

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Вопросы энергосбережения и энергоэффективности в зданиях.....	7
1.1. Энергетический баланс здания и основные направления энергосбережения.....	7
1.2. Нормирование тепловой защиты зданий в РФ	7
1.3. Выбор теплозащитных параметров наружных ограждений и методика оценки энергопотребления здания.....	11
Глава 2. Моделирование процессов в помещениях зданий и их инженерных системах	17
2.1. Процессы, определяющие формирование микроклимата помещения.....	17
2.2. Моделирование процессов формирования микроклимата.....	17
2.3. Математическое моделирование.....	18
2.4. Физическое моделирование.....	24
2.5. Струйные течения в системах вентиляции	26
2.6. Движение воздуха в приточных струях.....	27
2.7. Конвективные струи.....	30
2.8. Движение воздуха около вытяжных отверстий.....	32
2.9. Основные способы воздухоподготовки в помещении и их сравнение	34
Глава 3. Некоторые энергоэффективные решения для инженерных систем зданий.....	37
3.1. Использование автоматических терморегуляторов и балансировочных клапанов в системах отопления.....	37
3.2. Регенерация теплоты вытяжного воздуха в системах механической вентиляции и КВ	39
3.3. Комбинированные схемы обработки воздуха с рециркуляцией и теплоутилизацией	41
3.4. Применение теплонасосного оборудования для утилизации теплоты и холода.....	45
3.5. Оценка эффективности устройств регенерации теплоты и снижения энергопотребления	46
Глава 4. Техничко-экономический выбор вариантов инженерных систем зданий.....	48
4.1. Расчет составляющих эксплуатационных затрат и вычисление совокупных дисконтированных затрат	48
4.2. Вычисление дисконтированного срока окупаемости энергосберегающих мероприятий и критерий их окупаемости в условиях рыночной экономики.....	50
Глава 5. Сооружение энергоэффективных инженерных систем зданий.....	52
5.1. Понятие о технологии монтажа инженерных систем.....	52
5.2. Состав проектной документации при организации монтажа инженерных систем.....	53
5.3. Исполнительная документация на сооружение инженерных систем	54
5.4. Контроль и приемка работ по сооружению инженерных систем.....	54
5.5. Охрана труда и метрологическое обеспечение при сооружении инженерных систем	55
5.6. Оценка коррупционных рисков в сфере сооружения инженерных систем зданий.....	56
Библиографический список	58

ВВЕДЕНИЕ

Российская Федерация (РФ) — это уникальная страна по размерам территории и по обеспеченности различными природными ресурсами. Поэтому необходимо, чтобы развитие топливно-энергетического и коммунального комплекса осуществлялось с учетом различных природных, климатических, социальных, экономических условий РФ, а также специфики ее регионов [1]. Одновременно с этим требуется гарантированно обеспечивать энергетическую безопасность страны.

Потребление тепловой энергии зданиями можно разделить на четыре группы: отопление, вентиляция, приготовление воды на нужды горячего водоснабжения (ГВС) и на технологические нужды.

Назначение и состав инженерных систем зданий формируются из потребностей людей в организации комфортных условий пребывания внутри помещений или в соответствии с технологическим процессом. На рис. 1 приведена графическая иллюстрация типового набора таких систем на примере жилого здания.

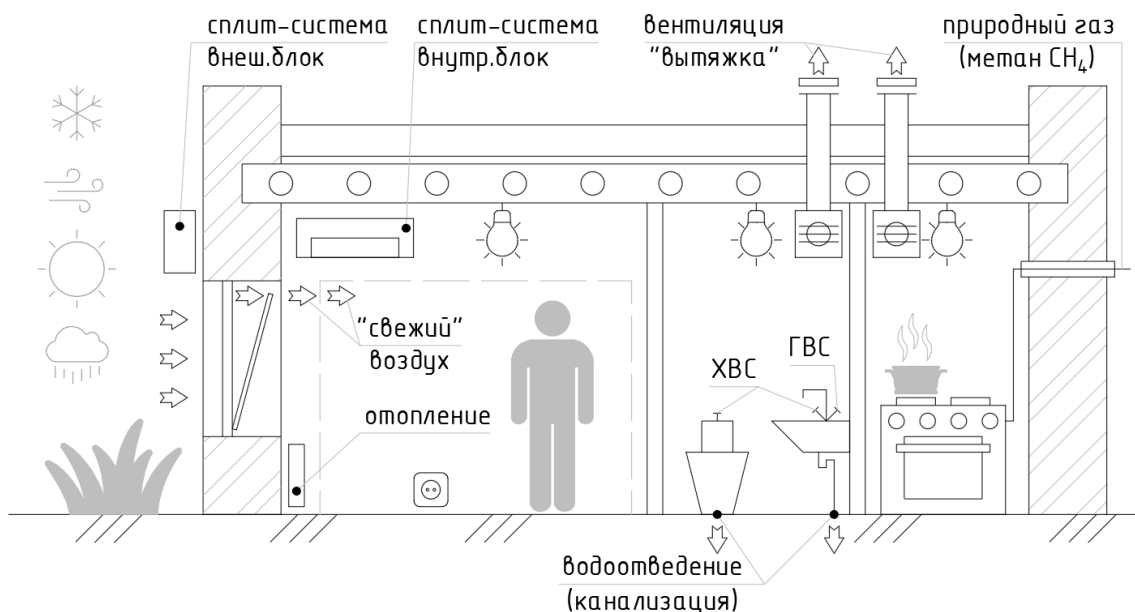


Рис. 1. Инженерные системы здания

Основными параметрами комфортного пребывания в помещении являются: температура воздуха; относительная влажность воздуха; подвижность воздуха; температура поверхностей, обращенных внутрь помещения. Требуемые значения данных параметров приведены в ГОСТ 30494—2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» [2].

