его дополнительную теплозащиту имеет максимально возможное значение </p>

Рассмотренные выше показатели экономической эффективности реализации ресурсосберегающих решений базируются на данных о стоимости затрат на реализацию ресурсосберегающих решений и теплотехнических расчетов, показывающих уровень энергопотребления здания (удельные суммарные затраты тепловой и электрической энергии в годовом цикле эксплуатации) до и после реализации энергоресурсосберегающих решений. В их основе лежит общий принцип – получение наибольшего эффекта при минимуме затрат.

Современным методом оценки эффективности реализации ресурсосберегающих проектов является анализ стоимости проекта на протяжении его жизненного цикла (Life-CycleCostAnalysis (LCCA) Method). В его основе лежит следующий принцип: энергетическая эффективность здания и экономические аспекты принимаемых мер должны быть сбалансированы, т.е. экономически оптимальный уровень затрат на реализацию ресурсосберегающих решений должен соответствовать такому уровню энергетической эффективности здания, при котором стоимость его жизненного цикла будет минимальна. При этом в стоимость жизненного цикла включаются капитальные затраты, стоимость технического обслуживания, эксплуатации, а также расходы на утилизацию объекта и др.

Для расчета стоимости жизненного цикла в формулу 24 для определения ЧДД нужно подставить собранные позитивные (доходы) и негативные (расходы) денежные потоки, получаемые от реализации энергосберегающего проекта по годам на протяжении всего периода его ЖЦ, а также заложить коэффициенты изменения тарифов на энергию, непредвиденные расходы. Для упрощения расчетов стоимости жизненного цикла ресурсосберегающего проекта применяют специальные программные продукты: BuildingLife-CycleCost (BLCC) Program, ECONPACK, SuccessEstimatorEstimatingandCostManagementSystem и др.

Вопросы и задания к разделу 3

1. Что такое энергетическое обследование здания?
2. Назовите основные цели и этапы энергетического обследования.
3. Что такое тепловизионное обследование здания? Укажите область его применения.
4. Назовите условия проведения тепловизионного обследования.
5. Перечислите технические средства, используемые при тепловизионном обследовании.

6. Перечислите основные показатели энергетического паспорта здания.
7. Назовите правила установления классов энергетической эффективности зданий.
8. Что такое показатель компактности здания, на что он влияет?
9. От чего зависит удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление здания?
10. В чем физический смысл сопротивления теплопередаче конструкций и коэффициента теплопроводности материалов?
11. Назовите основные правила расчета геометрических показателей здания.
12. Выполните расчет сопротивления теплопередаче наружной стены из кирпича глиняного обыкновенного ($\delta=380$ мм) и минераловатной теплоизоляции $\delta=30$ мм.
13. Дайте определение терминов «энергоэффективная реконструкция», «энергосервисный договор».
14. Перечислите основные показатели экономической эффективности энергосберегающих решений.
15. В чем заключается методика оценки стоимости жизненного цикла здания?

4 ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ЗАСТРОЙКЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

4.1 Градостроительные аспекты энергосбережения

Градостроительство охватывает сложный комплекс социально-экономических, строительно-технических, архитектурно-художественных, а также санитарно-гигиенических проблем поселений. Градостроительная деятельность направлена на развитие территорий городов и поселений, и включает в себя мероприятия по территориальному планированию, градостроительному зонированию, архитектурно-строительному проектированию и строительству, капитальному ремонту, реконструкции объектов капитального строительства, а также эксплуатации зданий и сооружений [33].

Решения федеральной градостроительной политики должны способствовать повышению эффективности использования территории, оптимизации ее пространственной организации, поддержанию целостности территорий, созданию условий для устойчивого развития, что, в конечном счете, способствует укреплению социальной стабильности.

До последнего времени развитие городов и стран, производство и предоставление услуг, осуществление застройки городских территорий базировались на твердом представлении о неограниченности топливных и энергетических ресурсов, однако их запас исчерпаем [34]. Неэффективное расходование энергетических ресурсов во всех отраслях и сферах развития экономики на настоящий момент является весьма актуальной проблемой, которая требует детального изучения и поиска новых подходов к ее решению. Необходимость развития научных исследований в данном направлении закреплена на государственном уровне: энергоэффективность, энерго- и ресурсосбережение включены в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и перечень критических технологий в Российской Федерации [35].

Энергосбережение может рассматриваться в отраслевом и территориальном разрезе [34, 36].

Энергосбережение *в отраслевом разрезе* заключается в повышении энергетической эффективности отдельных сфер хозяйствования: промышленности, транспорта, жилищного хозяйства и

др. Как правило, программы по энергосбережению учитывают решение отраслевых проблем, поэтому именно мероприятия по экономии энергии в отраслях и осуществляются на практике.

Энергосбережение *в территориальном разрезе* подразумевает планирование и регулирование энергосбережения применительно к городской территории и ее частям – регионам, городам, микрорайонам. Территориальный аспект энергосбережения охватывает размещение потребителей и производителей энергии в пространственной структуре города и направлен на обеспечение энергетически эффективного и устойчивого развития.

В общем теплотреблении страны доля городов составляет 70 – 80%. Здесь сосредоточены основные потребители энергоресурсов: жилищный фонд, производственные и общественные здания, объекты коммунального хозяйства и транспортной инфраструктуры, тепловые, электрические сети. Очевидно, что в территориальной составляющей заключена ощутимая доля потенциала энергосбережения. Освоить этот потенциал можно путем ведения целенаправленной энергосберегающей политики, ориентированной на повышение энергетической эффективности муниципальных образований градостроительными и планировочными методами.

Уровень потребления энергетических ресурсов в каждом регионе зависит от географического расположения, климатических условий, продолжительности и температуры отопительного периода, уровня социально-экономического развития и особенностей городской среды. Территориальные различия, неравномерность распределения природных ресурсов и сложившаяся система расселения создают определенные сложности для экономии энергии и ресурсов в нашей стране [37]. Поэтому решение проблем энергосбережения должно начинаться с муниципальных образований, для каждого из которых должен быть сформирован индивидуальный подход.

4.2 Концепция энергетически эффективной реконструкции городской застройки

Градостроительная концепция реконструкции городов основана на соблюдении действующих нормативов применительно к жилой застройке. При проектировании реконструкции городской застройки рассматривается ряд проблем, по каждой из которых разрабатываются конкретные решения (рисунок 37).



Рисунок 37 – Структура проблем, рассматриваемых при реконструкции застройки

Реализация проектов по реконструкции должна сочетаться с реальными тенденциями процесса преобразования городской среды. Очевидно, что в современных условиях ввиду острой необходимости экономии энергетических ресурсов реконструкция застройки должна охватывать и вопросы энергосбережения.

На принятие решений по реконструкции жилой застройки влияют факторы градостроительного, технического и экономического характера [39].

При разработке рационального решения по реконструкции застройки с целью энергосбережения также необходимо учитывать факторы, влияющие на уровень энергопотребления в городской застройке и ее элементах (рисунок 38).

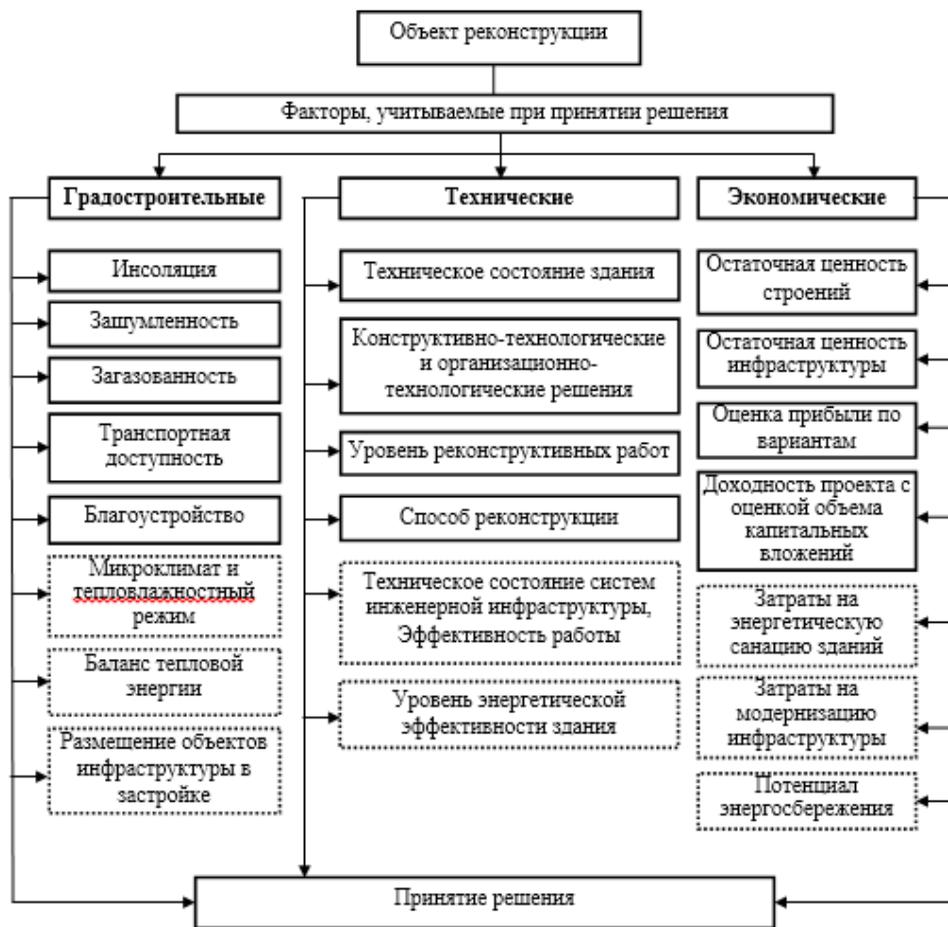


Рисунок 38 – Факторы, влияющие на реконструкцию жилой застройки

Разработка проекта реконструкции городской застройки проводится в несколько этапов, на каждом из которых решается ряд проблем, соответствующих уровню градостроительного проектирования (рисунок 39).

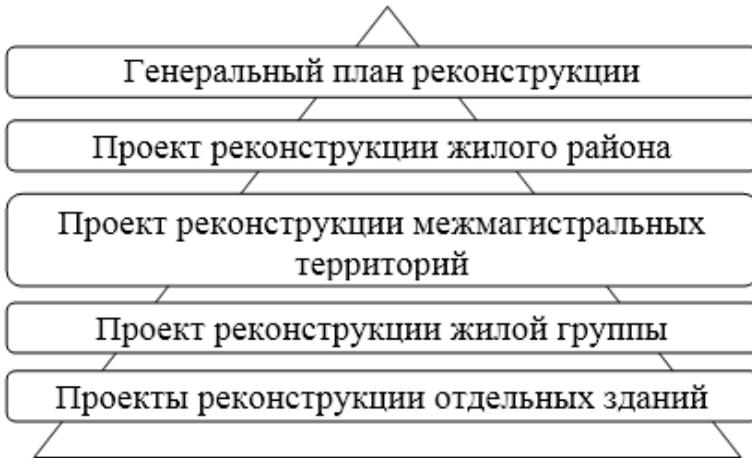


Рисунок 39 – Этапы реконструкции городской застройки

Проблема энергосбережения также имеет многоуровневый характер и четко прослеживается на разных уровнях градостроительного проектирования. Поэтому причины низкой энергетической эффективности и мероприятия по ее повышению можно классифицировать в зависимости от уровней городской территории и ее объектов: город, жилой район и отдельные здания.

Принятие рациональных энергосберегающих решений на каждом этапе проектирования, начиная с отдельного здания и заканчивая генеральным планом города, способно формировать целостную систему управления энергетической эффективностью города.

Энергетически эффективная реконструкция городской застройки представляет собой процесс преобразования и обновления сложившейся городской застройки, обусловленный постоянным повышением требований энергетической эффективности.

Необходимость проведения энергетически эффективной реконструкции обусловлена рядом причин и опирается на следующие принципы (рисунок 40).