В соответствии с обеспечением потребностей внутренних инженерных систем здания и в зависимости от степени централизации или децентрализации той или иной системы развитие получают наружные инженерные сети и системы. На рис. 2 показана принципиальная схема наружных инженерных систем населенных пунктов.

К настоящему времени в инженерной практике укоренился ряд распространенных аббревиатур:

- ХВС — холодное водоснабжение;
- ГВС — горячее водоснабжение;
- ЦГВС — циркуляция горячего водоснабжения;
- ВОС — водопроводные очистные сооружения;
- КОС — канализационные очистные сооружения;
- ЛОС — ливневые очистные сооружения;
- ГРС — газораспределительная станция;
- ГРП — газорегуляторный пункт;
- ЦТП — центральный тепловой пункт;
- ИТП — индивидуальный тепловой пункт;
- ТЭЦ — теплоэлектроцентраль;
- ТП — трансформаторная подстанция.

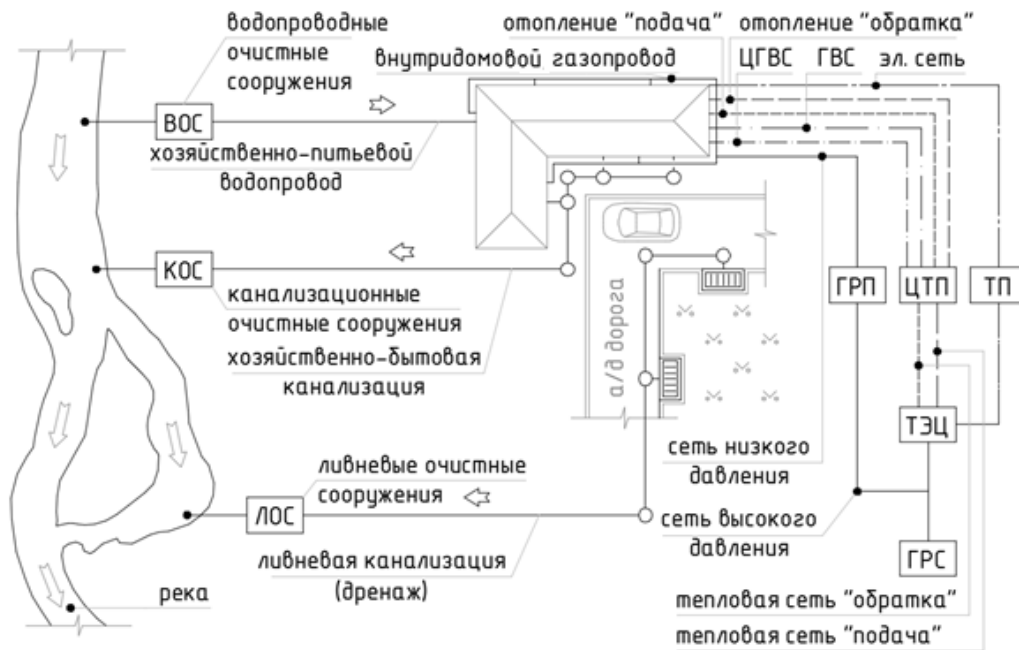


Рис. 2. Наружные распределительные системы населенного пункта

Применительно к характеристикам климата местности расположения объекта часто используются следующие аббревиатуры:

- ТП — теплый период года;
- ПП — переходный период года;
- ХП — холодный период года.

С учетом того факта, что строительство наружных инженерных сетей населенных пунктов часто ведется в стесненных условиях, и их прокладка возможна лишь в узких полосах, отведенных под эти сети, то их оптимизация возможна в основном за счет снижения расчетных расходов воды, газа или стоков по участкам сети и снижения их диаметров. В свою очередь, наиболее эффективным путем для снижения расчетных расходов являются мероприятия по энергосбережению во внутренних инженерных системах зданий. Соответственно, одним из наиболее важных направлений в оптимизации инженерных сетей города является снижение теплотребления зданий при одновременном повышении комфорта пребывания человека в помещениях.

Поэтому далее в предлагаемом пособии рассматриваются следующие вопросы:

- основные положения законодательства РФ в областях технического регулирования, проектирования, строительства, наладки и эксплуатации инженерных систем населенных пунктов и зданий;
- основы моделирования процессов изменения состояния влажного воздуха в помещениях здания и в обслуживающих их системах обеспечения микроклимата;
- основные энергосберегающие технические решения для систем обеспечения микроклимата зданий;
- методы технико-экономической оценки различных вариантов инженерных решений и принципы выбора оптимального решения из рассматриваемых;
- основные понятия в области технологии монтажа инженерных систем, составление исполнительной документации, охрана труда при производстве работ и метрологическое обеспечение монтажа, контроля и приемки работ;
- оценка коррупционных рисков в сфере сооружения инженерных систем зданий.

ГЛАВА 1. ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЗДАНИЯХ

1.1. Энергетический баланс здания и основные направления энергосбережения

Необходимость применения энергосберегающих мероприятий для инженерных систем обеспечения микроклимата зданий на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации обусловлена в основном экономической целесообразностью. По состоянию на сегодняшний день энергосбережение не является самоцелью, а лишь средством для минимизации суммарных финансовых затрат на возведение и последующую эксплуатацию здания. Как следствие, представляет интерес решение вопроса о выборе оптимального сочетания инженерных решений, обеспечивающих экономически обоснованное снижение энергопотребления.

Глубина возможного изменения затрат тепловой энергии зданием вытекает из структуры его энергетического баланса. В табл. 1.1 приведена структура потребления тепловой энергии по различным категориям согласно данным из различных источников, использованных в [3], для зданий до 1995 г. постройки, на сегодняшний день составляющих основную часть существующего фонда жилых и нежилых объектов.