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

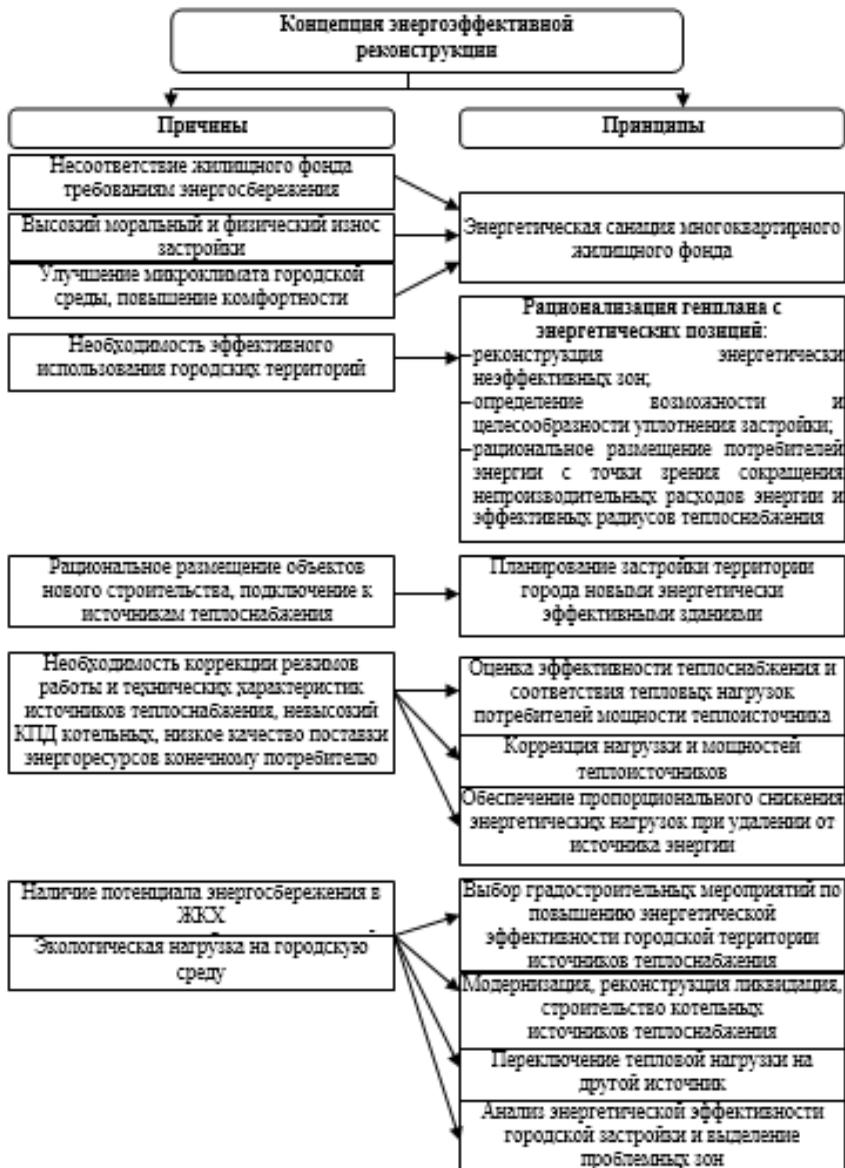


Рисунок 40 – Принципы энергоэффективной реконструкции городской застройки

Энергетически эффективная реконструкция городской застройки нацелена на обеспечение эффективного и рационального использования энергетических ресурсов в процессе функционирования города и жизнедеятельности населения, формирование эффективного производства и потребления энергии, а также повышение энергетических стандартов элементов городской застройки.

4.3 Классификация энергосберегающих мероприятий при реконструкции и освоении городских территорий

В общем виде энергосберегающие мероприятия в зависимости от объекта внедрения можно подразделить на локальные (для строящихся и эксплуатируемых зданий) и зонально-территориальные (для городской застройки).

Ключевым звеном энергоэффективной реконструкции городской застройки, учитывая неудовлетворительное техническое состояние значительной части жилых зданий, является реализация комплексной энергетической санации жилищного фонда – капитального ремонта с проведением энергосберегающих мероприятий.

Для достижения максимального эффекта энергетическую санацию жилищного фонда необходимо осуществлять в комплексе с энергетически эффективными градостроительными решениями. Применение градостроительных решений в области энергосбережения в совокупности с техническими, инженерными и архитектурно-строительными мероприятиями воплощается в комплексной энергетически эффективной реконструкции городской застройки (рисунок 41). Учитывая то, что в настоящее время перед муниципальными образованиями поставлены задачи выполнения требований энергоэффективности к зданиям и сооружениям в части снижения удельного потребления энергоресурсов, перспективным направлением градостроительной деятельности является *комплексная реконструкция городской застройки с учетом выполнения требований энергетической эффективности [41]*.

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

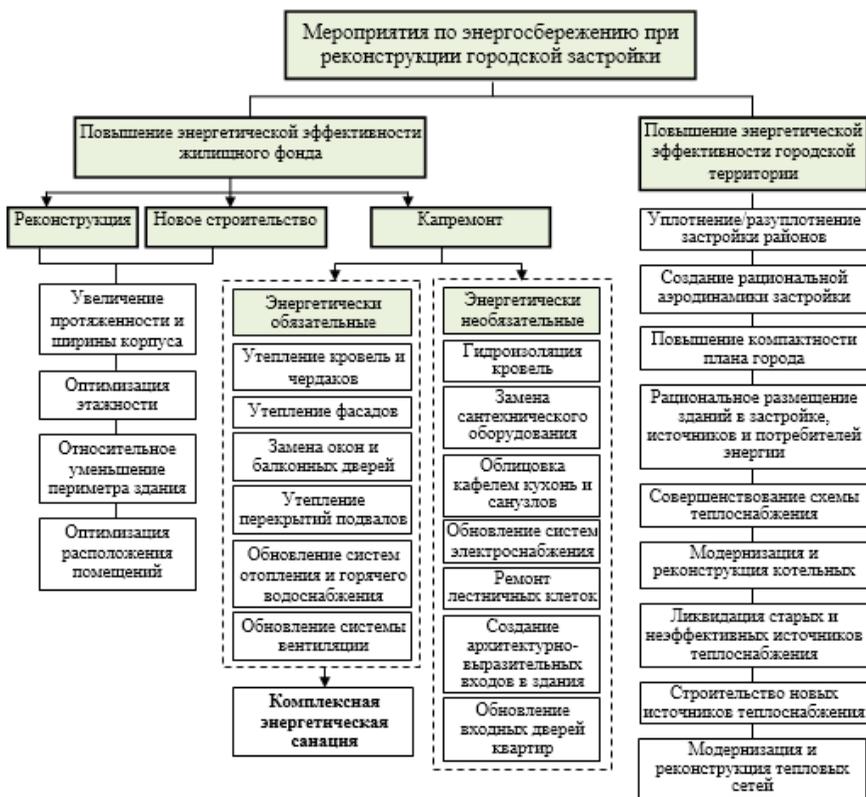


Рисунок 41 – Классификация мероприятий по энергосбережению при реконструкции городской застройки

Для решения поставленных задач разработаны методические основы повышения энергетической эффективности при реконструкции застроенных территорий, центральным звеном которых является мониторинг энергетических параметров городской застройки.

Потенциальный вклад каждого из существующих энергосберегающих градостроительных решений в повышение энергетической эффективности малых, средних и крупных городов приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Эффективность основных градостроительных энергосберегающих мероприятий

№	Комплекс мероприятий	Вклад мероприятий, %	
		Для малого и среднего города	Для большого и крупного города
1	Регулирование развития города и структуры его народнохозяйственного комплекса	7-10	12-15
2	Повышение компактности городского плана, включая функциональное зонирование и интенсивность использования территории отдельных функциональных зон	10-15	30-35
3	Новые приемы планировки и застройки селитебных и производственных зон, включая размещение объектов энергоснабжения и энергопотребителей в плане города в соответствии с энергоэффективными технологическими моделями	10-15	20-25
4	Совершенствование структуры застройки по энергопотребляющим характеристикам и инженерного обеспечения территории	40-45	7-10
5	Планировочное и техническое совершенствование схем инженерной и транспортной инфраструктуры	7-10	15-20
6	Изменение стандартов поведения населения в сфере энергопотребления, внедрение прогрессивных норм, эффективный контроль и управление расходом энергии	5-7	7-10

При планировке и застройке малых и средних городов наибольший вклад в энергосбережение вносит совершенствование структуры застройки по характеристикам энергопотребления. В

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

больших и крупных городах спектр энергосберегающих градостроительных мероприятий значительно шире, в него входят: повышение компактности городского плана, планировка и застройка городов с учетом размещения объектов энергоснабжения и энергопотребления в плане города, совершенствование схем инженерной инфраструктуры.

Градостроительные методы повышения энергетической эффективности территории также можно разделить в зависимости от уровня объекта энергосбережения (таблица 28).

Таблица 28 – Классификация градостроительных энергосберегающих мероприятий по уровням энергосбережения

Объект	Градостроительные мероприятия по энергосбережению
Город	– общая оптимизация городского плана; – рациональное взаимное размещение производителей и потребителей энергии; – интенсификация функционального использования территории; – сокращение доли неиспользованных территорий; – совершенствование планировочных и технических характеристик инженерного оборудования; – сокращение теплотерь при транспортировании тепла от источника к потребителю – зависит от плотности застройки и функционально-планировочной организации;
Жилой район	– рациональное размещение зданий относительно друг друга с целью минимизации транзита тепла; – создание оптимального аэродинамического и инсоляционного режима;
Здание	– сокращение теплотерь через ограждающие конструкции

Очевидно, что состав и результативность предложенных мероприятий зависит от объекта применения, следовательно, необходимо формирование индивидуального подхода к разработке проектов по энергосбережению. Учитывая системный характер городской застройки, энергоэффективная реконструкция должна затрагивать все ее уровни.

4.4 Методика энергетически эффективной реконструкции городской застройки

Методика энергетически эффективной реконструкции городской застройки с учетом мониторинга энергетических параметров включает в себя последовательную реализацию 6 этапов (рисунок 42).

Энергетически эффективная реконструкция городской застройки должна включать в себя мероприятия по экономии всех видов ресурсов: тепла, электроэнергии, воды и др. Однако наибольшая часть потребляемых ресурсов приходится на тепловую энергию, поэтому предлагаемая методика реконструкции городской застройки затрагивает вопросы экономии тепловой энергии и опирается на мониторинг энергетических параметров жилищного фонда и городской застройки в целом.

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

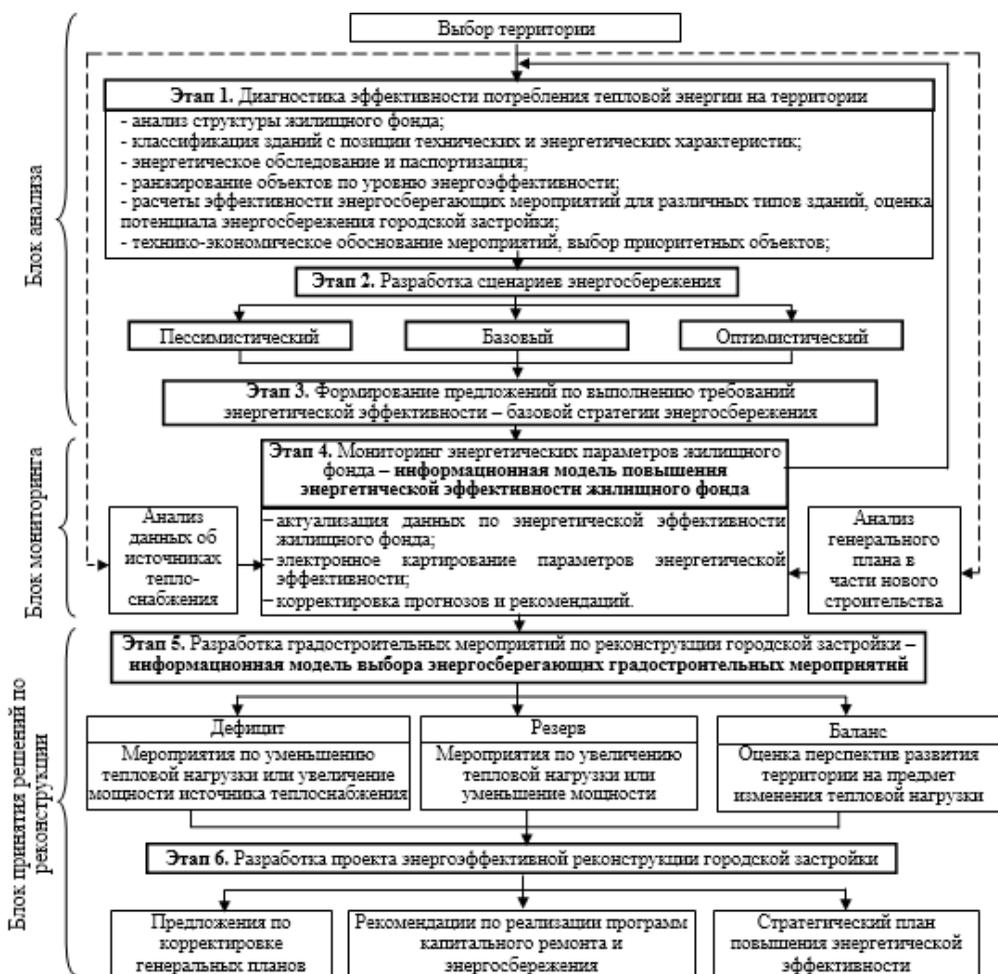


Рисунок 42 – Методика энергоэффективной реконструкции городской застройки

Первый этап планирования реконструкции городской застройки включает анализ жилищного фонда с позиции энергетических характеристик.