Таблица 1.1

Энергетический баланс зданий (без учета электропотребления)

Здания	Доля в общих энергозатратах, %			Горячее водоснабжение
	Трансмиссионные теплопотери	Инфильтрация и подогрев воздуха в системах вентиляции	Совокупно на отопление и вентиляцию	
Жилые	28–42	30–48	70–78	22–30
Общественные	39–48	47–53	92–95	5–8

Как видно из данных табл. 1.1, потребление тепловой энергии в жилых зданиях по всем составляющим теплового баланса сопоставимо, а в общественных — доля ГВС относительно меньше прочих категорий, но в обоих случаях наибольший вклад вносит подогрев инфильтрующегося или вентиляционного воздуха. Соответственно, недостаточно ограничиваться лишь одним повышением теплозащитных свойств ограждающих конструкций, а необходимы комплексные мероприятия, касающиеся всех направлений энергосбережения.

В современной инженерной практике сложились основные возможные энергосберегающие мероприятия:

- утепление несветопрозрачных наружных ограждений до экономически целесообразного нормативного уровня;
- применение более энергоэффективного остекления;
- утилизация теплоты вытяжного воздуха;
- применение автоматических терморегуляторов для отопительных приборов (ОП), позволяющих регулировать теплоотдачу ОП с учетом бытовых тепловыделений и теплопоступлений от солнечной радиации через окна;
- установка в системах ГВС индивидуальных счетчиков воды, смесителей с левым расположением крана горячей воды и кранов с регулируемым напором, а также применение тепловых насосных установок (ТНУ) для подогрева воды;
- другие мероприятия, возможные в конкретном проекте.

1.2. Нормирование тепловой защиты зданий в РФ

Стратегическое направление развития энергетической отрасли правительство РФ обозначило распоряжением № 1715-р от 13 ноября 2009 г. в документе «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» (ЭС-2030) [4]. Далее данный документ в рамках планового обновления раз в 5 лет с учетом результатов ежегодного мониторинга выполнения ЭС-2030 перерабатывался и дополнялся, при этом горизонт планирования сместился до 2035 г. (ЭС-2035) [1]. В ЭС-2035 предписывается необходимость снижения удельных показателей загрязнения окружающей среды предприятиями топливно-энергетического комплекса (ТЭК), минимизация негативного воздействия потребления энергоресурсов на окружающую среду, климат и здоровье людей, а энергосбережение является одним из ключевых направлений указанного процесса.

Рассмотрим основные государственные документы, регулирующие сферу энергосбережения в России, в порядке их принятия и даты вступления в законную силу. Этот процесс можно наглядно отобразить в виде диаграммы на рис. 1.1.

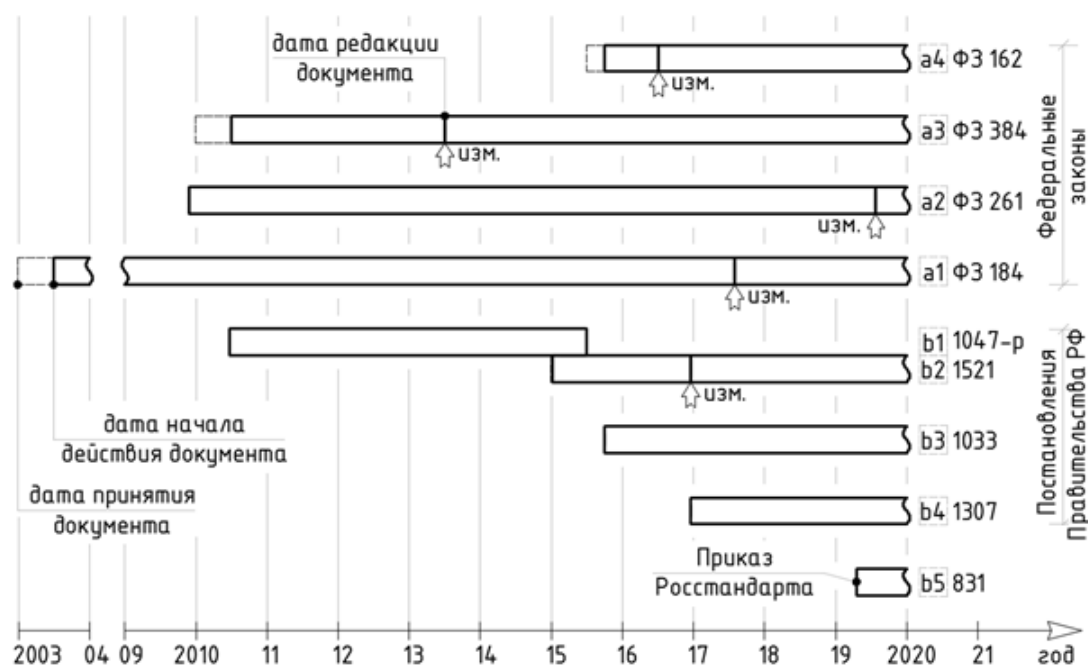


Рис. 1.1. Документы, регламентирующие энергосбережение в РФ

Регулирование в области энергосбережения осуществляется федеральными законами и постановлениями Правительства РФ (номера документов в списке проставлены согласно нумерации на рис. 1.1):

a1 — ФЗ-184 «О техническом регулировании» (с изменениями на 29 июля 2017 г.) [5];

a2 — ФЗ-261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями на 26 июля 2019 г.) [6];

a3 — ФЗ-384 «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»» (с изменениями на 2 июля 2013 г.) [7];

a4 — ФЗ-162 «О стандартизации в Российской Федерации» (с изменениями на 3 июля 2016 г.) [7];

b1 — Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 21 июня 2010 г. № 1047-р «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»» [9];

b2 — Правительство Российской Федерации. Постановление от 26 декабря 2014 г. № 1521 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»» (с изменениями на 7 декабря 2016 г.) [10];

b3 — Правительство Российской Федерации. Постановление от 29 сентября 2015 г. № 1033 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. № 1521» [11];

b4 — Правительство Российской Федерации. Постановление от 7 декабря 2016 г. № 1307 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. № 1521» [12];

b5 — Министерство промышленности и торговли Российской Федерации. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Приказ от 17 апреля 2019 г. № 831 «Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»» [13].