Ключевым фактором классификации зданий является период строительства, так как он дает представление об их объемно-планировочных и конструктивных решениях, материале ограждающих конструкций и высоте (рисунок 43).

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

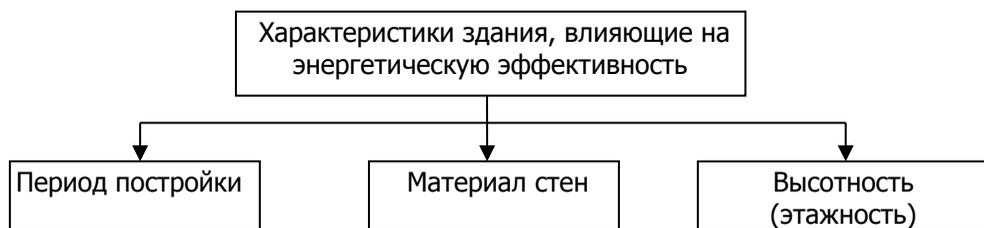


Рисунок 43 – Характеристики зданий, влияющие на энергетические параметры

Классификация объектов жилищного фонда производится на основе результатов мониторинга их технического и энергетического состояния. Для этого проводится энергетическое обследование и расчет энергетических паспортов, в результате чего вычисляется величина удельного годового потребления энергетических ресурсов – q . Величина отклонения расчетного значения q от нормативного позволяет установить класс энергетической эффективности здания и произвести оценку влияния отдельных энергосберегающих мероприятий на его изменение.

Проведение технического и энергетического обследования объектов-аналогов с расчетом энергетических паспортов

Энергетическое обследование многоквартирных зданий имеет своей целью определение фактических показателей энергетической эффективности и выявление возможных резервов экономии расхода топливно-энергетических ресурсов. По результатам энергетического обследования составляется энергетический паспорт, в котором указываются геометрические параметры, теплотехнические, энергетические и комплексные показатели обследованного объекта, приводятся рекомендуемые организационные, технические и иные мероприятия по энергосбережению, выполнение которых обеспечит экономически обоснованное снижение затрат топливно-энергетических ресурсов в соответствии с действующими нормативами.

Для достижения нормативных требований по энергетической эффективности и сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций в результате проведения капитального ремонта необходимо выполнение следующих энергетически обязательных мероприятий:

- 1) утепление ограждающих конструкций – наружных стен, кровель и чердачных перекрытий, перекрытий подвалов;

2) замена оконных заполнений (установка эффективных двухкамерных стеклопакетов с высоким сопротивлением теплопередаче);

3) обновление системы отопления и вентиляции (применение автоматического регулирования теплоотдачи отопительных приборов с помощью термостатов при центральном регулировании тепловой энергии);

4) реконструкция систем электроснабжения и освещения (замена электрооборудования, переход на автоматизированную систему искусственного освещения).

Эффективность каждого из мероприятий рассчитывается исходя из условия поэлементного нормирования к теплозащите конструкций зданий, закрепленного СП 50.13330.2012. Потенциал энергосбережения от реализации мероприятий предлагается определять путем численного моделирования энергетических характеристик здания.

Эффективность выбранного мероприятия определяется по результатам изменения потребности в тепловой энергии здания вследствие реализации выбранных мероприятий, которая выявляется в ходе расчета энергопаспорта с изменением варьируемых параметров (таблица 29).

Таблица 29 – Варьируемые параметры для расчета эффективности энергосберегающих мероприятий

№	Мероприятие	Варьируемые параметры
1	Утепление ограждающих конструкций	Приведенное сопротивление теплопередаче стен, входных дверей и ворот, покрытий, чердачных перекрытий, перекрытий над техподпольями, перекрытий над подвалами, перекрытий над проездами и под эркерами, пола по грунту
2	Замена оконных заполнений. Установка эффективных двухкамерных стеклопакетов с высоким сопротивлением теплопередаче	Приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей, витражей, фонарей; Коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях k ; Значения коэффициентов затенения светового проема t_F и t_{scy} и относительного проникания солнечной радиации k_F и k_{scy} соответственно окон и зенитных фонарей
3	Обновление системы отопления и вентиляции	Коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления ζ
4	Реконструкция систем электроснабжения и освещения	Количество инфильтрующегося воздуха в лестничную клетку жилого здания через неплотности заполнений проемов G_{inf} ; Нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций (для лестничной клетки)

В результате численного моделирования энергосберегающих мероприятий для выбранных зданий-аналогов определяется доля экономии тепловой энергии, расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания и класс энергетической эффективно-

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

сти, что при соотнесении характеристик контрольной статистической выборки с полным жилым массивом позволит оценить энергетические характеристики жилищного фонда в целом.

На втором этапе разрабатываются сценарии энергосбережения. Теоретически повышение энергетической эффективности городской застройки может развиваться по трем возможным сценариям (таблица 30).

Таблица 30 – Сценарии выполнения энергосберегающих мероприятий

Сценарий	Содержание
Пессимистический	Проведение ремонтных работ в установленные сроки в объемах, предусмотренных программами капитального ремонта. Проведение энергосберегающих мероприятий ограничивается установкой приборов учета энергетических ресурсов.
Оптимистический	Выполнение комплексной санации для всех зданий. Комплекс энергосберегающих мероприятий включает: утепление фасадов, кровель и чердаков, перекрытий подвалов, замена окон и балконных дверей, обновление систем отопления и горячего водоснабжения, обновление системы вентиляции.
Базовый	Выполнение энергосберегающих мероприятий для всех зданий, с целью обеспечения снижения q на 15, 30, 40 % по периодам планирования относительно базового уровня. Для приоритетных объектов – дополнительно утепление фасадов.

На третьем этапе с целью сокращения расхода энергии и уменьшения платы за энергоресурсы формируются предложения по достижению целевых показателей. Для этого в каждом периоде планирования из перечня энергосберегающих мероприятий формируется комплекс мер, обеспечивающий выполнение требований энергетической эффективности. Выбранный сценарий ложится в основу базовой стратегии и программы по энергосбережению в жилищном фонде муниципального образования.

На четвертом этапе разрабатывается система мониторинга энергетических параметров жилищного фонда и городской застройки в целом. Основной целью мониторинга является контроль текущего энергетического состояния реконструируемых территорий, оценка результатов реализации программ по энергосбережению, информационная поддержка принятия решений в области эффективного управления развитием городских территорий, а также разработка комплекса мероприятий, направленных на минимизацию нерационального расхода энергоресурсов и его негативных воздействий на экосистему города (рисунок 44).

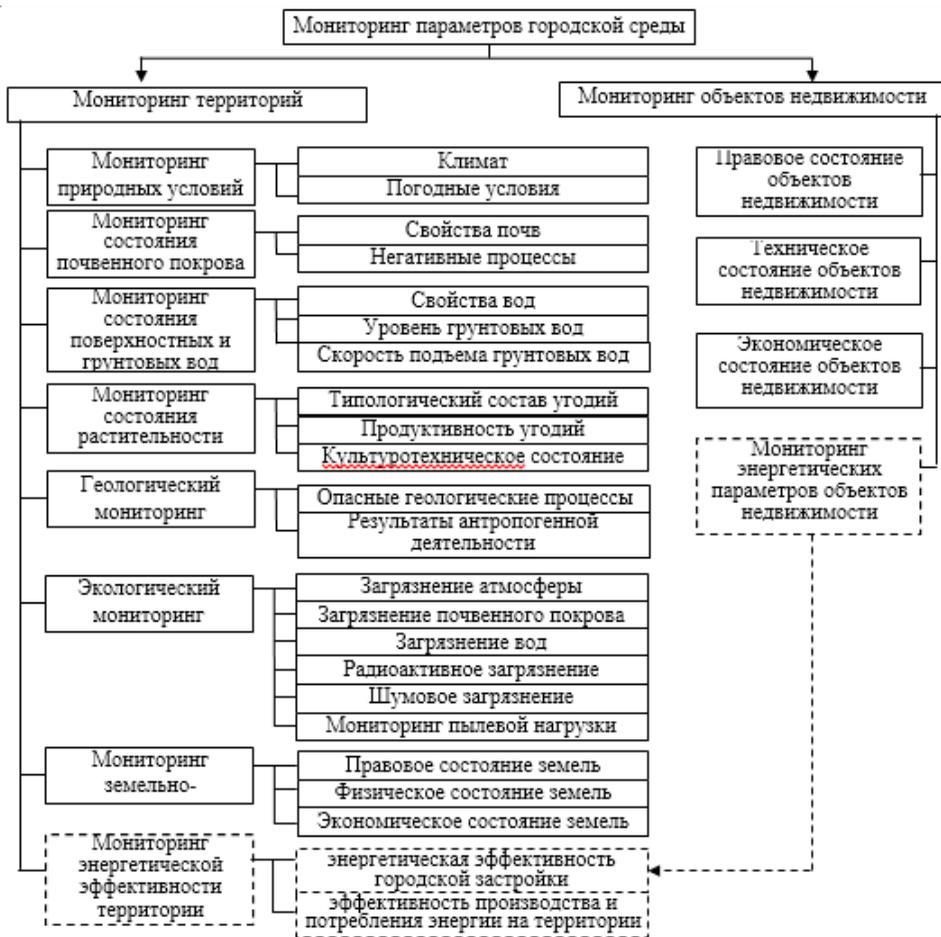


Рисунок 44 – Система мониторинга параметров городской среды

Мониторинг энергетических параметров городской застройки включает в себя мониторинг энергетических параметров жилищного фонда и мониторинг эффективности производства и потребления энергии на территории источниками теплоснабжения.

Мониторинг энергетических параметров жилищного фонда играет важную роль в организации управления жилыми объектами для установления их соответствия принятым стандартам и критериям энергетической эффективности и предполагает проведение следующих работ:

- 1) организация на постоянной основе слежения за изменением энергетических параметров жилищного фонда и сравнениях с нормативными показателями;
- 2) ранжирование зданий по удельному энергопотреблению и очередности проведения мероприятий по энергосбережению;
- 3) контроль за своевременным проведением мероприятий по энергосбережению;
- 4) разработка и корректировка целевых программ по энергосбережению и повышению энергетической эффективности жилищного фонда;
- 5) учет влияния качества произведенных работ на энергетические параметры объектов мониторинга;
- 6) разработка перспективных планов и моделей проведения энергетической санации для обеспечения их соответствия требованиям энергетической эффективности.

Мониторинг эффективности производства и потребления энергии на территории является необходимым компонентом для разработки энергосберегающих градостроительных мероприятий и включает в себя следующие работы:

- 1) контроль энергетических характеристик источников теплоснабжения, анализ загруженности и технического состояния источников теплоснабжения с целью выявления резервов энергосбережения;
- 2) оценка влияния вновь строящихся жилых зданий на общую энергетическую ситуацию на территории, ее прогнозирование и разработка энергосберегающих градостроительных мероприятий по реконструкции городской застройки.

Результаты мониторинга энергетических параметров городской застройки выступают в качестве источника информации о выполнении программных мероприятий по энергосбережению, основы для поиска резервов экономии энергии, выявления динамики

энергетических параметров и определения положительных тенденций и «узких мест». Результаты мониторинга могут использоваться как основа для выработки рекомендаций и принятия решений по управлению развитием территорий для органов местного самоуправления.

Пятый этап включает в себя разработку энергосберегающих градостроительных мероприятий по реконструкции городской застройки. Необходимость разработки и внедрения этих мероприятий вызвана изменяющимися потребностями строительных объектов в тепловой энергии в следствии:

- реализации комплексного капремонта с проведением энергосберегающих мероприятий;
- уплотнения застройки путем строительства новых зданий, пристроек, встроек, надстроек к существующим объектам;
- разуплотнения застройки путем сноса ветхих строений;
- реконструкции зданий с учетом требований энергосбережения;
- строительства новых зданий в рамках реализации положений генплана.

К источникам теплоснабжения присоединены как капитально отремонтированные объекты, приведенные к нормативному классу энергетической эффективности, так и требующие энергетической санации. В связи с этим для сокращения потерь энергоресурсов необходимо внедрение комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию мощности системы отопления, а также градостроительных решений для реконструируемой территории.

Для выбора наиболее эффективного энергосберегающего градостроительного решения необходим обоснованный прогноз динамики потребления тепловой энергии на территории реконструкции, на основе которого оценивается требуемая мощность источника теплоснабжения.

Прогноз прироста тепловой нагрузки за счет осваиваемых районов и возводимых строительных объектов предлагается осуществлять согласно проектным данным, при их отсутствии – с помощью укрупненного расчета потребления тепловой энергии. Прогноз снижения тепловой нагрузки в результате проведения энергетической санации дается на основании применения метода численного моделирования эффективности энергосберегающих мероприятий. Таким образом, комплекс градостроительных решений для энергоэффективной реконструкции городской застройки разрабатывается на основе комплексного анализа данных об изменении ее

энергетических параметров, полученных в ходе ведения мониторинга, анализа сведений об источниках теплоснабжения, расположенных на участке реконструкции, и положений генерального плана в части освоения территорий.

Определить направление градостроительных мероприятий позволяет расчет показателя загруженности источника теплоснабжения (P), рассчитываемого по формуле:

$$P = \frac{q_k}{q_{нагр}} \quad (30)$$

где q_k – мощность котельной, Гкал/час;

$q_{нагр}$ – присоединенная нагрузка, Гкал/час.

Показатель P может принимать следующие значения:

1) $P < 1$ – конечным потребителям требуется энергии больше, чем поставляет источник теплоснабжения. Имеет место «недотоп» зданий.

Для стабилизации ситуации требуются мероприятия по увеличению мощности источника теплоснабжения и уменьшения тепловой нагрузки.

2) $P > 1$ – на территорию поступает тепловой энергии больше, чем расходуется потребителями – присутствует избыток тепловой энергии. Комплекс градостроительных энергосберегающих мероприятий должен быть направлен на снижение объемов производства энергии источником теплоснабжения или увеличение нагрузки на него путем подключения дополнительных потребителей.

3) $P = 1$ – объем вырабатываемой тепловой энергии равен объему потребляемой, что указывает на то, что при текущих энергетических параметрах источника теплоснабжения и потребителей территория находится в энергетическом равновесии.

В зависимости от значения показателя загруженности источника теплоснабжения предлагается реализовывать на практике следующие энергосберегающие градостроительные мероприятия (таблица 31).

Таблица 31 – Классификация энергосберегающих градостроительных мероприятий

$P < 1$, дефицит тепловой энергии	$P > 1$, резерв тепловой энергии	$P = 1$, баланс
<ul style="list-style-type: none"> – реконструкция котельной с увеличением или сохранением мощности; – снижение тепловой нагрузки в результате проведения энергетической санации зданий; – уменьшение тепловой нагрузки путем сноса или реконструкции зданий; – разуплотнение застройки; – переключение части тепловой нагрузки к другой котельной; – строительство дополнительной котельной, обеспечивающей прирост перспективной тепловой нагрузки; – полная ликвидация котельной с переключением нагрузки на другой источник. 	<ul style="list-style-type: none"> – реконструкция котельной с уменьшением или сохранением мощности; – снижение тепловой нагрузки в результате проведения энергетической санации зданий; – уплотнение застройки; – увеличение тепловой нагрузки за счет подключения дополнительных потребителей из числа существующих зданий или вновь возводимых объектов; – уплотнение застройки за счет строительства новых зданий или увеличения этажности; – вывод из эксплуатации, консервация и демонтаж избыточных источников тепловой энергии. 	Анализ перспектив развития рассматриваемой территории и предполагаемого изменения тепловой нагрузки как за счет строительства новых объектов в зоне обслуживания, так и вследствие энергетической санации присоединенных зданий.

Мероприятия, касающиеся строительства, реконструкции, модернизации источников теплоснабжения, могут быть включены в состав программ комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры и перспективных схем теплоснабжения.

Для решения задач энергосбережения в градостроительном аспекте ключевыми являются факторы, характеризующие эффективность производства и использования энергетических ресурсов в системе «источник-потребители» и их пространственное расположение относительно друг друга. Для этого территорию муниципального образования необходимо разбить на участки в соответствии с расположением источников теплоснабжения и зонами их обслуживания. При планировании градостроительных мероприятий по энергосбережению, помимо показателя загруженности,

необходимо учитывать техническое состояние источника теплоснабжения, а также текущую энергетическую эффективность городской застройки, которые в совокупности образуют *показатель энергетической эффективности территории реконструкции – ПЭЭТР* (таблица 32).

Таблица 32 – Классификация зон по параметрам энергетической эффективности

Зоны энергетической эффективности		
По классу энергетической эффективности городской застройки	По показателю эффективности использования энергии на территории	По техническому состоянию источника теплоснабжения
Высокий - А, В, В+, В++	Зоны с дефицитом теплоснабжения	Удовлетворительное, не требует ремонта или требуется текущий ремонт
Нормальный - С	Зоны нулевого баланса	Неудовлетворительное, требует капитального ремонта или реконструкции
Низкий - D, E	Зоны с резервами теплоснабжения	

Показатель энергетической эффективности территории реконструкции является важным фактором оценки и инструментом управления развитием территорий, обеспечения эффективного использования энергоресурсов, экологической безопасности населения. Такое зонирование позволяет отразить систематизированную аналитическую информацию об энергетическом состоянии территории в виде, пригодном для пространственного анализа и принятия управленческих решений.

Информационная модель выбора энергосберегающих градостроительных мероприятий

Информационная модель выбора энергосберегающих градостроительных мероприятий базируется на оценке и зонировании территории по показателю ее энергетической эффективности – *ПЭЭТР*, включающему показатели класса энергоэффективности застройки и эффективности теплоснабжения, и рассчитываемому по формуле:

$$P_{\text{ЭЭТР}} = C_j \cdot K_i \longrightarrow M_{ij} \quad (31)$$

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

где C_j – коэффициент, учитывающий класс энергетической эффективности застройки;

K_j – коэффициент эффективности теплоснабжения на территории реконструкции.

В зависимости от величины показателя $\Pi_{ЭЭТТ}$ определяется комплекс энергосберегающих мероприятий M_{ij} для реконструкции городской территории (таблица 33).

Таблица 33 – Информационная модель выбора энергоэффективных градостроительных мероприятий при реконструкции

$K_j \backslash C_j$	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
C_1	M_{11}	M_{12}	M_{13}	M_{14}	M_{15}	M_{16}
C_2	M_{21}	M_{22}	M_{23}	M_{24}	M_{25}	M_{26}
C_3	M_{31}	M_{32}	M_{33}	M_{34}	M_{35}	M_{36}

Класс энергетической эффективности застройки определяется величиной отклонения расчетного потребления тепловой энергии зданиями, расположенными на рассматриваемой территории, от нормативного уровня (формула 32):

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^N S_n \cdot q_n^{des} - \sum_{i=1}^N S_n \cdot q_n^{req}}{\sum_{i=1}^N S_n \cdot q_n^{req}} \cdot 100\% = \frac{\sum Q_N^{des} - \sum Q_N^{req}}{\sum Q_N^{req}} \cdot 100\% \quad (32)$$

где Δ – отклонение величины расчетного потребления тепловой энергии застройкой от нормативного, %;

S_n – отапливаемая площадь в здании n , м²,

N – количество зданий, расположенных на территории реконструкции;

q_n^{des} – расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания n , Гкал/м²;

q_n^{req} – нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания n , Гкал/м²;

Q_N^{des} – расчетный годовой расход тепловой энергии на отопление N зданий, Гкал/год;

Q_N^{req} – нормируемый годовой расход тепловой энергии на отопление N зданий, Гкал/год.

В зависимости от величины отклонения предлагается классифицировать энергетическую эффективность застройки по трем

позициям: повышенный, нормальный и пониженный классы (таблица 34).

Таблица 34 – Значения коэффициентов классов энергетической эффективности застройки

Обозначение класса	Наименование класса	Величина отклонения значения расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий Q_N^{des} от нормируемого уровня Q_N^{req} , Δ , %	Значение коэффициента класса
C ₁	Повышенный	Менее -11 включительно	0,9
C ₂	Нормальный	от +5 до -10 включительно	1,0
C ₃	Пониженный	от +6 до +50 включительно	1,1

Коэффициент эффективности теплоснабжения
 Коэффициент эффективности теплоснабжения
 определяется по формуле 33:

$$K_i = P_i \cdot B_i, \quad (33)$$

где P_i – коэффициент загрузки источника теплоснабжения;
 B_i – коэффициент технического состояния источника теплоснабжения.

Значения коэффициентов загрузки и технического состояния источника теплоснабжения, в результате численного моделирования, принимаются в соответствии с таблицей 35. Коэффициент эффективности теплоснабжения классифицируется по 6-ти позициям.

Таблица 35 – Коэффициенты загрузки и технического состояния источника теплоснабжения

P_i		Загруженность котельной		
		Резерв	Баланс	Дефицит
		Значение коэффициента загрузки		
		P_1	P_2	P_3
Техническое состояние источника теплоснабжения	Значение коэффициента тех. состояния	0,95	1,0	2
B_1 – удовлетворительное, не требует ремонта или требует ТР	1	Очень высокий	Высокий	Низкий
B_2 – неудовлетворительное, требует КР или реконструкции	1,3	Низкий	Низкий	Очень низкий

Энергетическая эффективность территории реконструкции оценивается показателем $P_{ЭЭТР}$, который в зависимости от сочетания коэффициентов загрузки, технического состояния источника теплоснабжения и класса энергетической эффективности застройки, принимает значения в следующих интервалах (таблицы 36 и 37, рисунки 46-48).

 Таблица 36 – Интервалы значений показателя $P_{ЭЭТР}$

Интервал значений $P_{ЭЭТР}$	Энергетическая эффективность
$P_{ЭЭТР} \leq 1$	Высокая
$1 < P_{ЭЭТР} \leq 1,3$	Допустимая
$1,3 < P_{ЭЭТР} \leq 2$	Низкая
$P_{ЭЭТР} > 2$	Очень низкая

Таблица 37 – Показатели энергетической эффективности территории реконструкции

Загруженность источника теплоснабжения, P_i	Тех.состояние котельной, V_i	Класс энергоэффективности застройки, C_j	Значение $P_{ЭЭТР}$	Наименование показателя
Резерв	Удовлетв.	Повышенный	0,855	Высокий
	Удовлетв	Нормальный	0,950	Высокий
	Удовлетв	Пониженный	1,045	Допустимый
	Неудовлетв.	Повышенный	1,112	Допустимый
	Неудовлетв.	Нормальный	1,235	Допустимый
	Неудовлетв.	Пониженный	1,359	Низкий
Баланс	Удовлетв.	Повышенный	0,900	Высокий
	Удовлетв	Нормальный	1,000	Высокий
	Удовлетв	Пониженный	1,100	Допустимый
	Неудовлетв.	Повышенный	1,170	Допустимый
	Неудовлетв.	Нормальный	1,300	Низкий
	Неудовлетв.	Пониженный	1,430	Низкий
Дефицит	Удовлетв.	Повышенный	1,800	Низкий
	Удовлетв	Нормальный	2,000	Низкий
	Удовлетв	Пониженный	2,200	Очень низкий
	Неудовлетв.	Повышенный	2,340	Очень низкий
	Неудовлетв.	Нормальный	2,600	Очень низкий
	Неудовлетв.	Пониженный	2,860	Очень низкий