Для создания законодательной базы, дающей возможность оперативно решать вопросы по внедрению передовых инженерных решений и технологий, в том числе и в области энергосбережения, а также для устранения законодательных барьеров для бизнеса, реализующего инновационные проекты, 27 декабря 2002 г. Президентом РФ был утвержден Федеральный закон «О техническом регулировании» (ЗТР) № 184-ФЗ (линия a1 на рисунке 1.1).

Основное его содержание заключается в коренном изменении подхода к техническому регулированию. Документ предусматривает принципиальное разделение всех нормативных документов на два типа:

– первый тип — обязательные (технические регламенты), принимаемые в целях «защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений; предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей, в том числе потребителей; обеспечения энергетической эффективности и ресурсосбережения» (ст. 6), и утверждаемые в виде федерального закона или постановления Правительства РФ. Такие документы «с учетом степени риска причинения вреда устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие: безопасность излучений; биологическую безопасность; взрывобезопасность; механическую безопасность; пожарную безопасность; безопасность продукции (технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте); термическую безопасность; химическую безопасность; электрическую безопасность; радиационную безопасность населения; электромагнитную совместимость в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования; единство измерений; другие виды безопасности в целях, соответствующих п. 1 ст. 6 настоящего Федерального закона» (ст. 7);

– второй тип — все остальные документы (национальные стандарты, утверждаемые национальным органом стандартизации; своды правил, утверждаемые иными органами исполнительной власти при отсутствии национальных стандартов, а также стандарты коммерческих, общественных, научных и прочих организаций) являются документами добровольного применения.

Благодаря такому подходу значительно расширяются возможности по разработке, внедрению и использованию документов, соответствующих концепции оптимального нормирования, особенно если учесть, что в соответствии с ЗТР добровольные нормы могут быть признаны обязательными для контрагентов по договору между заказчиком и подрядчиком.

Иными словами, концепцию ЗТР можно свести к тому, что основная задача технических норм — показать, как **нельзя** проектировать, строить и эксплуатировать здания (технические регламенты), и как **можно** это делать (все остальные документы). Но нельзя требовать от нормативов, чтобы они показывали, как **нужно** строить, поскольку при современном уровне развития науки и техники достижение параметров, превышающих минимально допустимые, в большинстве случаев возможно несколькими способами, и фиксировать в нормах только один из них, — означает давать необоснованные предпочтения одной определенной научной или практической школе и существенно ограничивать внедрение в широкое использование результатов научных исследований и практического опыта [1, 2, 3].

Важнейшим государственным программным документом в сфере энергосбережения в России является Федеральный закон РФ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. (линия a2 на рис. 1.1).

В соответствии с Федеральным законом № 261-ФЗ, под **энергоэффективностью** понимается отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта. В случае если речь идет не о приборах и оборудовании, непосредственно потребляющих энергию и создающих конкретный продукт, а о пассивных системах и конструкциях (например, о наружных ограждениях зданий), смысл энергоэффективности целесообразно понимать несколько иначе: как степень приближения к минимально возможному для имеющихся условий расходу энергоресурсов, необходимых для функционирования здания и его инженерных систем. В этом случае энергоэффективность характеризуется коэффициентом снижения энергопотребления и коэффициентом полезного использования энергии зданием.

Коэффициент снижения энергопотребления — отношение снижения суммарного удельного годового энергопотребления здания за счет повышения теплозащиты ограждающих конструкций и применения энергосберегающих мероприятий при проектировании инженерных систем здания к величине суммарного удельного годового энергопотребления в базовом варианте.

Коэффициент полезного использования энергии зданием — отношение количества энергии, полезно использованной для функционирования здания и его инженерных систем в течение года, к расходу энергии, поданной за год в здание от внешнего источника, в пересчете на первичное топливо.

Также, согласно правительственной программе по разработке технических регламентов, был принят Федеральный закон «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»» (ТР БЗС) № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. (линия а3 на рис. 1.1). В соответствии с ч. 3 ст. 42 ТР БЗС распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 1047-р был утвержден перечень действующих на тот момент национальных стандартов и сводов правил, а также их частей, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований ТР БЗС.

Таким образом, распоряжение № 1047-р фактически предусматривает «распаковку» существующих документов с выделением из них обязательных и добровольных составляющих. Кроме того, эта же статья предполагает и возможность существования альтернативных документов, имеющих обязательный статус и регулирующих одну и ту же область нормирования, что является дальнейшим развитием идей, заложенных в ЗТР.

Для обеспечения возможности применения актуализированных редакций СНИП и их частей на обязательной основе 26 декабря 2014 года Правительством РФ было принято новое постановление «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (с изменениями на 7 декабря 2016 г.) № 1521, содержащее обновленный перечень нормативных документов, вступающих в силу с 1 июля 2015 г., с последующими изменениями от 29 сентября 2015 г. — № 1033, и от 7 декабря 2016 г. — № 1307.