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

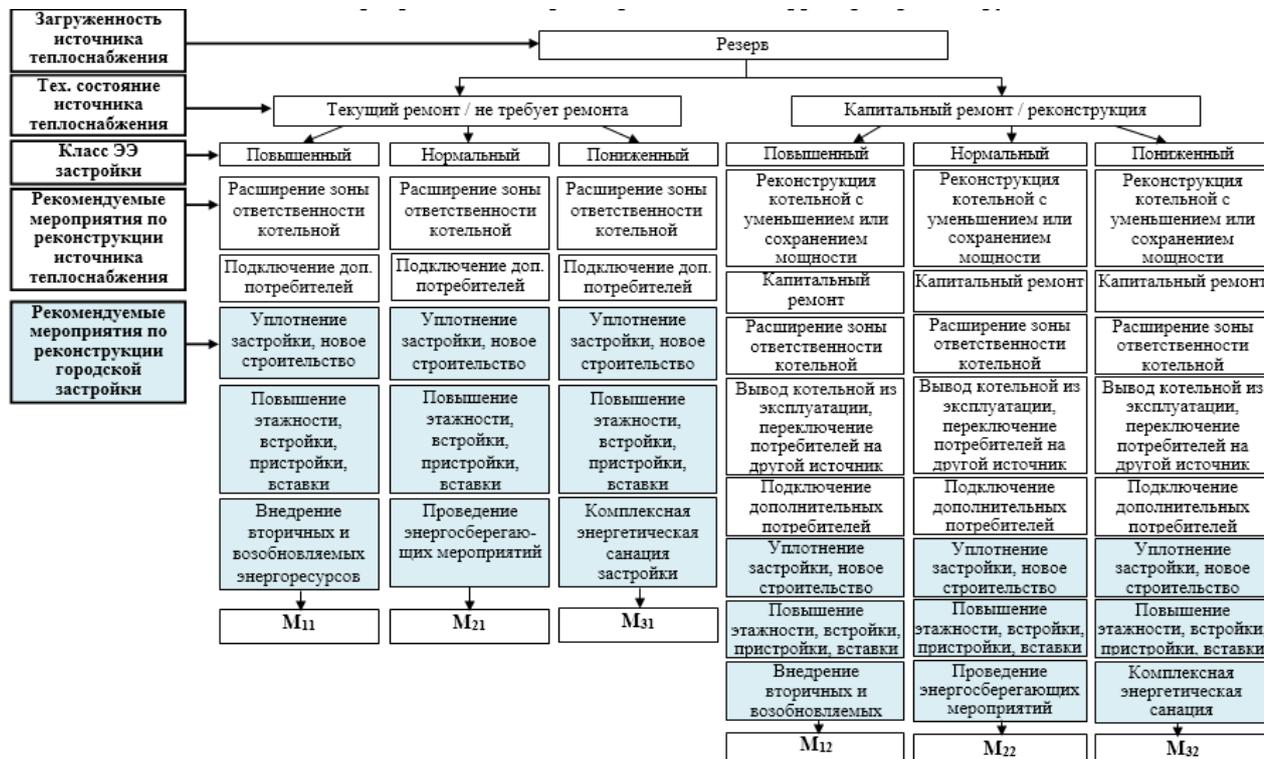


Рисунок 45 – Комплекс мероприятий по энергосбережению для территории реконструкции при резерве теплоснабжения

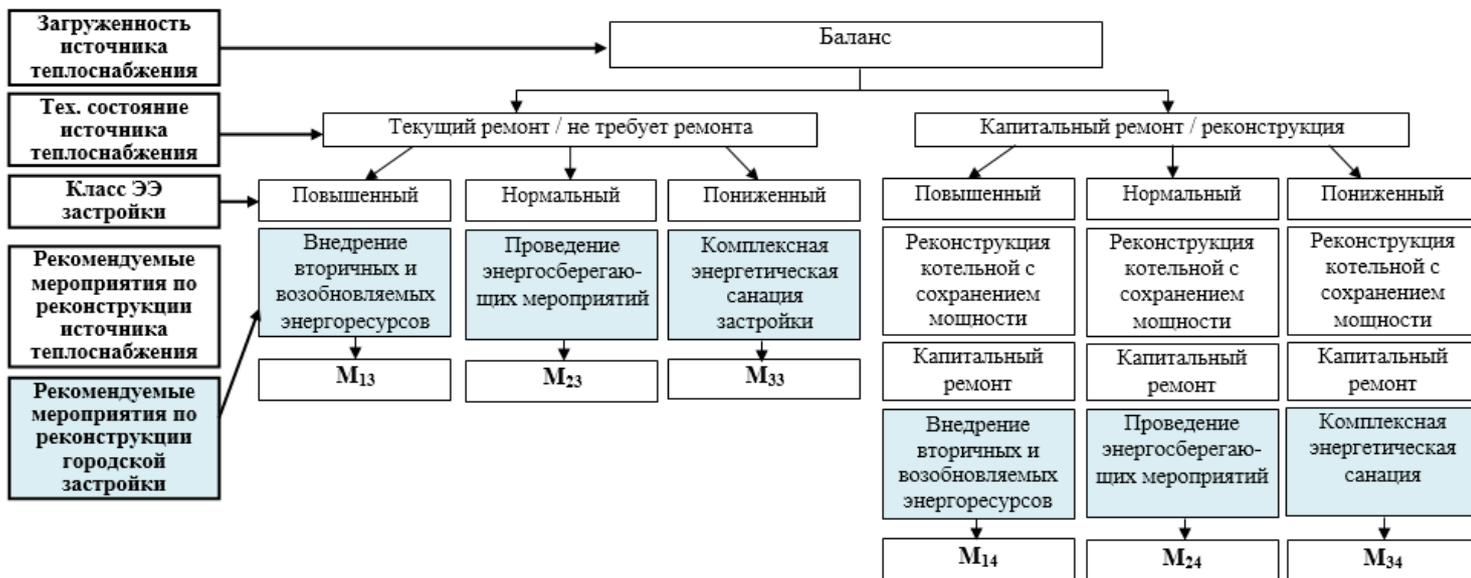


Рисунок 46 – Комплекс мероприятий по энергосбережению для территории реконструкции при балансе теплоснабжения

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

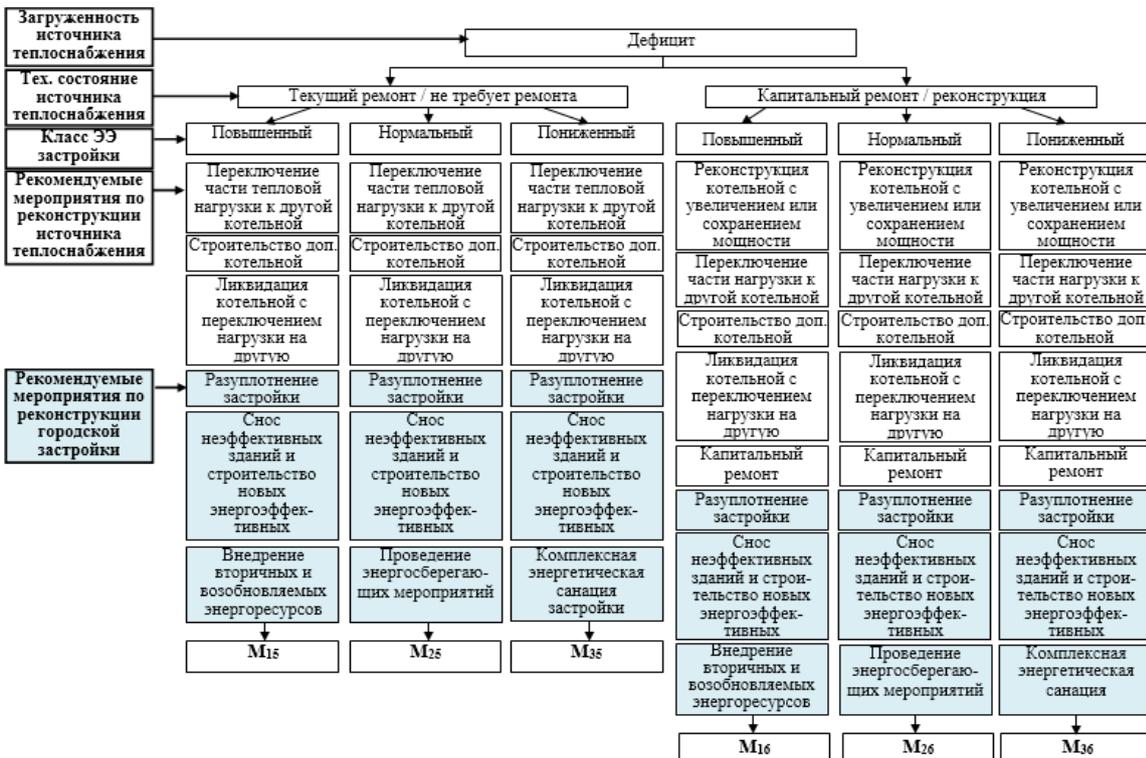


Рисунок 47 – Комплекс мероприятий по энергосбережению для территории реконструкции при дефиците теплоснабжения

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

В соответствии с предложенной методикой разработан алгоритм выбора наиболее эффективного градостроительного решения при проведении реконструкции городской застройки (рисунок 48).

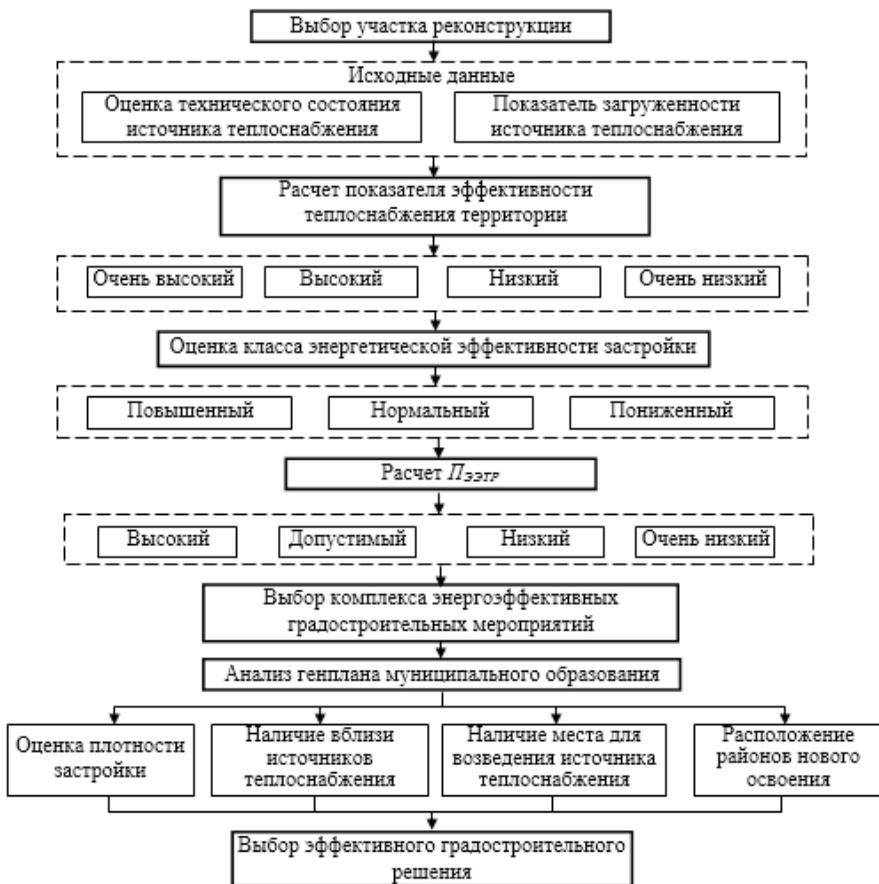


Рисунок 48 – Выбор эффективного энергосберегающего градостроительного решения

При разработке и реализации градостроительных мероприятий, затрагивающих строительство, реконструкцию или ликвидацию источников теплоснабжения рекомендуется учитывать следующее:

1. Решение о строительстве объекта по производству тепловой энергии может быть принято при условии обоснования невозможности и (или) экономической нецелесообразности удовлетворения потребности в тепловой энергии за счет проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, а также за счет существующих или строящихся источников тепловой энергии.

2. Выбор между реконструкцией существующего объекта по производству тепловой энергии и строительством нового осуществляется с учетом минимизации совокупных затрат на производство и передачу потребителям планируемого объема тепловой энергии.

Геоинформационное сопровождение разработки проекта энергетически эффективной реконструкции

Методика зонирования территории городской застройки по показателю энергетической эффективности с помощью геоинформационных технологий включает 6 этапов (рисунок 49).

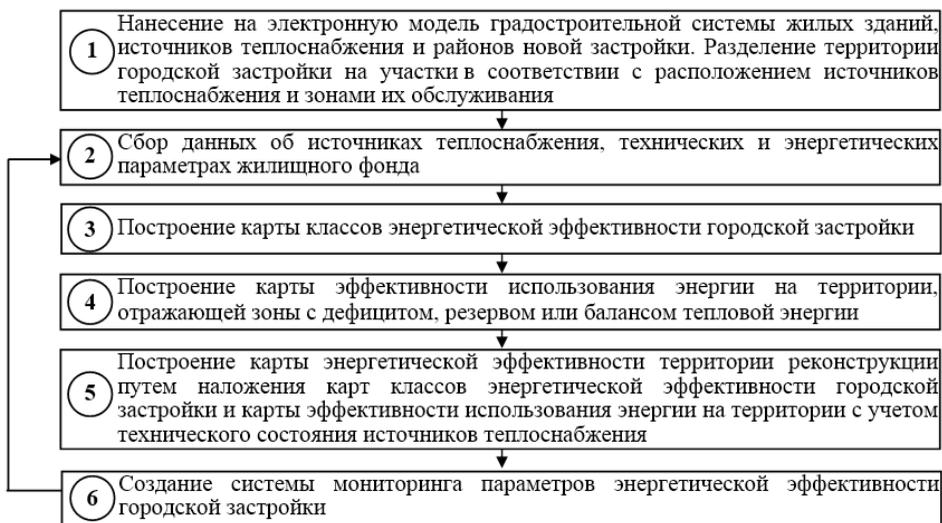


Рисунок 49 – Алгоритм методики зонирования городской территории по показателю энергетической эффективности с помощью ГИС

В основу зонирования территории с использованием геоинформационных систем заложена технология электронного картирования энергетических параметров городской застройки, которая включает в себя:

1. Создание пространственной модели и базы данных энергетических параметров жилищного фонда.
2. Создание пространственной модели и базы данных источников теплоснабжения.

Для построения пространственной модели энергетических параметров жилищного фонда формируется база географических данных различных типов – в данном случае элементами базы геоданных являются объекты жилищного фонда, которые представлены в виде полигонов и объединены в тематический слой [40, 43]. Атрибутами геоданных выступают сведения об энергетических параметрах жилых зданий, хранящиеся в *базе данных энергетических параметров*, которая создана в результате сбора сведений об объектах жилищного фонда, классификации жилых зданий по году постройки, материалу стен и этажности, выбора и энергетического обследования объектов-аналогов, расчета энергетических паспортов (рисунок 50).

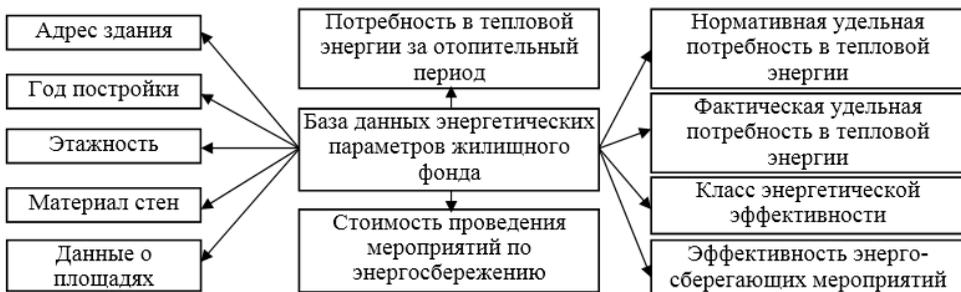


Рисунок 50 – Элементы базы данных энергетических параметров жилищного фонда

Методика формирования базы данных энергетических параметров жилищного фонда представлена на рисунке 51.

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

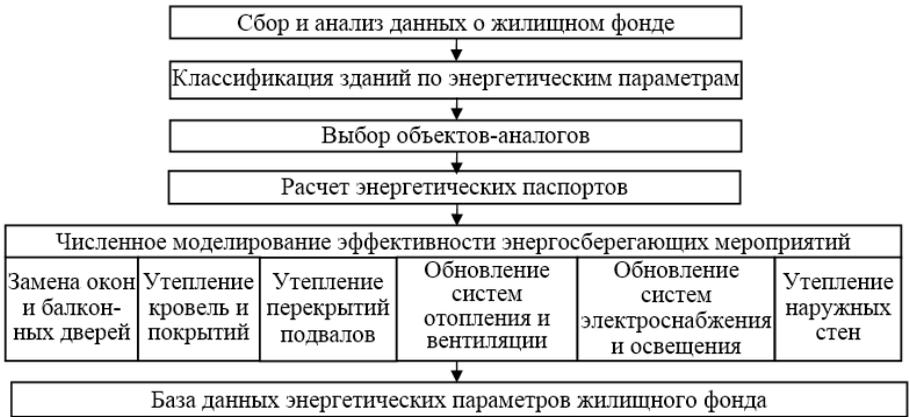


Рисунок 51 – Методика формирования базы данных энергетических параметров жилищного фонда

Для построения пространственной модели расположения источников теплоснабжения формируется база геоданных, элементами которой являются источники теплоснабжения, которые представлены в виде точек и также объединены в тематический слой. База данных источников теплоснабжения содержит общие сведения, данные об их мощности, расположении, присоединенной нагрузке и др. (рисунок 52).



Рисунок 52 – Элементы базы данных источников теплоснабжения

Полученный картографический материал используется для построения информационной модели энергетических параметров городской застройки, которая формируется путем интеграции пространственной модели градостроительной системы с привязанными к ней потребителями и источниками теплоснабжения, базы

данных технических характеристик и энергетических параметров жилищного фонда (рисунок 53).

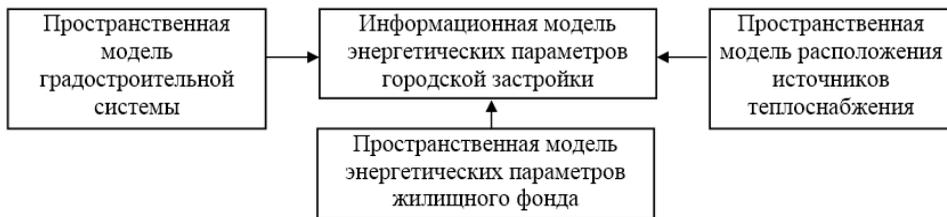


Рисунок 53 – Формирование информационной модели энергетических параметров городской застройки

С помощью построенной информационной модели энергетических параметров городской застройки может быть успешно решен широкий круг градостроительных задач в части энергосбережения. Информационная модель позволяет строить *электронные карты*, отражающие динамику энергетических параметров жилищного фонда в результате проведения энергетически обязательных мероприятий, а также зонировать территорию по параметрам энергетической эффективности и осуществлять выбор пакета энергосберегающих мероприятий для отдельных зданий и застройки в целом.

4.5 Пример разработки проекта «Энергоэффективный квартал»

Территория реконструкции расположена в Ворошиловском районе г. Ростова-на-Дону. На электронной карте выделена часть территории, включающая 68 многоквартирных домов и 6 общественных зданий, источником теплоснабжения для которых служит котельная по адресу ул. Пацаева, д. 5/6. Исходные данные о котельной представлены в таблице 38.

Таблица 38 – Сведения об источнике теплоснабжения

Адрес	Собственник	Вид топлива	Мощность, Гкал/час	Нагрузка, Гкал/час	Техническое состояние
Ул. Пацаева, д. 5/6	МУП «Теплокоммун-энерго»	Газ	41,50	42,08	Неудовлетворительное, требуется капитальный ремонт или реконструкция

В зоне ответственности рассматриваемой котельной в соответствии с генпланом расположен строящийся микрорайон площадью 160 тыс. м².

Перечень жилых зданий, присоединенных к котельной по адресу ул. Пацаева, 5/6, приведен в таблице 39. Потребление тепловой энергии зданиями, присоединенными к котельной, и классы их энергетической эффективности определены по результатам энергетического обследования и расчета энергопаспортов.

Таблица 39 – Перечень жилых зданий, присоединенных к источнику теплоснабжения по адресу: г. Ростов-на-Дону, ул. Пацаева, 5/6

Улица	№ дома	Год постройки	Этаж-ность	Материал стен	Площадь, м ²	Потребление тепловой энергии, Гкал/год		Класс ЭЭ
						Фактическое	Нормативное	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Борко ул.	10	2010	17	Кирпичные	4885,60	195	288	В+
Борко ул.	5	1978	9	Панельные	2880,28	455	184	Е
Борко ул.	6/2	1972	5	Панельные	4533,30	725	324	Е
Борко ул.	3/1	1976	9	Кирпичные	2858,30	460	183	Е
Борко ул.	3/2	1994	10	Кирпичные	2858,30	312	173	Е
Борко ул.	3 А	1975	9	Кирпичные	4455,50	717	285	Е
Борко ул.	3 А2	1976	9	Кирпичные	2328,40	375	149	Е
Борко ул.	3 А3	1976	9	Кирпичные	5283,40	851	338	Е
Борко ул.	2 А	1974	9	Кирпичные	2001,00	322	128	Е
Борко ул.	3/2 А1	1994	11	Кирпичные	3121,30	340	189	Е
Борко ул.	8 А	1973	5	Кирпичные	6991,30	1007	500	Е
Борко ул.	5	1978	9	Панельные	4181,30	661	267	Е
Борко ул.	5	1979	9	Панельные	4176,60	660	267	Е
Борко ул.	10/1	1973	5	Панельные	6535,50	1046	467	Е
Борко ул.	1	1974	9	Панельные	5349,70	845	342	Е
Борко ул.	4	1974	9	Кирпичные	2001,00	322	128	Е
Борко ул.	6/3	1972	5	Панельные	3729,25	597	267	Е
Борко ул.	6	1975	5	Кирпичные	5863,16	844	419	Е
Волкова ул.	8/1	1972	5	Панельные	2691,60	431	192	Е
Волкова ул.	8/2	1972	5	Панельные	2691,60	431	192	Е
Волкова ул.	4/1	1973	5	Панельные	5097,20	816	365	Е
Волкова ул.	10	1973	5	Панельные	5465,27	874	391	Е
Волкова ул.	2/1	1979	9	Панельные	3894,50	615	249	Е
Волкова ул.	2	1979	12	Кирпичные	4255,90	685	251	Е
Волкова ул.	10/1	1972	5	Панельные	2702,90	432	193	Е
Волкова ул.	10/3	1972	9	Панельные	5175,30	818	331	Е
Волкова ул.	10/4	1970	5	Панельные	3272,00	632	234	Е
Волкова ул.	6/1	1972	5	Панельные	2691,60	431	192	Е
Волкова ул.	6	1973	5	Панельные	6535,50	1046	467	Е
Волкова ул.	10/2	1973	5	Панельные	4592,60	735	328	Е
Волкова ул.	4/2	1973	9	Панельные	7789,00	1231	498	Е
Волкова ул.	4	1974	9	Кирпичные	6524,30	1050	417	Е
Волкова ул.	8	1986	12	Кирпичные	4304,20	469	253	Е
Евдокимова ул.	37д	2007	16	Кирпичные	6935,90	277	408	В+
Евдокимова ул.	37в	2005	5	Кирпичные	7605,97	487	544	В
Евдокимова ул.	37а	2012	16	Кирпичные	16833,40	673	991	В+
Евдокимова ул.	37г	2006	10	Кирпичные	7502,60	300	454	В+
Евдокимова ул.	37б	2004	5	Кирпичные	7648,52	490	547	В
Евдокимова ул.	37а	2006	12	Кирпичные	3231,90	129	190	В+
Евдокимова ул.	37д	2006	16	Кирпичные	6147,97	246	362	В+
Евдокимова ул.	37д	2006	16	Кирпичные	4579,30	183	270	В+
Капустина ул.	8	2006	17	Кирпичные	4959,30	198	292	В+
Капустина ул.	22/1	1972	5	Панельные	5397,10	864	386	Е
Капустина ул.	28/1	1973	5	Панельные	4554,10	729	326	Е
Капустина ул.	26/2	1973	5	Панельные	2933,10	469	210	Е
Капустина ул.	24/1	1982	15	Кирпичные	3818,60	416	225	Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Капустина ул.	22/4	1973	5	Панельные	1817,20	291	130	Е
Капустина ул.	20/1	1970	5	Панельные	2699,80	521	193	Е
Капустина ул.	18/3	1991	9	Кирпичные	3544,00	670	227	Е
Капустина ул.	16	1982	15	Кирпичные	3754,10	409	221	Е
Капустина ул.	14	1974	9	Панельные	7485,80	1183	479	Е
Капустина ул.	22	1990	14	Кирпичные	5845,50	637	344	Е
Капустина ул.	10/1	1995	14	Кирпичные	3655,00	398	215	Е
Капустина ул.	12 А	1972	5	Панельные	5833,60	933	417	Е
Капустина ул.	20 А	1973	5	Панельные	4556,00	729	326	Е
Капустина ул.	26/1	1973	9	Панельные	7463,80	1179	477	Е
Капустина ул.	20/2	1973	5	Панельные	2699,80	432	193	Е
Капустина ул.	22/2 А	1973	5	Панельные	1903,00	304	136	Е
Капустина ул.	22/3	1973	5	Панельные	1903,00	304	136	Е
Капустина ул.	10	1983	15	Кирпичные	3732,60	407	220	Е
Капустина ул.	18/1	1987	15	Кирпичные	4435,50	483	261	Е
Космонавтов пр.	9/1 А	1972	5	Панельные	4584,30	733	328	Е
Пацаева ул.	6/1	1980	5	Кирпичные	1716,51	247	123	Е
Пацаева ул.	3	1980	9	Кирпичные	4487,12	722	287	Е
Пацаева ул.	1	1980	9	Кирпичные	4487,12	722	287	Е
Пацаева ул.	5	1982	9	Кирпичные	6266,30	1184	401	Е
Пацаева ул.	7/1 А1	1995	10	Панельные	4728,10	941	286	Е
Пацаева ул.	7/1 А3	1995	10	Панельные	7349,90	1463	445	Е
					318812,5	41783	20788	

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере

Фактическое потребление тепловой энергии присоединенными зданиями составляет 42 000 Гкал/год, в то время как нормативное потребление тепловой энергии в соответствии со СП 50.13330.2012 должно составлять 21 000 Гкал/год при нормируемых удельных расходах тепловой энергии.