Согласно этому распоряжению Правительства РФ, для основного свода правил в области тепловой защиты зданий СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНИП 23-02-2003 (с Изменением № 1)» (СП 50) обязательными являются разделы 1, 4 (п. 4.3, 4.4 — влажностный режим ограждений и условия эксплуатации ограждающих конструкций) и 5 (п. 5.1, 5.2, 5.4–5.7 — требования к теплозащите зданий). Сюда же входят и части разделов 6 (п. 6.8 — солнцезащита), 7 (п. 7.3 — нормируемая воздухопроницаемость), 8 (подпункты а и б п. 8.1 — требуемое сопротивление паропрооницанию), 9 (п. 9.1 — нормируемое теплоусвоение полов), а также приложение Г (см. раздел 1.2 данного пособия).

Для СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНИП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2)» (СП 131) в обязательные включены разделы 1 и 3–13, т.е. практически весь документ, кроме «Общих положений» и Приложений, которые являются справочными.

В целях дальнейшего развития ЗТР 29 июня 2015 года Президентом РФ был также подписан Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» № 162-ФЗ (линия а4 на рис. 1.1). Его действие распространяется в основном на национальные стандарты (ГОСТ), своды правил и стандарты организаций, т.е. на нормативные документы с применением на добровольной основе в соответствии с ЗТР, и определяет их области применения, порядок разработки и утверждения, а также способы распространения.

Работа по совершенствованию и актуализации нормативной базы непрерывно продолжается, так, например, в соответствии с положениями ФЗ-184 ЗТР 17 апреля 2019 г. принят и вступил в силу приказ «Об утверждении перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»» № 831, который по состоянию на ноябрь 2019 г. предписывает применение на добровольной основе актуализированных нормативных документов: СП 50.13330.2012 [14], СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНИП 41-01-2003» (с изменением № 1) (СП 60) [15], СП 131.13330.2018 [16], СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» (с изменением № 1) (СП 230) [17], СП 345.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты» (СП 345) [18].

Однако следует иметь в виду, что СНИПы, СП и ГОСТы содержат надежные, апробированные решения и рекомендации, основанные на опыте производства, строительства и эксплуатации, если они разработаны удачно и соответствуют современному уровню развития науки и техники. В то же время это не означает, что при условии соблюдения требований безопасности отсутствует возможность

разработки более эффективного нетипового решения по тепловой защите или инженерных систем для конкретного объекта. Другое дело, что это повышает ответственность разработчиков научных, проектных и производственных решений, а схема страхования рисков от такого рода деятельности у нас в стране еще должным образом не отработана.

1.3. Выбор теплозащитных параметров наружных ограждений и методика оценки энергопотребления здания

Требования, предъявляемые к тепловой защите зданий, представлены в СП 50 [14]. Данный свод правил устанавливает требования к тепловой защите строящихся и реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий общей площадью более 50 м², в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим. Также на сегодняшний день разработаны и вступили в законную силу документы СП 230 [17] и СП 345 [18]. Этот процесс можно наглядно отобразить в виде диаграммы на рис. 1.2.

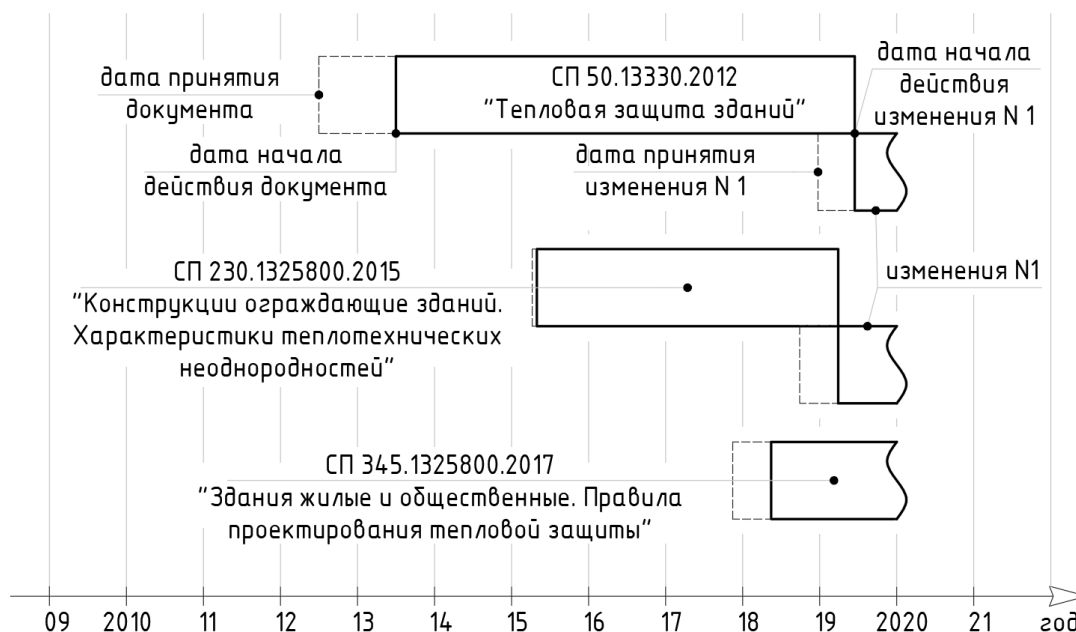


Рис. 1.2. Своды правил, регламентирующие энергосбережение в РФ

Проектирование зданий и сооружений необходимо производить, соблюдая требования, предъявляемые к ограждающим конструкциям и включенные в СП 50. Проектные решения должны обеспечивать:

- поддержание параметров микроклимата, необходимых для жизнедеятельности людей и работы технологического или бытового оборудования;
- требуемую тепловую защиту здания;
- эффективный уровень потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию;
- защиту ограждающих конструкций от переувлажнения;
- надежность и долговечность наружных конструкций.

К наружным ограждающим конструкциям традиционно принято относить: стены, окна, световые фонари, перекрытия (полы и потолки), входные двери и ворота.