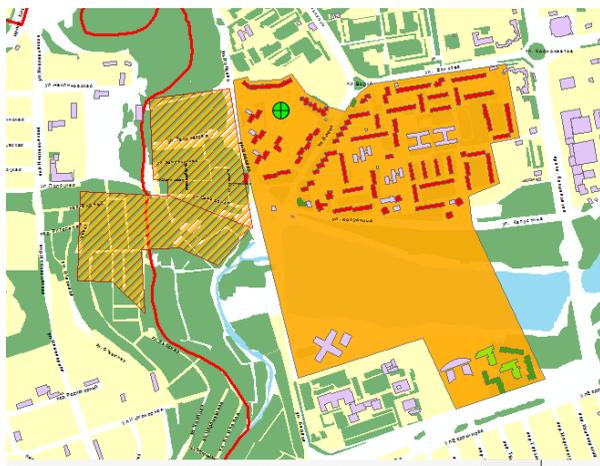
Для участка реконструкции выполнены расчеты показателей энергетической эффективности:

1. Класс энергоэффективности застройки равен:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \cdot q_i^{des} - \sum S_i \cdot q_i^{req}}{\sum S_i \cdot q_i^{req}} \cdot 100\% = 100,11\%,$$

что соответствует пониженному классу энергетической эффективности.

Показатель класса энергетической эффективности городской застройки равен $C_3=1,1$ (рисунок 54).


Условные обозначения

- Источники теплоснабжения
- Зеленые насаждения
- Гидрография
- Улицы

Класс энергетической эффективности городской застройки

- AB - повышенный
- C - нормальный
- DE - пониженный

Класс энергетической эффективности жилищного фонда

- | | |
|-------|-----|
| ■ B++ | ■ C |
| ■ B+ | ■ D |
| ■ B | ■ E |

Рисунок 54 – Электронная карта показателя классов энергетической эффективности участка реконструкции

2. Загруженность источника теплоснабжения:

$$P = \frac{q_k}{q_{нагр}} = \frac{41,5}{42,08} = 0,99$$

что свидетельствует о том, что на территории имеется дефицит тепловой энергии. Показатель загруженности источника теплоснабжения принимает значение: $P_3=2$ (рисунок 55).

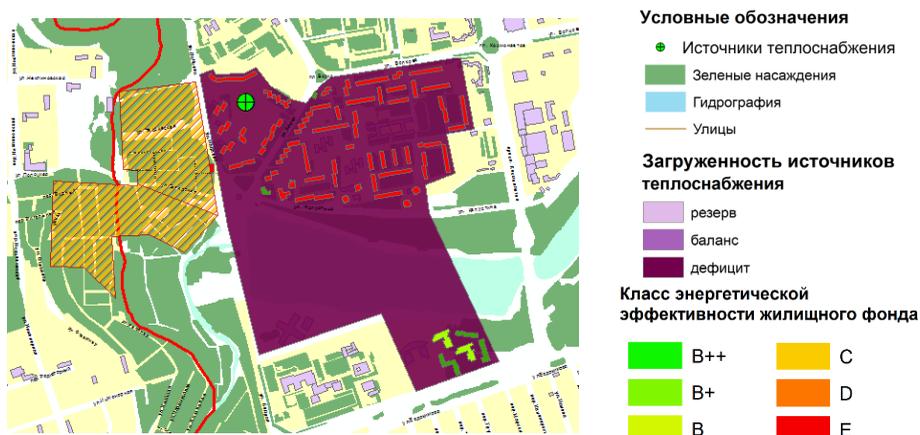


Рисунок 55 – Электронная карта показателя загруженности источника теплоснабжения для участка реконструкции

3. Источник теплоснабжения находится в неудовлетворительном техническом состоянии и требует капитального ремонта или реконструкции. Показатель технического состояния принимает значение: $B_2=1,3$ (рисунок 56).



Условные обозначения

- Источники теплоснабжения
- Зеленые насаждения
- Гидрография
- Улицы

Техническое состояние источников теплоснабжения

- удовлетворительное
- не удовлетворительное

Класс энергетической эффективности жилищного фонда

- | | |
|---|---|
| ■ B++ | ■ C |
| ■ B+ | ■ D |
| ■ B | ■ E |

Рисунок 56 – Электронная карта показателя технического состояния источника теплоснабжения для участка реконструкции

4. Показатель энергетической эффективности территории реконструкции равен: $P_{ЭЭТР} = 2,86$ (рисунок 57).



Условные обозначения

- Источники теплоснабжения
- Районы освоения

Энергетическая эффективность территории реконструкции

- высокая, $P_{ЭЭТР} \leq 1$
- допустимая, $1 < P_{ЭЭТР} \leq 1,3$
- низкая, $1,3 < P_{ЭЭТР} \leq 2$
- очень низкая, $P_{ЭЭТР} > 2$

Класс энергетической эффективности жилищного фонда

- | | |
|---|---|
| ■ B++ | ■ C |
| ■ B+ | ■ D |
| ■ B | ■ E |

Рисунок 57 – Электронная карта показателя энергетической эффективности ($P_{ЭЭТР}$) для участка реконструкции

Показатель энергетической эффективности для участка реконструкции (*ЛЭЭТР*) принимает значение «очень низкий», что соответствует комплексу мероприятий по реконструкции *М₃₆* (таблица 40).

Таблица 40 – Состав мероприятий по энергоэффективной реконструкции *М₃₆*

Для источника теплоснабжения	Для зданий
<ul style="list-style-type: none"> – реконструкция; – переключение части нагрузки к другому источнику теплоснабжения; – строительство доп. источника теплоснабжения; – ликвидация с переключением нагрузки на другой источник; – капитальный ремонт. 	<ul style="list-style-type: none"> – комплексная энергетическая санация; – разуплотнение застройки; – снос неэффективных зданий и строительство новых энергоэффективных

Согласно алгоритму оценки и выбора эффективного энерго-сберегающего градостроительного решения, к реализации рекомендуется комплекс мероприятий, включающий:

- комплексную энергетическую санацию жилищного фонда;
- реконструкцию источника теплоснабжения.

Результаты применения имитационной модели в проекте «Энергоэффективный квартал» приведены в таблице 41.

Таблица 41 – Результаты применения методики комплексного подхода к реконструкции городской застройки

Вид мероприятия	Мощность, Гкал/час	Нагрузка, Гкал/час	Загруженность	Класс ЭЭ застройки	Тех. состояние источника теплоснабжения	$P_{ЭЭТР}$
			P_i	C_i	B_i	
Исходное состояние	41,50	42,08	0,99	E	Неуд.	2,860
			2,00	1,1	1,3	
Энергетическая санация городской застройки	41,50	36,92	1,12	C	Неуд.	1,235
			0,95	1	1,3	
Энергетическая санация городской застройки, присоединение нового района	41,50	39,71	1,05	C	Неуд.	1,235
			0,95	1	1,3	
Энергетическая санация городской застройки, присоединение нового района, реконструкция источника теплоснабжения	41,50	39,71	1,05	C	Удовлетв.	0,950
			0,95	1	1	

В результате выполнения энергосберегающих решений по реконструкции городской застройки на территории квартала показатель энергетической эффективности примет значение: $P_{ЭЭТР}=0,950$, что соответствует *высокой* энергетической эффективности территории (рисунок 58).

Энергоресурсосбережение в жилищной сфере



Рисунок 58 – Показатель энергетической эффективности территории реконструкции до реализации энергосберегающих мероприятий

Применение имитационной модели позволяет сделать вывод о том, что при реконструкции рассматриваемой территории необходимо учитывать наличие следующих факторов:

- необходимость реконструкции источника теплоснабжения;
- возможность снижения тепловой нагрузки на котельную на 10 % за счет проведения комплексной санации присоединенных зданий (с учетом утепления наружных стен для приоритетных объектов);
- возможность увеличения тепловой нагрузки за счет присоединения нового микрорайона.

Технико-экономическое обоснование показало, что стоимость реализации энергетической санации для всех жилых зданий, расположенных на территории реконструкции, составит порядка 950 млн руб.

В результате реализации всех вышеперечисленных градостроительных мероприятий, источник теплоснабжения по-прежнему обладает резервом мощности. Таким образом, имеется возможность подключения к нему дополнительной нагрузки, либо установки в процессе реконструкции новых котлов с учетом присоединенной нагрузки.

Вопросы и задания к разделу 4

1. Перечислите энергетически обязательные и необязательные мероприятия.
2. Какие характеристики здания влияют на его энергетическую эффективность?
3. Дайте классификацию градостроительных энергосберегающих мероприятий.
4. Приведите примеры мероприятий по повышению энергетической эффективности жилищного фонда и городских территорий.
5. Приведите примеры мероприятий по повышению энергетической эффективности зданий, реализуемые при реконструкции, новом строительстве и капитальном ремонте зданий.
6. Сформулируйте понятие «энергоэффективная реконструкция».
7. Дайте развернутое описание концепции энергоэффективной реконструкции.
8. Какие группы факторов следует учитывать при разработке решений по реконструкции застройки с целью энергосбережения?
9. Назовите причины проведения энергетически эффективной реконструкции городской застройки.
10. Перечислите мероприятия по энергосбережению для территории реконструкции при резерве, балансе и дефиците теплоснабжения.
11. Назовите цели и состав работ по мониторингу энергетических параметров городской застройки, мониторингу эффективности производства и потребления энергии на территории застройки?
12. В чем причина изменения потребности застройки в тепловой энергии?
13. Какие зоны энергетической эффективности можно выделить на территории реконструкции?
14. Дайте определение термину «класс энергетической эффективности застройки». Опишите порядок его расчета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возобновляемые источники энергии – неисчерпаемые запасы без воздействия на природу // Официальный сайт «Альтернативная энергия» [Электронный ресурс]. – Условия доступа: <http://altenergiya.ru/apologiya/vozobnovlyaemye-istochniki-energii-neischerpaemye-zapasy.html> (дата обращения: 22.09.2017).
2. Стребежев, А.В. Система управления энергосбережением в жилищной сфере: дис. ... канд. экон. наук в форме научного доклада: 08.00.05 / Стребежев Алексей Валерьевич. – М., 2011. – 55 с.
3. Чернышев, Л.Н. Основы энергоресурсосбережения в жилищной и коммунальной сфере: Учебное пособие/ Л.Н. Чернышов. – М., 2008. – 198 с.
4. Данилов, Н.И. Энциклопедия энергосбережения / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков. – Екатеринбург: ИД «Сократ», 2004. – 368 с.
5. Сибикин, М.Ю. Технология энергосбережения: учебник / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ФОРУМ, 2010. –352 с.]
6. Ахметзянов, К.В. Проблемы реформирования жилищно-коммунального хозяйства и пути их решения // Электронный журнал NovaInfo.Ru. – №25-1, – 2014. – Условия доступа: <http://novainfo.ru/article/2492> (дата обращения: 22.09.2017).
7. Федеральный закон Российской Федерации от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=148960> (дата обращения: 06.07.2017).
8. Постановление правительства РФ от 25.01.2011 г. №18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109801/ (дата обращения: 11.10.2017).

9. Гагарин, В.Г. Российская актуализированная редакция СНиП «Тепловая защита зданий». Нормирование и расчет теплозащиты и потребления энергии на отопление и вентиляцию / В.Г. Гагарин, Н.П. Умнякова // Проблемы экологической безопасности и энергосбережения в строительстве и ЖКХ: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Москва-Кавала, 2014. – С. 94-107.

10. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». М.: НИИСФ РААСН, 2012. – 132 с.

11. Шеина, С.Г. Сравнительный анализ энергетического баланса малоэтажных жилых домов и оценка возможности энергосбережения в них / С.Г. Шеина Миненко Е.Н. // Жилищное строительство. – 2013. – №6. – С.32-33.

12. Умнякова, Н.П. Из истории нормирования тепловой защиты зданий / Н.П. Умнякова, И.Н. Бутовский, А.Г. Чеботарев // Проблемы экологической безопасности и энергосбережения в строительстве и ЖКХ: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Москва-Кавала, 2014. – С. 108-126.

13. Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=148719;dst=0;ts=4F24FC1341DD98EDCC4A51713542A892;rnd=0.30954418843612075> (дата обращения: 09.07.2017).

14. Распоряжение правительства РФ от 13.11.2009 г. № 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года» // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_94054/ (дата обращения 16.07.2017).

15. Курятов, В.Н. Потенциал энергосбережения и его практическая реализация / Курятов В.Н. [и др.] // Журнал «Экологические системы». – 2005. – №5.

16. Шихалиев, С.С. Повышение эффективности капитального ремонта и реконструкции зданий на основе энергосбережения: автореф. дис. ... канд техн. наук: 08.00.05/ Сейфутдин Сергоевич Шихалиев. – СПб: СПбГАСУ, 2012. – 19 с.

17. Дмитриев, А.Н. Управление энергосберегающими инновациями в строительстве // Учебное пособие. Издательство: М.: Ассоциация строительных ВУЗов – 2001. – с. 315.

18. Галашов, Н.Н. Расчет экономической эффективности замены парового турбопривода питательного насоса энергоблока К-300-23.5 газотурбинным приводом с учетом ЧДД/ Н.Н. Галашов,

Т.К. Бикбов // [Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность](#): материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции. — Томск: СПб Графикс, 2012.

19. Р НП «АВОК» 5–2006. [Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжению. Общие положения.](#) М., 2006.

20. Самарин, О.Д. О методике оценки энергоэффективности зданий [Электронный ресурс] // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2008. – № 4. – Условия доступа: http://esco-ecosys.narod.ru/2008_4/art156.htm.

21. Гагарин, В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий [Электронный ресурс] // АВОК. – 2009. – №1. – Условия доступа: http://www.c-o-k.ru/articles/energo_sbezrezhenie-i-energoeffektivnost-strategiya-i-realizaciya.

22. Бродач, М.М. Концепция оценки эффективности инвестиций в теплоэнергоснабжение и энергосбережение зданий [Электронный ресурс] // [Энергосбережение. – 2007. – № 1. – Условия доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3500](#)

23. Дмитриев, А.Н., Табунщиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005.

24. [Эффективность энергосбережения](#) [Электронный ресурс] // Энергосбережение. – Условия доступа: <http://www.energo-pasport.com/wordpress/effektivnost-energobezrezheniya.html>.

25. Качан Ю.Г., Братковская Е.А. Об экономической целесообразности проектов энергосбережения и ее обеспечении [Электронный ресурс] // Экономика промышленности. – Условия доступа http://www.rusnauka.com/29_NNM_2008/Economics/35847.doc.htm (дата обращения 11.08.2017)

26. Голованова, Л.А. Управление энергосбережением при проектировании и строительстве зданий: Дис. канд. экон. наук. – Хабаровск: Хабар. гос. техн. ун-т, 2000. – 205 с.

27. Алгоритм формирования региональных программ энергосбережения. Консультативная программа IFC в Европе и Центральной Азии. Проект содействия повышению энергоэффективности на субрегиональном уровне в России / ОАО «Объединение ВНИПИэнергопром». – IFC: International Finance Corporation, 2010 – 62 с.

28. Постановление правительства РФ от 31.12.2009 N 1225 (ред. от 22.07.2013) «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: <http://base.consultant.ru> (дата обращения: 20.10.2017).

29. Приказ Минрегиона РФ от 07.06.2010 « 273 (ред. от 26.08.2011) «Об утверждении Методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях» Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: <http://base.consultant.ru> (дата обращения: 20.10.2017).

30. Приказ Минэкономразвития РФ от 17.02.2010 № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности» Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=97672> (дата обращения: 20.10.2017)

31. Распоряжение правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: <http://base.consultant.ru> (дата обращения: 09.09.2017).

32. Энергоэффективность в России: скрытый резерв. [Электронный ресурс] – Условия доступа: http://esco.co.ua/journal/2009_4/art152.pdf (дата обращения 17.08.2017).

33. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ // Официальный сайт компании Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – Условия доступа: http://www.consultant.ru/popular/gskrf/15_6.html (дата обращения: 09.07.2017).

34. Голованова Л.А. Формирование региональной политики энергосбережения и оценка ее результативности (на примере Хабаровского края): автореф. дис. ...д-ра эконом. наук: 08.00.05 / Голованова Лариса Анатольевна. – Хабаровск, 2007. – 49 с.

35. Указ президента РФ от 07.07.2011 N 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» // Официальный сайт Министерства образования и науки РФ [Электронный ресурс]. – Условия доступа: минобрнауки.рф/документы/359 (дата обращения 05.10.2017).

36. Голованова, Л.А. Основы формирования и оценки результативности региональной политики энергосбережения: монография / Л.А. Голованова. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. – 213 с.

37. Шелехов, А.М. Основные положения стратегии устойчивого развития России / под ред. А.М. Шелехова. – М., Комиссия Государственной Думы по проблемам устойчивого развития, 2002. – 161 с.

38. Спиридонов А.В. Энергосбережение в США, Европе и России. Различие в подходах к реализации и экспертизе // СтройПрофи (Энергосбережение). – 2012. – № 3. – с. 38-41

39. Касьянов, В.Ф. Реконструкция жилой застройки городов: учебное пособие / В.Ф.Касьянов. – М.: Изд. АСВ, 2005. – 224 с.

40. Шеина, С.Г. Геоинформационное сопровождение программы по энергосбережению в жилищном фонде муниципального образования на примере г. Ростова-на-Дону / С.Г. Шеина, Е.В. Мартынова, К.И. Голотина // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №2.

41. Алексеев, Ю.В. Градостроительное планирование жилых территорий и комплексов. Том 2. Развитие и реконструкция сложившейся застройки: монография / Ю.В. Алексеев [и др.]; под ред. проф. Ю.В. Алексеева и доц. Г.Ю. Сомова. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 232 с.

42. Башмаков, И. А. Потенциал энергосбережения в России [Электронный ресурс] / И.А. Башмаков // Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. – Условия доступа: <http://gisee.ru/articles/smi/1078/> (дата обращения: 27.02.2014).

43. Матвейко, Р.Б. Формирование геоинформационной базы данных общественно-деловой и жилой застройки г. Ростова-на-Дону / Р.Б. Матвейко, Е.В. Мартынова // Инженерный вестник Дона (Электронный журнал). – 2013. – №2.

44. Муниципальная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности города Ростова-на-Дону на период до 2014 года» // Государственная информационная система

в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [Электронный ресурс]. – Условия доступа: <http://gisee.ru/articles/law/11931/> (дата обращения: 05.09.2017).

45. Самарин, О.Д. Энергетический баланс зданий и возможности энергосбережения [Электронный ресурс] // Новости теплоснабжения. – Условия доступа: <http://www.ntsnn.ru>.

46. Гагарин, В.Г. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий / В.Г. Гагарин, П.П. Пастушков // Строительные материалы. – 2013. – № 6. – С. 7-9.

47. Петров, К.С. Повышение тепловой защиты зданий различных назначений в условиях городской застройки / К.С. Петров, А.О. Вонгай, К.А. Саковская // Наукovedenie: интернет-журнал. – Том 7. – № 3 (2015). [URL: naukovedenie.ru/PDF/109TVN315.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/109TVN315.pdf) (дата обращения 01.04.2017).

48. Шеина, С.Г. Экспериментально-теоретические исследования энергосбережения в жилищном фонде муниципальных образований / С.Г. Шеина, Е.Н. Миненко, П.В. Федяева // Научное обозрение. – 2014. – № 11-2. – С. 419-424.

49. Шеина, С.Г. Сравнительный анализ энергетического баланса малоэтажных жилых домов и оценка возможности энергосбережения в них / С.Г. Шеина, Е.Н. Миненко // Жилищное строительство. – 2013. – № 6. – С. 32-33. (0,16/0,10).

50. Шеина, С.Г. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве / С.Г. Шеина, Е.Н. Миненко // Интернет-журнал Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4 (часть 1) – [Электронный ресурс]. – Условия доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/133.pdf_1099.pdf 2073-8633

ПРИЛОЖЕНИЕ А «ФОРМА ЭНЕРГОПАСПОРТА»

1 Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	
Адрес здания	
Разработчик проекта	
Адрес и телефон разработчика	
Шифр проекта	
Назначение здания, серия	
Этажность, количество секций	
Количество квартир	
Расчетное количество жителей или служащих	
Размещение в застройке	
Конструктивное решение	

2 Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	t_n	°С	
2	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	
3	Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут/год	
4	Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С·сут/год	
5	Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	t_b	°С	
6	Расчетная температура чердака	$t_{черд}$	°С	
7	Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°С	

3 Показатели геометрические

№ п.п.	Показатель	Обозначение и единица измерения		Расчетное проектное значение	Фактическое значение
8	Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$	-		
9	Площадь жилых помещений	$A_{ж}, м^2$	-		
10	Расчетная площадь (общественных зданий)	$A_p, м^2$	-		
11	Отапливаемый объем	$V_{от}, м^3$	-		
12	Коэффициент остекленности фасада здания	f			
13	Показатель компактности здания	$K_{комп}$			

14	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания,	$A_n^{сум}, \text{ м}^2$	-		
	в том числе:				
	фасадов	$A_{фас}$	-		
	стен (раздельно по типу конструкции)	$A_{ст}$	-		
	окон и балконных дверей	$A_{ок.1}$			
	витражей	$A_{ок.2}$	-		
	фонарей	$A_{ок.3}$	-		
	окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{ок.4}$	-		
	балконных дверей наружных переходов	$A_{дв}$	-		
	входных дверей и ворот (раздельно)		-		
	покрытий (совмещенных)	$A_{дв}$			
	чердачных перекрытий	$A_{покр}$	-		
	перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентная)	$A_{черд}$	-		
	- перекрытий над техническими подпольями или над неотопливаемыми подвалами (эквивалентная)	$A_{черд.т}$	-		
- перекрытий над проездами или под эркерами	$A_{пок1}$	-			
- стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$A_{пок2}$	-			
	$A_{пок3}$	-			

4 Показатели теплотехнические

№ п.п.	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
16#	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе: стен (раздельно по типу конструкции) окон и балконных дверей витражей фонарей окон лестнично-лифтовых узлов балконных дверей наружных переходов входных дверей и ворот (раздельно) покрытий (совмещенных) чердачных перекрытий перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентное)	$R_o^{пр}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ $R_{о,ст}^{пр}$ $R_{о,ок1}^{пр}$ $R_{о,ок2}^{пр}$ $R_{о,ок3}^{пр}$ $R_{о,ок4}^{пр}$ $R_{о,дв}^{пр}$ $R_{о,дв}^{пр}$ $R_{о,покр}^{пр}$ $R_{о,черд}^{пр}$ $R_{о,черд.т}^{пр}$			

перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентное)	$R_{o,цок1}^{пр}$			
перекрытий над проездами или под эркерами	$R_{o,цок2}^{пр}$			
стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$R_{o,цок3}^{пр}$			

5 Показатели вспомогательные

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
17	Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{общ}$, Вт/(м ² °С)		
18	Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	n_v , ч ⁻¹		
19	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}$, Вт/м ²	-	
20	Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}$, руб./кВт ч		

6 Удельные характеристики

№	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
21	Удельная теплозащитная характеристика здания	$k_{об}$, Вт/(м ³ °С)		
22	Удельная вентиляционная характеристика здания	$k_{вент}$, Вт/(м ³ °С)		
23	Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания	$k_{быт}$, Вт/(м ³ °С)		
24	Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации	$k_{рад}$, Вт/(м ³ °С)		

7 Коэффициенты

	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормативное значение показателя
25	Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	ζ	
26	Коэффициент, учитывающий снижение теплопотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	ξ	
27	Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	
28	Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями	ν	
29	Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	β_h	1,11

8 Комплексные показатели расхода тепловой энергии

№ п.п.	Показатель	Обозначение показателя и единицы измерения	Значение показателя
30	Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^p, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ [$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$]	
31	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{тр}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ [$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$]	
32	Класс энергосбережения		
33	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		

9 Энергетические нагрузки здания

№ п.п.	Показатель	Обозначение	Единица измерений	Значение показателя
34	Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	$\text{кВт ч}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$ $\text{кВт ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	
35	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{\text{год}}$	кВт ч/(год)	
36	Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{\text{год}}$	кВт ч/(год)	