В СП 50 обозначены обязательные требования:

- к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания (поэлементные требования);
- удельной теплозащитной характеристике здания (комплексное требование);
- ограничению минимальной температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодный период года (санитарно-гигиеническое требование);
- теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций;
- влажностному состоянию ограждающих конструкций;

- теплоусвоению поверхности полов;
- расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

Требования по тепловой защите здания считаются выполненными в случае одновременного выполнения санитарно-гигиенических, поэлементных и комплексных требований.

Первой отличительной особенностью СП 50 по сравнению с СНиП 23-02-2003 является внедрение понятия удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}$, Вт/(м³ · К). Она определяется как отношение суммарных тепловых потерь за счет теплопередачи через наружные ограждающие конструкции $Q_{тп}$, Вт, к отапливаемому объему здания $V_{от}$, м³, и к расчетной разности температур внутреннего и наружного воздуха $(t_{в} - t_{н5})$, °С (СП 50, формулы (Ж.1) – (Ж.3)):

$$k_{об} = \frac{Q_{тп}}{V_{от}(t_{в} - t_{н5})} = \frac{\sum \left(\frac{n_i A_i}{R_i} \right) (t_{в} - t_{н5})}{V_{от}(t_{в} - t_{н5})} = \frac{\sum \left(\frac{n_i A_i}{R_i} \right)}{V_{от}} = \frac{\sum A_i}{V_{от}} \cdot \frac{\sum \left(\frac{n_i A_i}{R_i} \right)}{\sum A_i} = K_{комп} K_{общ}, \quad (1.1)$$

где $K_{общ}$, Вт/(м² · К) — общий коэффициент теплопередачи оболочки здания;

$K_{комп}$, м⁻¹ — коэффициент компактности здания;

A_i и R_i — соответственно площадь, м², и сопротивление теплопередаче, м² · К/Вт, i -го наружного ограждения (наружных стен, окон, покрытий, перекрытий над техподпольем, полов по грунту и т.д.);

n_i — коэффициент положения i -го ограждения по отношению к наружному воздуху, определяемые по зависимости 5.3 в СП 50: $n_i = \frac{t_{в}^* - t_{от}^*}{t_{в} - t_{от}}$, где $t_{в}^*$, $t_{от}^*$ — соответственно средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения. При проведении практических расчетов можно использовать следующие значения коэффициента n : наружных стен, окон, бесчердачных покрытий, полов по грунту — 1; чердачных перекрытий — 0.9; полов над неотапливаемыми подвалами — 0.6.

Разность температур в выражении для $k_{об}$ не участвует в результате сокращения при делении числителя на знаменатель. Следовательно, при использовании величины $k_{об}$ теплозащитные свойства оболочки можно охарактеризовать более полно, так как она сочетает сразу два показателя: $K_{общ}$ и $K_{комп}$. Расчет $k_{об}$ описан в п. 5.5 и 5.6 СП 50 и согласно постановлению Правительства РФ № 1521 является обязательным.

Предельный верхний уровень $k_{об}$ ограничен нормируемой величиной $k_{об}^{тр}$ в зависимости от значения отапливаемого объема $V_{от}$ и величины градусо-суток отопительного периода в районе строительства ГСОП, °С · сут/год. (формула (5.5) СП 50):

$$k_{об}^{тр} = \begin{cases} \frac{4,74}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_{от}}}, & \text{для } V_{от} \leq 960 \text{ м}^3 \\ \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot \text{ГСОП} + 0,61}, & \text{для } V_{от} > 960 \text{ м}^3 \end{cases}, \quad (1.2)$$

$$k_{об}^{тр} = \frac{8,5}{\sqrt{\text{ГСОП}}}.$$

Значения сопротивления теплопередаче для наружных ограждающих конструкций R_i принимаются, исходя из нормируемой величины $R_0^{\text{норм}}$ (формула (5.1) в СП 50):

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тр}} m_p,$$

где $R_0^{\text{тр}}$ — базовое значение, требуемое из условий энергосбережения и определяемое согласно ГСОП по табл. 3 СП 50 в зависимости от категории здания;

m_p — региональный коэффициент, который в начале расчета принимается равным 1.

Однако, в случае выполнения требований по расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике Приложения Г из СП 50, допустимо снизить R_i перемножением на m_p , минимальный уровень которого составляет 0,63 для наружных стен, 1 — для светопрозрачных конструкций и 0,8 — для всех остальных ограждений. Данная методика кратко изложена ниже.

Второй отличительной особенностью СП 50 по сравнению с СНиП 23-02-2003 является определение приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания с учетом теплотехнических неоднородностей по формуле (Е.1) СП 50:

$$R_0^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_0^{усл}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}, \quad (1.3)$$

где $R_0^{усл}$ — осредненное по площади условное сопротивление, (м · °С)/Вт;

l_j — удельная протяженность линейной неоднородности j -го вида, приходящаяся на 1 м² стены по глади, м/м²;

Ψ_j — удельные потери теплоты через 1 м линейной теплотехнической неоднородности, Вт/(м · °С);

n_k — удельное количество точечных неоднородностей, приходящееся на 1 м² стены по глади, шт./м²;

χ_k — удельные потери теплоты через 1 точечную теплотехническую неоднородность, Вт/°С.

Значения Ψ_j и χ_k принимаются в соответствии с приложением Е СП 50 с использованием результатов расчетов температурных полей или по данным СП 230.

Также при актуализации СП 50 просматривается ужесточение требований, предъявляемых к теплозащитной оболочке здания.

Оценка энергоэффективности здания в соответствии с СП 50 с учетом Изменения № 1 в основной своей части сводится к определению удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию $q_{от}^p$, Вт/(м³ · К), по методике приложения Г данного свода правил.

Соответствующие расчетные формулы выглядят так (формула (Г.1) СП 50), Вт/(м · °С):

$$q_{от}^p = k_{об} + k_{вент} - \beta_{КПИ} (k_{быт} + k_{рад}), \quad (1.4)$$

где параметры $k_{вент}$, $k_{быт}$ и $k_{рад}$, Вт/(м³ · К), представляют собой соответственно удельную вентиляционную характеристику здания, удельную характеристику бытовых тепловыделений здания и удельную характеристику теплопоступлений в здание от солнечной радиации;

$\beta_{КПИ}$ — коэффициент полезного использования теплопоступлений, определяемый по формуле:

$$\beta_{КПИ} = \frac{K_{рег}}{(1 + 0,5n_b)}, \quad (1.5)$$

где $K_{рег}$ — коэффициент эффективности регулирования подачи теплоты в системах отопления;

n_b — средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹.

Величина $k_{об}$ рассчитывается по зависимости (1.1) данного пособия, а $k_{вент}$, в свою очередь, по формуле (Г.2) СП 50, Вт/(м · °С):

$$k_{вент} = \frac{0,28c(L_{вент} \rho_b^{вент} n_{вент} (1 - k_{эф}) + G_{инф} n_{инф})}{168 \cdot V_{от}}, \quad (1.6)$$

где c — удельная изобарная массовая теплоемкость сухого воздуха, равная 1,005 кДж/(кг · °С);

$\rho_b^{вент} = \frac{353}{273 + t_{от}}$ — средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³;

$L_{вент}$ — расчетный расход приточного воздуха в здание, м³/ч;

$n_{вент}$ — продолжительность работы механической вентиляции за неделю, выраженная в часах;

$G_{инф}$ — общий массовый расход инфильтрующегося воздуха в здание, кг/ч;

$n_{инф}$ — число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий со 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, м³;

$k_{эф}$ — коэффициент эффективности рекуператора (если предусмотрена утилизация теплоты вытяжного воздуха, что подробнее будет описано в главе 3).

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период $n_{вент}$, ч⁻¹, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле:

$$n_{\text{вент}} = \frac{L_{\text{вент}} \cdot n_{\text{вент}} / 168 + G_{\text{инф}} \cdot n_{\text{инф}} / (168 \cdot \rho_{\text{в}}^{\text{вент}})}{\beta_{\text{в}} V_{\text{от}}}, \quad (1.7)$$

где $L_{\text{вент}}$ — количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч;

$n_{\text{вент}}$ — то же, что и в (1.6);

$\beta_{\text{в}}$ — коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций.

Количество инфильтрующегося воздуха, кг/(м² · ч), поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общественного здания через неплотности заполнения проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, следует определять по формуле:

$$G = \frac{A_{\text{ок}}}{R_{\text{и.ок}}^{\text{тп}}} \left(\frac{\Delta p_{\text{ок}}}{10} \right)^{2/3} + \frac{A_{\text{дв}}}{R_{\text{и.дв}}^{\text{тп}}} \left(\frac{\Delta p_{\text{дв}}}{10} \right)^{1/2}, \quad (1.8)$$

где $A_{\text{ок}}$ и $A_{\text{дв}}$ — соответственно суммарная площадь окон, балконных дверей и входных наружных дверей, м²;

$R_{\text{и.ок}}^{\text{тп}}$ и $R_{\text{и.дв}}^{\text{тп}}$ — соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м²ч/кг;

$\Delta p_{\text{ок}}$ и $\Delta p_{\text{дв}}$ — соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па.

Характеристика $k_{\text{быт}}$ вычисляется по следующему выражению (формула (Г.6) СП 50):

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} A_{\text{ж}}}{V_{\text{от}} (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})}, \quad (1.9)$$

где $q_{\text{быт}}$ — величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений $A_{\text{ж}}$, принимаемая равной от 10 до 17 Вт/м² в зависимости от заселенности (соответственно более 45 и менее 20 м² общей площади на человека) или на 1 м² расчетной площади $A_{\text{р}}$ общественного здания — по расчету.

Характеристика $k_{\text{рад}}$ вычисляется по следующей формуле (Г.7) СП 50:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП}}, \quad (1.10)$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ — теплоступления через окна и фонари от солнечной радиации за отопительный период, МДж/г.

Расчетное значение $q_{\text{от}}^{\text{р}}$ сравнивается с требуемым уровнем $q_{\text{от}}^{\text{тп}}$, приведенным в табл. 13 и 14 СП 50, определяется величина отклонения в процентах $x = \frac{q_{\text{от}}^{\text{р}} - q_{\text{от}}^{\text{тп}}}{q_{\text{от}}^{\text{тп}}} \cdot 100\%$. После чего делается вывод о соответствии здания нормам удельного энергопотребления с учетом принятого класса энергосбережения здания по табл. 15 СП 50. На рис. 1.3 приведена графическая иллюстрация определения соответствия здания классу энергосбережения.

Полученное значение $q_{\text{от}}^{\text{р}}$ используется для вычисления фактического удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , кВт · ч/(м³ · г):

$$q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{от}}^{\text{р}} \quad (1.11)$$

или в качестве варианта для получения результата в размерности кВт · ч/(м³ · г) значение нужно умножить еще на h — высоту этажа, м.

По завершении расчета его результаты оформляются в виде таблиц, составляющих энергетический паспорт здания по форме, приведенной в приложении Д СП 50.

Пример 1.1. В качестве примера приведем результаты расчетов $k_{\text{об}}, k_{\text{об}}^{\text{тп}}$, а также $q_{\text{от}}^{\text{р}}$ и $q_{\text{от}}^{\text{тп}}$ (в размерности Вт/(м³ · К)) для характерного здания-представителя — средней школы, построенной по типовому проекту 221-1-25-387 [1], в трех регионах РФ с различными климатическими условиями: Краснодаре (ГСОП = 2682), Москве (ГСОП = 4944) и Воркуте (ГСОП = 8905).

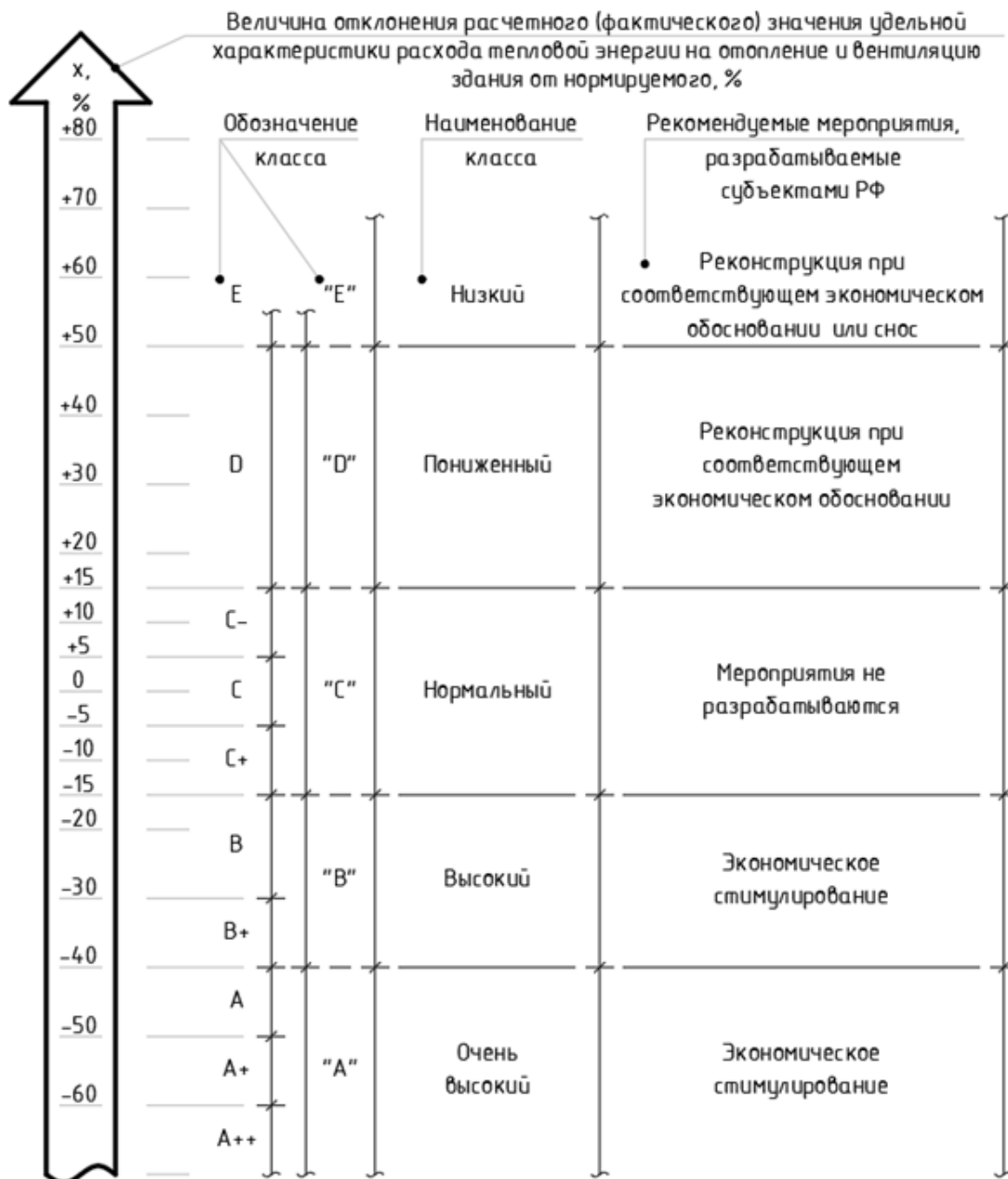


Рис. 1.3. Классы энергосбережения жилых и общественных зданий

Величина $V_{от}$ для данного здания равна $10\ 100\ \text{м}^3$, а коэффициент компактности $K_{комп}$, м^{-1} , представляющий собой отношение суммарной площади наружных ограждений ΣA_i , м^2 , к $V_{от}$, м^3 , для данного объекта равен 0,423.

В табл. 1.2 приведены значения $k_{об}$ и $q_{от}^{тп}$ для двух вариантов:

– вариант 1 — требуемое сопротивление теплопередаче ограждений $R_0^{тп}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, непосредственно по табл. 3 СП 50, т.е. при $m_p = 1$;

– вариант 2 — с минимально допустимыми m_p : 0,63 — для наружных стен, 0,95 — для светопрозрачных конструкций (допустимый коэффициент в СП 50 до вступления в силу Изменения № 1) и 0,8 — для полов, потолков и т.п.

Средняя кратность воздухообмена механической вентиляции в рабочее время $n_{раб} = 1,5\ \text{ч}^{-1}$ [1], продолжительность рабочего времени 10 ч/сут., тогда $n_a = 1,5 \cdot 10/24 = 0,625\ \text{ч}^{-1}$. Значение $q_{быт}$ принято по расчету [1] равным $14,9\ \text{Вт}/\text{м}^2$. Коэффициент эффективности рекуператора k в расчете был принят равным нулю, чтобы получить максимально возможную величину $q_{от}^p$. В этом случае, если даже при $k = 0$ окажется, что $q_{от}^p < q_{от}^{тп}$, то при $k > 0$ это условие тем более будет соблюдаться, и экономический эффект окажется еще более значительным. Требуемый по табл. 14 СП 50 уровень энергопотребления $q_{от}^{тп}$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$, указан в третьей колонке, а вычисленные по формуле (1.2) ((5.5) СП 50)

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru