

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры  
«Санитарно-технические системы»  
« 20 » января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

***«Нормирование теплового режима зданий»***

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
***08.04.01 – "Строительство"***

с профилем  
***" Теплогазоснабжение и вентиляция "***

Форма(ы) обучения: *очная, заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-05-23

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**Фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

**Разработчик:**

Титов Д.Ю. доцент, к.т.н.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

## ВВЕДЕНИЕ.

Совокупность всех факторов и процессов (внешних и внутренних воздействий), влияющих на формирование теплового микроклимата помещений, называется тепловым режимом здания.

Ограждения не только защищают помещение от наружной среды, но и обмениваются с ним теплотой и влагой, пропускают воздух сквозь себя как внутрь, так и наружу. Задача поддержания заданного теплового режима помещений здания (поддержания на необходимом уровне температуры и влажности воздуха, его подвижности, радиационной температуры помещения) возлагается на инженерные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Однако определение тепловой мощности и режима работы этих систем невозможно без учета влияния тепловлагозащитных и теплоинерционных свойств ограждений. Поэтому система кондиционирования микроклимата помещений включает в себя все инженерные средства, обеспечивающие заданный микроклимат обслуживаемых помещений: ограждающие конструкции здания и инженерные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Таким образом, современное здание – сложная взаимосвязанная система тепломассообмена – единая энергетическая система.

### 1. ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ, ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ НЕОБХОДИМУЮ ТЕПЛОЗАЩИТУ ЗДАНИЙ

Рекомендуемые типы технических решений наружных стен и окон, уровни их теплозащиты для основных селитебных и промышленных зон территории РФ приведены в таблицах 1 и 2.

При проектировании теплозащиты зданий различного назначения следует применять, как правило, типовые конструкции и изделия полной заводской готовности, в том числе конструкции комплектной поставки, со стабильными теплоизоляционными свойствами, достигаемыми применением эффективных теплоизоляционных материалов с минимумом теплопроводных включений и стыковых соединений в сочетании с надежной гидроизоляцией, не допускающей проникновения влаги в жидкой фазе и максимально сокращающей проникновение водяных паров в толщу теплоизоляции.

Для наружных ограждений следует предусматривать многослойные конструкции. Для обеспечения лучших эксплуатационных характеристик в многослойных конструкциях зданий с теплой стороны следует располагать слои большей теплопроводности и с увеличенным сопротивлением паропроницанию.

Таблица 1.1 — Уровни теплозащиты рекомендуемых ограждающих конструкций наружных стен

Материалы стен		Конструктивное решение стены			
конструкционный	теплоизоляционный	двухслойные с наружной теплоизоляцией	трехслойные с теплоизоляцией посередине	с неветилируемой воздушной прослойкой	с вентилируемой воздушной прослойкой
Кирпичная кладка	Пенополистирол	5,2/10850	4,3/8300	4,5/8850	4,15/7850
	Минеральная вата	4,7/9430	3,9/7150	4,1/7700	3,75/6700
Железобетон (гибкие связи, шпонки)	Пенополистирол	5,0/10300	3,75/6850	4,0/7430	3,6/6300
	Минеральная вата	4,5/8850	3,4/5700	3,6/6300	3,25/5300
Керамзитобетон (гибкие связи, шпонки)	Пенополистирол	5,2/10850	4,0/7300	4,2/8000	3,85/7000
	Минеральная вата	4,7/9430	3,6/6300	3,8/6850	3,45/5850
Дерево (брус)	Пенополистирол	5,7/12280	5,8/12570	—	5,7/12280
	Минеральная вата	5,2/10850	5,3/11140	—	5,2/10850
На деревянном каркасе с тонколистовыми обшивками	Пенополистирол	—	5,8/12570	5,5/11710	5,3/11140
	Минеральная вата	—	5,2/10850	4,9/10000	4,7/9430
Металлические обшивки (сэндвич)	Пенополиуретан	—	5,1/10570	—	—
Блоки из ячеистого бетона с кирпичной облицовкой	Ячеистый бетон	2,4/2850	—	2,6/3430	2,25/2430
Примечание — Перед чертой — ориентировочные значения приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены, $\text{м}^2 \cdot \text{C} / \text{Вт}$ , за чертой — предельное значение градусо-суток, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$ , при которых может быть применена данная конструкция стены.					

Таблица 1.2 — Уровни теплозащиты рекомендуемых окон в деревянных и пластмассовых переплетах

Заполнения светопроемов	Нормативные требования по типам окон ( $R_F^r$ , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и $D_d$ , $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$ )		
	из обычного стекла	с твердым селективным покрытием	с мягким селективным покрытием
Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете	0,38/3067	0,51/4800	0,56/5467
Два стекла в спаренных переплетах	0,4/3333	—	—
Два стекла в раздельных переплетах	0,44/3867	—	—
Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете с межстекольным расстоянием, мм: 6 12	0,51/4800 0,54/5200	0,58/5733	0,68/7600
Три стекла в раздельно-спаренных переплетах	0,55/5333	—	—
Стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах	0,56/5467	0,65/7000	0,72/8800
Стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах	0,68/7600	0,74/9600	0,81/12400
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7/8000	—	—
Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74/9600	—	—
Четыре стекла в двух спаренных переплетах	0,8/12000	—	—
Примечание — Перед чертой — значение приведенного сопротивления теплопередаче $R_F^r$ , за чертой — предельное количество градусо-суток $D_d$ , при котором применимо заполнение светопроема.			

Тепловую изоляцию наружных стен следует стремиться проектировать непрерывной в плоскости фасада здания. При применении горючих утеплителей необходимо предусматривать горизонтальные рассечки из негорючих материалов по высоте не более высоты этажа и не более 6 м. Такие элементы ограждений, как внутренние перегородки, колонны, балки, вентиляционные каналы и другие, не должны нарушать целостности слоя теплоизоляции. Воздуховоды, вентиляционные каналы и трубы, которые частично проходят в толще наружных ограждений, следует заглублять до поверхности теплоизоляции с теплой стороны. Следует обеспечивать плотное примыкание теплоизоляции к сквозным теплопроводным включениям. При этом приведенное сопротивление теплопередаче конструкции с теплопроводными включениями должно быть не менее требуемых величин.

При проектировании трехслойных бетонных панелей толщина утеплителя, как правило, должна быть не более 200 мм. В трехслойных бетонных панелях следует предусматривать конструктивные или технологические мероприятия, исключающие попадание раствора в стыки между плитами утеплителя, по периметру окон и самих панелей.

При наличии в конструкции теплозащиты теплопроводных включений необходимо учитывать следующее:

- несквозные включения целесообразно располагать ближе к теплой стороне ограждения;
- в сквозных, главным образом, металлических включениях (профилях, стержнях, болтах, оконных рамах) следует предусматривать вставки (разрывы мостиков холода) из материалов с коэффициентом теплопроводности не выше  $0,35 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Коэффициент теплотехнической однородности  $r$  с учетом теплотехнических неоднородностей, оконных откосов и примыкающих внутренних ограждений проектируемой конструкции для:

- панелей промышленного изготовления должен быть не менее нормативных величин, установленных в таблице 6а\* СНиП II-3;
- стен жилых зданий из кирпича с утеплителем должен быть, как правило, не менее 0,74 при толщине стены 510 мм, 0,69 при толщине стены 640 мм и 0,64 при толщине стены 780 мм.

Для удешевления теплозащиты наружных ограждений целесообразно введение в их конструкцию замкнутых воздушных прослоек. При проектировании замкнутых воздушных прослоек рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

- размер прослойки по высоте не должен быть более высоты этажа и не более 6 м, размер по толщине — не менее 60 мм и не более 100 мм;
- воздушные прослойки рекомендуется располагать ближе к холодной стороне ограждения.

При проектировании стен с вентилируемой воздушной прослойкой (стены с вентилируемым фасадом) следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- воздушная прослойка должна быть толщиной не менее 60 и не более 150 мм и ее следует размещать между наружным покровным слоем и теплоизоляцией;
- допускается толщина воздушной прослойки 40 мм в случае обеспечения гладких поверхностей внутри прослойки;
- поверхность теплоизоляции, обращенную в сторону прослойки, следует закрывать стеклосеткой или стеклотканью;
- наружный покровный слой стены должен иметь вентиляционные отверстия, площадь которых определяется из расчета  $75 \text{ см}^2$  на  $20 \text{ м}^2$  площади стен, включая площадь окон;
- при использовании в качестве наружного слоя плитной облицовки горизонтальные швы должны быть раскрыты (не должны заполняться уплотняющим материалом);
- нижние (верхние) вентиляционные отверстия, как правило, следует совмещать с цоколями (карнизами), причем для нижних отверстий предпочтительно совмещение функций вентиляции и отвода влаги.

Различные варианты вентилируемых стен приведены в рекомендациях по проектированию зданий с вентиляционными устройствами, утилизирующими теплоту.

При проектировании новых и реконструкции существующих зданий, как правило, следует применять теплоизоляцию из эффективных материалов (с коэффициентом теплопроводности не более  $0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ), размещая ее с наружной стороны ограждающей конструкции. Не рекомендуется применять теплоизоляцию с внутренней стороны из-за возможного накопления влаги в теплоизоляционном слое, однако в случае применения внутренней теплоизоляции поверхность ее со стороны помещения должна иметь сплошной и надежный пароизоляционный слой.

Заполнение зазоров в примыканиях окон и балконных дверей к конструкциям наружных стен рекомендуется проектировать с применением вспенивающихся синтетических материалов. Все притворы окон и балконных дверей должны иметь уплотнительные прокладки (не менее двух) из силиконовых материалов или морозостойкой резины долговечностью не менее 15 лет (ГОСТ 19177). Установку стекол в окнах и балконных дверях рекомендуется производить с применением силиконовых мастик. Глухие части балконных дверей следует утеплять теплоизоляционным материалом.

Допускается применение двухслойного остекления вместо трехслойного для окон и балконных дверей, выходящих внутрь остекленных лоджий.

Оконные коробки в деревянных или пластмассовых переплетах независимо от числа слоев остекления следует размещать в оконном проеме на глубину обрамляющей «четверти» (50—120 мм) от плоскости фасада теплотехнически однородной стены или посередине теплоизоляционного слоя в многослойных конструкциях стен, заполняя пространство между оконной коробкой и внутренней поверхностью «четверти», как правило, вспенивающимся теплоизоляционным материалом. Оконные блоки следует закреплять на более прочном (наружном или внутреннем) слое стены. При выборе окон в пластмассовых переплетах следует отдавать предпочтение конструкциям, имеющим более уширенные коробки (не менее 100 мм).

С целью организации требуемого воздухообмена, как правило, следует предусматривать специальные приточные отверстия (клапаны) в ограждающих конструкциях при использовании современных (воздухопроницаемость притворов по сертификационным испытаниям —  $1,5 \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ) и ниже) конструкций окон.

При проектировании зданий следует предусматривать защиту внутренней и наружной поверхностей стен от воздействия влаги и атмосферных осадков устройством покровного слоя: облицовки или штукатурки, окраски водостойчивыми составами, выбираемыми в зависимости от материала стен и условий эксплуатации.

Ограждающие конструкции, контактирующие с грунтом, следует предохранять от грунтовой влаги путем устройства гидроизоляции согласно 1.4 СНиП II-3.

При устройстве мансардных окон следует предусматривать надежную в эксплуатации гидроизоляцию примыкания кровли к оконному блоку.

В целях сокращения расхода теплоты на отопление зданий в холодный и переходный периоды года следует предусматривать:

- а) объемно-планировочные решения, обеспечивающие наименьшую площадь наружных ограждающих конструкций для зданий одинакового объема, размещение более теплых и влажных помещений у внутренних стен здания;
- б) блокирование зданий с обеспечением надежного примыкания соседних зданий;
- в) устройство тамбурных помещений за входными дверями;
- г) меридиональную или близкую к ней ориентацию продольного фасада здания;
- д) рациональный выбор эффективных теплоизоляционных материалов с предпочтением материалов меньшей теплопроводности;
- е) конструктивные решения ограждающих конструкций, обеспечивающие их высокую теплотехническую однородность (с коэффициентом теплотехнической однородности  $r$ , равным 0,7 и более);
- ж) эксплуатационно-надежную ремонтно-пригодную герметизацию стыковых соединений и швов наружных ограждающих конструкций и элементов, а также межквартирных ограждающих конструкций;
- з) размещение отопительных приборов, как правило, под светопроемами и теплоотражательной

теплоизоляции между ними и наружной стеной;

и) долговечность теплоизоляционных конструкций и материалов больше 25 лет; долговечность сменяемых уплотнителей — больше 15 лет.

При разработке объемно-планировочных решений следует избегать размещения окон по обеим наружным стенам угловых комнат. При примыкании несущей перегородки к торцевым стенам следует предусмотреть шов, обеспечивающий независимость деформации торцевой стены и перегородки.

## **2. НОРМАТИВНО-ИНСТРУКТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ**

В проект здания следует закладывать уровень энергоэффективности, предложенный заказчиком или пользователем, если он не вступает в противоречие с существующими федеральными и региональными нормами и стандартами. Для этого в ходе разработки проекта осуществляется теплотехническое проектирование здания, обеспечивающее заданное теплоэнергопотребление на нужды поддержания заданного микроклимата помещений с учетом климатического района строительства.

Контроль качества и соответствие теплозащиты зданий и отдельных его элементов нормам осуществляются аккредитованными Госстроем России испытательными лабораториями путем экспериментального определения основных показателей на основе государственных стандартов на методы испытаний строительных материалов, конструкций и объектов в целом. При несоответствии фактических показателей проектным значениям следует разрабатывать мероприятия по устранению дефектов.

Определение теплофизических показателей (теплопроводности, теплоусвоения, влажности, сорбционных характеристик, паропроницаемости, водопоглощения, морозостойкости) материалов теплозащиты производится в соответствии с федеральными стандартами:

ГОСТ 7025, ГОСТ 7076, ГОСТ 17177, ГОСТ 21718, ГОСТ 23250, ГОСТ 24816, ГОСТ 25609, ГОСТ 25898, ГОСТ 30256, ГОСТ 30290.

Расчетные значения теплофизических показателей материалов теплозащиты определяют согласно приложению Е или по методике, приведенной в приложении Ж.

Определение теплотехнических характеристик (сопротивления теплопередаче и воздухопроницанию, теплоустойчивости, теплотехнической однородности) отдельных конструктивных элементов теплозащиты выполняют в натурных условиях либо в лабораторных условиях в климатических камерах, а также методами математического моделирования температурных полей на ЭВМ, согласно ГОСТ 25380, ГОСТ 25891, ГОСТ 26253, ГОСТ 26254, ГОСТ 26602.1, ГОСТ 26602.2, ГОСТ 26629.

Категория теплоэнергетической эффективности здания присваивается по данным натурных теплотехнических испытаний не менее чем через год после ввода здания в эксплуатацию. Присвоение категории теплоэнергетической эффективности производится по степени отклонения удельного расхода энергии на отопление здания (полученного в результате испытаний и нормализованного в соответствии с расчетными условиями) в сравнении с расчетными по данным нормам в соответствии с таблицей 10.

На основе присвоенной категории теплоэнергетической эффективности возможно установить экономические стимулы для владельцев энергоэффективных зданий и штрафные санкции для владельцев зданий с уровнем энергопотребления более нормального.

Теплоэнергетические показатели на основе «Теплоэнергетических паспортов здания» рекомендуется занести в банк данных фонда эксплуатируемых зданий.

Таблица 2.1— Категории теплоэнергетической эффективности здания

Категория теплоэнергетической эффективности здания (КТЭ)	Отклонения от расчетного удельного расхода энергии за год, %
1 — Пониженная	От плюс 11 до плюс 1
2 — Нормальная	От 0 до минус 9
3 — Повышенная	От минус 10 и ниже

## **3. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ЗДАНИЯ**

Теплоэнергетический паспорт здания рекомендуется составлять для новых, реконструируемых, капитально ремонтируемых и эксплуатируемых жилых и общественных зданий. При этом он входит в состав проектной и приемосдаточной документации здания.

Теплоэнергетический паспорт здания характеризует соответствие теплотехнических показателей зданий требованиям СНиП II-3 с учетом правил настоящего Свода. С его помощью обеспечивается последовательный контроль качества в процессе разработки проектной и конструкторской документации, при экспертизе проекта, строительстве, приемке здания и при эксплуатации здания.

Теплоэнергетический паспорт здания может быть принят как часть паспорта здания в целом, гарантирующего соблюдение СНиП II-3 в процессе эксплуатации здания.

Теплоэнергетический паспорт здания не предназначен для расчетов за коммунальные услуги, оказываемые квартиросъемщикам и владельцам квартир.

Теплоэнергетический паспорт здания должен содержать следующую информацию:

- сведения о типе и функциональном назначении здания, его этажности и объеме;
- данные об объемно-планировочном решении с указанием данных о геометрии и ориентации здания, площади его ограждающих конструкций и пола отапливаемых помещений;
- климатические характеристики района строительства, включая данные об отопительном периоде;
- проектные данные по теплозащите здания, включающие приведенные сопротивления теплопередаче как отдельных компонентов ограждающих конструкций, так и здания в целом;
- проектные данные по системам поддержания микроклимата и способам их регулирования в зависимости от изменения климатических воздействий, по системам теплоснабжения здания;
- проектные теплоэнергетические характеристики здания, включающие удельные расходы энергии на отопление здания в течение отопительного периода как по отношению к  $1 \text{ м}^2$  отапливаемой площади, так и по отношению к  $1 \text{ м}^2$  отапливаемой площади и градусо-суткам отопительного периода;
- изменения в построенном здании (объемно-планировочные, конструктивные, систем поддержания микроклимата) по сравнению с проектом;
- результаты испытания энергопотребления и теплозащиты здания после годичного периода его эксплуатации;
- сопоставление проектных и эксплуатационных данных о теплозащитных и приведенных к расчетным условиям теплоэнергетических характеристиках;
- присвоение зданию категории теплоэнергетической эффективности;
- рекомендации по повышению теплоэнергетической эффективности здания.

Теплоэнергетический паспорт здания должен заполняться:

- на стадии разработки проекта после привязки к условиям конкретной площадки — проектной организацией;
- на стадии сдачи строительного объекта в эксплуатацию — проектной организацией на основе анализа отступлений от первоначального проекта, допущенных при строительстве здания;
- на стадии эксплуатации — организацией, эксплуатирующей здание, или инспектирующей организацией после годичной эксплуатации здания.

Присвоение категории энергетической эффективности должно выполняться независимыми организациями (фирмами), аккредитованными в установленном порядке. В случае получения в результате испытаний результата ниже стандартного уровня инспектирующей организации следует разработать рекомендации по повышению энергоэффективности здания.

Для существующих зданий теплоэнергетический паспорт здания следует разрабатывать по заданиям организаций, осуществляющих эксплуатацию жилого фонда и зданий общественного назначения. При этом на здания, исполнительная документация на строительство которых не сохранилась, теплоэнергетические паспорта здания составляются на основе материалов Бюро технической инвентаризации, натурных технических обследований и измерений, выполняемых квалифицированными специалистами, имеющими лицензию на выполнение соответствующих работ.

Для жилых зданий с встроенно-пристроенными нежилыми помещениями в нижних этажах энергетические паспорта следует составлять отдельно по жилой части и каждому встроенно-пристроенному нежилому блоку; для встроенных нежилых помещений в первый этаж жилых зданий, не выходящих за проекцию жилой части здания, энергетический паспорт составляется как для одного здания.

При заполнении теплоэнергетического паспорта для конкретного здания следует использовать форму для заполнения теплоэнергетического паспорта, приведенную в 13.13. При этом следует использовать процедуру расчета, приведенную в приложении X.

Ответственность за достоверность данных теплоэнергетического паспорта проекта здания несет организация, его разработавшая. Теплотехнические и теплоэнергетические характеристики, полученные на основе теплоэнергетических паспортов, целесообразно занести в банк данных фонда эксплуатируемых зданий региона.

Теплоэнергетическая эффективность здания определяется по следующим критериям:

удельный расход тепловой энергии на отопление в течение отопительного сезона  $q_h^y$ ,  $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$  или  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$ ;

показатель компактности здания  $k_e$ ,  $1/\text{м}$ ;

приведенный коэффициент теплопередачи здания  $K_m$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания  $K_m^{tr}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

приведенный условный инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания  $K_m^{inf}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

средний воздухообмен в здании в течение отопительного периода  $n_a$ ,  $\text{ч}^{-1}$ ;

коэффициент остекленности фасада здания  $p$ .

Форма теплоэнергетического паспорта здания и пример ее заполнения приведены ниже.

#### 4. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗДАНИЯ

4.1. В составе проекта теплозащиты зданий рекомендуется составлять теплоэнергетический паспорт как документ энергетического качества здания, включающий следующие параметры:

- общестроительные данные о геометрии и ориентации здания, его объем, площади помещений, площади наружных ограждающих конструкций, показатель компактности здания  $k_e^{des}$ ;

- время возведения здания, год ввода в эксплуатацию;

- данные о теплозащите здания, включающие приведенные сопротивления теплопередаче и воздухопроницанию отдельных ограждений, приведенный коэффициент теплопередачи и приведенную воздухопроницаемость здания, воздухообмен, сводные энергетические показатели: удельный расход тепловой энергии на отопление здания в холодный и переходный периоды года и удельную тепловую характеристику здания;

- категорию теплоэнергетической эффективности здания.

4.2. Расчетный показатель компактности здания  $k_e^{des}$ , 1/м, определяется по формуле

$$k_e^{des} = A_e^{sum} / V_h, \quad (4.1)$$

где  $A_e^{sum}$  — общая площадь внутренней поверхности всех наружных ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>, отапливаемого объема здания;

$V_h$  — отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, м<sup>3</sup>.

Расчетный показатель компактности здания  $k_e^{des}$ , 1/м, не должен превышать рекомендуемых значений:

0,25 — для зданий 16 этажей и выше;

0,29 — для зданий от 10 до 15 этажей включительно;

0,32 — для зданий от 6 до 9 этажей включительно;

0,36 — для 5-этажных зданий;

0,43 — для 4-этажных зданий;

0,54 — для 3-этажных зданий;

0,61; 0,54; 0,46 — для двух-, трех- и четырехэтажных блокированных и секционных домов соответственно;

0,9 — для двухэтажных и одноэтажных домов с мансардой;

1,1 — для одноэтажных домов.

4.3. Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи  $K_m^{tr}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), совокупности ограждающих конструкций здания следует определять по приведенным сопротивлениям теплопередаче отдельных ограждающих конструкций  $R_o^r$  и их площадям  $A$  по формуле

$$K_m^{tr} = \beta (A_w / R_w^r + A_F / R_F^r + A_{ed} / R_{ed}^r + n A_c / R_c^r + n A_f / R_f^r) / A_e^{sum}, \quad (4.2)$$

где  $\beta$  — коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери, связанные с ориентацией ограждений по сторонам горизонта, с ограждениями угловых помещений, с поступлением холодного воздуха через входы в здание: для жилых зданий  $\beta = 1,13$ , для прочих зданий  $\beta = 1,1$ ;

$A_w, A_F, A_{ed}, A_c, A_f$  — площади соответственно стен, заполнений светопроемов (окон, фонарей), наружных дверей и ворот, покрытий (чердачных перекрытий), цокольных перекрытий, полов по грунту, м<sup>2</sup>;

$R_w^r, R_F^r, R_{ed}^r, R_c^r, R_f^r$  — приведенные сопротивления теплопередаче соответственно стен, заполнений светопроемов (окон, фонарей), наружных дверей и ворот, покрытий (чердачных перекрытий), цокольных перекрытий, м<sup>2</sup>·°C/Вт, определяемые согласно 6.1.3; полов по грунту — исходя из разделения их на зоны со значениями сопротивления теплопередаче согласно приложению 9 СНиП 2.04.05;

$n$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху согласно СНиП II-3; для пространств и помещений, примыкающих к наружным ограждениям здания, в том числе теплых чердаков и цокольных перекрытий подвалов, с внутренней температурой  $t_{int}^c (t_{int} > t_{int}^c > t_{ext})$  коэффициент  $n$



рекомендуется вычислять по формуле

$$n = (t_{int} - t_{int}^c) / (t_{int} - t_{ext}), \quad (4.3)$$

$A_e^{sum}$  — то же, что и в формуле (62), м<sup>2</sup>.

4.4 Удельный расход тепловой энергии на отопление здания в холодный и переходный периоды года  $q_h^y$ , кДж/(м<sup>2</sup>·°C·сут) или кДж/(м<sup>3</sup>·°C·сут), определяется по формуле

$$q_h^y = 10^3 Q_h^y / (A_h D_d)$$

или

$$q_h^y = 10^3 Q_h^y / (V_h D_d), \quad (4.4)$$

где  $Q_h^y$  — потребность в теплоте на отопление здания в холодный и переходный периоды года, МДж;

$A_h$  — сумма площадей пола отапливаемых помещений здания, м<sup>2</sup>;

$V_h$  — то же, что и в формуле (62);

$D_d$  — количество градусо-суток отопительного периода, определяемое согласно 4.1.2, °C·сут.

Величину  $Q_h^y$  следует рассчитывать, используя компьютерные математические модели теплового поведения здания; при отсутствии такой возможности рекомендуется рассчитывать величину  $Q_h^y$  согласно приложению В.

4.5 Удельная тепловая характеристика здания  $q_m$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°C), определяется по формуле

$$q_m = (K_m^{tr} A_e^{sum}) / V, \quad (4.5)$$

где  $K_m^{tr}$  — приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, определяемый по формуле (63), Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$A_e^{sum}$  — то же, что и в формуле (62), м<sup>2</sup>;

$V$  — объем здания по внешним размерам, м<sup>3</sup>.

Допускается определять  $q_m$  по укрупненным измерителям.

## 5. МЕТОДИКА РАСЧЕТА УДЕЛЬНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЯ В ТЕЧЕНИЕ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА

Потребность в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода  $Q_h^y$ , МДж, следует определять:

а) при автоматическом регулировании теплоотдачи нагревательных приборов в системе отопления по формуле

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{int} + Q_s) \psi \xi] \beta_h; \quad (5.1)$$

б) при отсутствии автоматического регулирования теплоотдачи нагревательных приборов в системе отопления по формуле

$$Q_h^y = Q_h \beta_h, \quad (5.2)$$

где  $Q_h$  — общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции, МДж, определяемые по формуле

$$Q_h = 0,0864 K_m D_d A_e^{sum}; \quad (5.3)$$

$K_m$  — общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), определяемый по формуле

$$K_m = K_m^{tr} + K_m^{inf}, \quad (5.4)$$

$K_m^{tr}$  — приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), определяемый по формуле

$$K_m^{tr} = \beta (A_w / R_w^r + A_F / R_F^r + A_{ed} / R_{ed}^r + n A_c / R_c^r + n A_f / R_f^r) / A_e^{sum};$$

$K_m^{inf}$  — приведенный инфильтрационный (условный) коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), определяемый по формуле

$$K_m^{inf} = 0,28cn_a\beta_v V_h \rho_a^{ht} k / A_e^{sum}, \quad (5.5)$$

$c$  — удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°C);

$n_a$  — средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч<sup>-1</sup>, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий: для жилых — исходя из удельного нормативного расхода воздуха 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилых помещений и кухонь; для общеобразовательных учреждений — 16 — 20 м<sup>3</sup>/ч на одного чел.; в дошкольных учреждениях — 1,5 ч<sup>-1</sup>, в больницах — 2 ч<sup>-1</sup>.

В общественных зданиях, функционирующих некруглосуточно, среднесуточная кратность воздухообмена определяется по формуле

$$n_a = [z_w n_a^{req} + (24 - z_w) 0,5] / 24, \quad (5.6)$$

где  $z_w$  — продолжительность рабочего времени в учреждении, ч;

$n_a^{req}$  — кратность воздухообмена в рабочее время, ч<sup>-1</sup>, согласно СНиП 2.08.02 для учебных заведений, поликлиник и других учреждений, функционирующих в рабочем режиме неполные сутки, 0,5 ч<sup>-1</sup> в нерабочее время;

$\beta_v$  — коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий долю внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать  $\beta_v = 0,85$ ;

$V_h$  — то же, что и в формуле (62), м<sup>3</sup>;

$\rho_a^{ht}$  — средняя плотность наружного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>,

$$\rho_a^{ht} = 353 / (273 - t_{ext}^{av}), \quad (5.7)$$

$t_{ext}^{av}$  — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °C, принимаемая по СНиП 23-01;

$k$  — коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 — для окон и балконных дверей с двумя раздельными переплетами и 1,0 — для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов;

$A_e^{sum}$  — то же, что и в формуле (62), м<sup>2</sup>;

$D_d$  — то же, что и в формуле (65), °C·сут;

$Q_{int}$  — бытовые теплопоступления в течение отопительного периода, МДж, определяемые по формуле

$$Q_{int} = 0,0864 q_{int} z_{ht} A_l, \quad (5.8)$$

$q_{int}$  — величина бытовых тепловыделений на 1 м<sup>2</sup> площади жилых помещений и кухонь жилого здания или полезной площади общественного и административного здания, Вт/м<sup>2</sup>, принимаемая по расчету, но не менее 10 Вт/м<sup>2</sup> для жилых зданий; для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по проектному числу людей (90 Вт/чел.), освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/м<sup>2</sup>) с учетом рабочих часов в сутках;

$z_{ht}$  — то же, что в формуле (1);

$A_l$  — для жилых зданий — площадь жилых помещений и кухонь; для общественных и административных зданий — полезная площадь здания, м<sup>2</sup>, определяемая как сумма площадей всех помещений, а также балконов и антресолей в залах, фойе и т.п., за исключением лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов;

$Q_s$  — теплопоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле

$$Q_s = \tau_F k_F (A_{F1} I_1 + A_{F2} I_2 + A_{F3} I_3 + A_{F4} I_4) + \tau_{scy} k_{scy} A_{scy} I_{hor}, \quad (5.9)$$

$\tau_F$ ,  $\tau_{scy}$  — коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным; при отсутствии данных следует принимать по таблице В.1;

$k_F$ ,  $k_{scy}$  — коэффициенты относительного проникания солнечной радиации соответственно для светопропускающих заполнений окон и зенитных фонарей, принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий; при отсутствии данных следует принимать по таблице В.1;

$A_{F1}$ ,  $A_{F2}$ ,  $A_{F3}$ ,  $A_{F4}$  — площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, м<sup>2</sup>;

$A_{scy}$  — площадь светопроемов зенитных фонарей здания, м<sup>2</sup>;

$I_1, I_2, I_3, I_4$  — средние за отопительный период величины солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированные по четырем фасадам здания, МДж/м<sup>2</sup>, принимается по климатическим справочникам.

**Примечание** — Для промежуточных направлений величину солнечной радиации следует определять по интерполяции;

$I_{hor}$  — средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, МДж/м<sup>2</sup>, принимается по климатическим справочникам;

$\nu$  — коэффициент, учитывающий способность ограждающих конструкций помещений зданий аккумулировать или отдавать теплоту, рекомендуемое значение  $\nu = 0,8$ ;

$\xi$  — коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:  $\xi = 1,0$  — в однотрубной системе с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или поквартирной горизонтальной разводкой;  $\xi = 0,9$  — в однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе;  $\xi = 0,85$  — в однотрубной системе отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;  $\xi = 0,95$  — в двухтрубной системе отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;  $\xi = 0,7$  — в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;  $\xi = 0,5$  — в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе — регулирование центральное в ЦТП или котельной;

$\beta_h$  — коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов и их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения: для многосекционных и других протяженных зданий  $\beta_h = 1,13$ , для зданий башенного типа  $\beta_h = 1,11$ .

Таблица 5.1 — Значения коэффициентов затенения светового проема  $\tau_F$  и  $\tau_{scy}$  и относительного проникания солнечной радиации  $k_F$  и  $k_{scy}$  соответственно окон и зенитных фонарей

№ пп	Заполнение светового проема	Коэффициенты			
		в деревянных или ПВХ переплетах		в металлических переплетах	
		$\tau_F$ и $\tau_{scy}$	$k_F$ и $k_{scy}$	$\tau_F$ и $\tau_{scy}$	$k_F$ и $k_{scy}$
1	Двойное остекление в спаренных переплетах	0,75/0,7	0,85	—	—
2	Двойное остекление в отдельных переплетах	0,65/0,6	0,85	0,8/0,6(0,8)	0,85
3	Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм: 194x194x98 244x244x98	0,9 0,9	0,65 (без переплета) 0,7 (без переплета)		
4	Профильное стекло коробчатого сечения	0,9	0,75 (без переплета)		
5	Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,9	0,9	—	—
6	Тройное из органического стекла для зенитных фонарей	0,9	0,83	—	—
7	Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,5/-	0,76	0,7/-	0,76
8	Однокамерный стеклопакет из стекла: обычного с твердым селективным покрытием с мягким селективным покрытием	0,8/- 0,8/- 0,8/-	0,85 0,57 0,57	0,9/- 0,9/- 0,9/-	0,85 0,57 0,57

9	Двухкамерный стеклопакет из стекла: обычного (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,78/-	0,76	0,85/-	0,76
	обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,78/-	0,76	0,85/-	0,76
	с твердым селективным покрытием	0,78/-	0,51	0,85/-	0,51
	с мягким селективным покрытием	0,78/-	0,51	0,85/-	0,51
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,78/-	0,51	0,85/-	0,51
10	Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла.				
	обычного	0,75/-	0,76	—	—
	с твердым селективным покрытием	0,75/-	0,51	—	—
	с мягким селективным покрытием	0,75/-	0,51	—	—
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,75/-	0,51	—	—
11	Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла:				
	обычного	0,73/-	0,72	—	—
	с твердым селективным покрытием	0,73/-	0,48	—	—
	с мягким селективным покрытием	0,73/-	0,48	—	—
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,73/-	0,48	—	—
12	Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7/-	0,72	—	—
13	Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,6/-	0,72	—	—
14	Четырехслойное остекление в двух спаренных переплетах	0,5/-	0,72	—	—
<p><i>Примечания</i> 1. К мягким селективным покрытиям стекла относят покрытия с тепловой эмиссией менее 0,15, к твердым — более 0,15.</p> <p>2. Перед чертой приведены значения <math>\tau</math> для светопрозрачных конструкций жилых, общественных и вспомогательных зданий, за чертой — промышленных зданий, в скобках — для светопрозрачных конструкций с глухими переплетами.</p>					

Пример расчета согласно приложению В теплоэнергетических параметров, включенных ниже в форму заполнения теплоэнергетического паспорта, приведен в приложении X.

Девятиэтажное 3-секционное жилое здание серии 121 предназначено для строительства в г. Твери. Здание состоит из двух торцевых секций и одной рядовой. Общее количество квартир — 108. Стены здания состоят из трехслойных железобетонных панелей на гибких связях с утеплителем из пенополистирола, окна с трехслойным остеклением в раздельно-спаренных деревянных переплетах. Чердак — теплый, покрытие — трехслойные железобетонные плиты с утеплителем из пенополистирола. Подвал — «теплый», с разводкой трубопроводов. Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения.

## 6. РАСЧЕТ ОТАПЛИВАЕМЫХ ПЛОЩАДЕЙ И ОБЪЕМОВ ЗДАНИЯ

При расчетах теплоэнергетических параметров зданий для заполнения теплоэнергетического паспорта (раздел 13) при определении площадей и объемов следует руководствоваться следующими правилами.

6.1 Отапливаемую площадь здания следует определять как площадь этажей (в том числе и мансардного, отапливаемого цокольного и подвального) здания, измеряемую в пределах внутренних поверхностей наружных стен, включая площадь, занимаемую перегородками и внутренними стенами. При этом площадь лестничных клеток и лифтовых шахт включается в площадь этажа. Площадь антресолей, галерей и балконов зрительных и других залов следует включать в отапливаемую площадь здания.

В отапливаемую площадь здания не включаются площади технических этажей, подвала (подполья), холодных неотапливаемых веранд, а также чердака или его частей, не занятых под мансарду.

6.2 При определении площади мансардного этажа учитывается площадь с высотой до наклонного потолка 1,2 м при наклоне 30° к горизонту; 0,8 м — при 45°—60°; при 60° и более площадь измеряется до плинтуса (согласно приложению 2 СНиП 2.08.01).

6.3 Площадь жилых помещений здания подсчитывается как сумма площадей всех общих комнат (гостиных) и спален.

6.4 Отапливаемый объем здания определяется как произведение площади этажа на внутреннюю высоту, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа.

При сложных формах внутреннего объема здания отапливаемый объем определяется как объем отапливаемого пространства, ограниченного внутренними поверхностями наружных ограждений (стен, покрытия или чердачного перекрытия, цокольного перекрытия).

Для определения объема воздуха, заполняющего здание, отапливаемый объем умножается на коэффициент 0,85.

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

6.6 Площадь горизонтальных наружных ограждений (покрытия, чердачного и цокольного перекрытия) определяется как площадь этажа здания (в пределах внутренних поверхностей наружных стен).

При наклонных поверхностях потолков последнего этажа площадь покрытия, чердачного перекрытия определяется как площадь внутренней поверхности потолка.

## 7. РАСЧЕТ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Расчет выполнен для примера заполнения теплоэнергетического паспорта, форма которого приведена в 13.13. Нумерация пунктов расчета соответствует нумерации пунктов формы паспорта.

### Геометрические показатели

12. Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания  $A_e^{sum}$  устанавливается в соответствии с требованиями 4.6 по внутренним размерам «в свету» (расстояния между внутренними поверхностями наружных ограждающих конструкций, противостоящих друг другу).

Площадь стен, включающих окна, балконные и входные двери в здание, витражи,  $A_{w+F+ed}$ , м<sup>2</sup>, определяется по формуле

$$A_{w+F+ed} = p_{st} H_h, \quad (7.1)$$

где  $p_{st}$  — длина периметра внутренней поверхности наружных стен этажа, м;

$H_h$  — высота отапливаемого объема здания, м.

$$A_{w+F+ed} = 160,6 \cdot 24 = 3855 \text{ м}^2.$$

Площадь наружных стен  $A_w$ , м<sup>2</sup>, определяется по формуле

$$A_w = A_{w+F+ed} - A_F, \quad (7.2)$$

где  $A_F$  — площадь окон, определяется как сумма площадей всех оконных проемов.

Для рассматриваемого здания  $A_F = 694 \text{ м}^2$ .

Тогда  $A_w = 3855 - 694 = 3161 \text{ м}^2$  (в том числе продольных стен —  $2581 \text{ м}^2$ , торцевых стен —  $580 \text{ м}^2$ ).

Площадь перекрытий теплого чердака  $A_c$  м<sup>2</sup>, и площадь перекрытий теплого подвала  $A_f$ , м<sup>2</sup>, равны площади этажа  $A_{st}$

$$A_c = A_f = A_{st} = 770 \text{ м}^2.$$

Общая площадь наружных ограждающих конструкций  $A_e^{sum}$  определяется по формуле

$$A_e^{sum} = A_{w+F+ed} + A_c + A_f = 3855 + 770 + 770 = 5395 \text{ м}^2, \quad (7.3)$$

13—15. Площадь отапливаемых помещений  $A_h$  и площадь жилых помещений и кухонь  $A_l$  определяются по проекту

$$A_h = 5256 \text{ м}^2; A_l = 3416 \text{ м}^2.$$

16. Отапливаемый объем здания  $V_h$ , м<sup>3</sup>, вычисляется как произведение площади этажа  $A_{st}$ , м<sup>2</sup> (площади, ограниченной внутренними поверхностями наружных стен) на высоту  $H_h$  м, этого объема, представляющую собой расстояние от пола первого этажа до потолка последнего этажа

$$V_h = A_{st} \cdot H_h = 770 \cdot 24 = 18480 \text{ м}^3. \quad (7.4)$$

17, 18. Показатели объемно-планировочного решения здания определяются по формулам: коэффициент остекленности фасадов здания  $p$

$$p = A_f / A_{w+F+ed} = 694 / 3855 = 0,18 \leq p^{req} = 0,18; \quad (7.5)$$

показатель компактности здания  $k_e^{des}$

$$k_e^{des} = A_e^{sum} / V_h = 5395 / 18480 = 0,29 < k_e^{reg} = 0,32. \quad (7.6)$$

### Теплотехнические показатели

19. Согласно СНиП II-3 приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений  $R_o^r$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , должно приниматься не ниже требуемых значений  $R_o^{req}$ , которые устанавливаются по таблице 16\* СНиП II-3 в зависимости от градусо-суток отопительного периода. Для  $D_d = 5014 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$  требуемое сопротивление теплопередаче равно для:

стен  $R_w^{req} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

окон и балконных дверей  $R_F^{req} = 0,54 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

перекрытий теплого чердака  $R_c^{req} = 4,71 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

перекрытий теплого подвала  $R_f^{req} = 4,16 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

В рассматриваемом случае для стен здания приняли  $R_w^r = 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , для перекрытий теплого чердака —  $R_c^r = 4,71 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , для перекрытий теплого подвала —  $R_f^r = 4,16 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Для заполнения оконных и балконных проемов приняли окна и балконные двери с тройным остеклением в деревянных раздельно-спаренных переплетах  $R_F^r = 0,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

20. Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания  $K_m^{tr}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , определяется по формуле  $K_m^{tr} = \beta(A_w / R_w^r + A_F / R_F^r + A_{ed} / R_{ed}^r + nA_c / R_c^r + nA_f / R_f^r) / A_e^{sum}$

$$K_m^{tr} = 1,13 (3161 / 3,2 + 694 / 0,55 + 770 / 4,71 + 770 / 4,16) / 5395 = 0,544 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

21. Воздухопроницаемость наружных ограждений  $G_m$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , принимается по таблице 12\* СНиП II-3. Согласно этой таблице воздухопроницаемость стен, покрытий, перекрытий чердаков и подвалов  $G_m^F = 6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

22. Требуемая кратность воздухообмена жилого здания  $n_a$ ,  $\text{ч}^{-1}$ , согласно СНиП 2.08.01 устанавливается из расчета 3  $\text{м}^3/\text{ч}$  удаляемого воздуха на 1  $\text{м}^2$  жилых помещений и кухонь по формуле

$$n_a = 3A_l / (\beta_v V_h), \quad (7.7)$$

где  $A_l$  — площадь жилых помещений и кухонь,  $\text{м}^2$ ;

$\beta_v$  — коэффициент, учитывающий долю внутренних ограждающих конструкций в отапливаемом объеме здания, принимаемый равным 0,85;

$V_h$  — отапливаемый объем здания,  $\text{м}^3$ .

$$n_a = 3 \cdot 3416 / (0,85 \cdot 18480) = 0,652 \text{ ч}^{-1}.$$

23. Приведенный (условный) инфильтрационный коэффициент теплопередачи здания  $K_m^{inf}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , определяется по формуле (5.5)

$$K_m^{inf} = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,652 \cdot 0,85 \cdot 18480 \cdot 1,307 \cdot 0,8 / 5395 = 0,556 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

24. Общий коэффициент теплопередачи здания  $K_m$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , определяется по формуле (5.4)

$$K_m = 0,544 + 0,556 = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

### Теплоэнергетические показатели

25. Общие теплотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период  $Q_h$ , МДж, определяются по формуле (B.3)

$$Q_h = 0,0864 \cdot 1,1 \cdot 5014 \cdot 5395 = 2572051 \text{ МДж}.$$

26. Удельные бытовые тепловыделения  $q_{int}$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , следует устанавливать исходя из расчетного удельного электро- и газопотребления здания, но не менее 10  $\text{Вт}/\text{м}^2$ . В нашем случае принято 10  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

27. Бытовые тепlopоступления в здание за отопительный период  $Q_{int}$ , МДж, определяются по формуле (B.8)

$$Q_{int} = 0,0864 \cdot 10 \cdot 218 \cdot 3416 = 643410 \text{ МДж}.$$

28. Тепlopоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период  $Q_s$ , МДж, определяются

по формуле (В.9)

$$Q_s = 0,5 \cdot 0,76 \cdot (716 \cdot 347 + 1224 \cdot 347) = 255861 \text{ МДж.}$$

29. Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период  $Q_h^y$ , МДж, определяется по формуле (5.1)

$$Q_h^y = [2572051 - (643410 + 255861) 0,8 \cdot 1] 1,13 = 2093476 \text{ МДж.}$$

30. Удельный расход тепловой энергии на отопление здания  $q_h^{des}$ , кДж/(м<sup>2</sup>·°C·сут), определяется по формуле

$$q_h^{des} = Q_h^y 10^3 / (A_h \cdot D_d) = 2093476 \cdot 10^3 / (5256 \cdot 5014) = 79,44 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут)}. \quad (7.8)$$

Таблица 7.1

### Общая информация о проекте

Дата заполнения (год, месяц, число)	1999-12-15
Адрес здания	г. Тверь
Разработчик проекта	ЦНИИЭПжилища
Адрес и телефон разработчика	Москва, Дмитровское шоссе, 96; т. 976-2819
Шифр проекта	Серия 121

### Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначения символа и единицы измерения параметра	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	$t_{int}$ , °C	20
2	Расчетная температура наружного воздуха	$t_{ext}$ , °C	-29
3	Расчетная температура теплого чердака	$t_{int}^d$ , °C	14
4	Расчетная температура «теплого» подвала	$t_{int}^b$ , °C	2
5	Продолжительность отопительного периода	$z_{ht}$ , сут	218
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{ext}^{av}$ , °C	-3,0
7	Градусо-сутки отопительного периода	$D_d$ , °C·сут	5014
<b>Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания</b>			
8	Назначение	Жилое	
9	Размещение в застройке	Отдельно стоящее	
10	Тип	Многоэтажное, 9 эт.	
11	Конструктивное решение	Крупнопанельное, железобетонное	

### Геометрические показатели

№ п.п.	Показатель	Обозначение символа и единицы измерения показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
12	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания	$A_e^{sum}$ , м <sup>2</sup>	—	5395	
	В том числе:				
	стен	$A_w$ , м <sup>2</sup>	—	3161	
	окон	$A_F$ , м <sup>2</sup>	—	694	
	входных дверей	$A_{ed}$ , м <sup>2</sup>	—	—	
	покрытий (совмещенных)	$A_c$ , м <sup>2</sup>	—	—	

	чердачных перекрытий (холодного чердака)	$A_c, \text{м}^2$	—	—	
	перекрытий теплых чердаков	$A_c, \text{м}^2$	—	770	
	перекрытий «теплых» подвалов	$A_f, \text{м}^2$	—	770	
	перекрытий неотапливаемых подвалов или подполий	$A_f, \text{м}^2$	—	—	
	перекрытий над проездами и эркерами	$A_f, \text{м}^2$	—	—	
	пола по грунту	$A_f, \text{м}^2$	—	—	
13	Площадь отапливаемых помещений	$A_h, \text{м}^2$	—	5256	
14	Полезная площадь (общественных зданий)	$A_l, \text{м}^2$	—	—	
15	Площадь жилых помещений и кухонь	$A_l, \text{м}^2$	—	3416	
16	Отапливаемый объем	$V_h, \text{м}^3$	—	1848	
17	Коэффициент остекленности фасада здания	$p$	0,18	0,18	
18	Показатель компактности здания	$k_e^{des}, 1/\text{м}$	0,32	0,29	
<b>Энергетические показатели</b>					
№ п.п.	Показатель	Обозначение символа и единицы измерения показателя	Нормативное значение показателя	Расчетное (проектное) значение показателя	Фактическое значение показателя
<b>Теплотехнические показатели</b>					
19	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений: стен	$R_o^r, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$			
	окон и балконных дверей	$R_w$	3,2	3,2	
	входных дверей	$R_F$	0,54	0,55	
	покрытий (совмещенных)	$R_{ed}$	—	—	
	чердачных перекрытий (холодных чердаков)	$R_c$	—	—	
	перекрытий теплых чердаков (включая покрытие)	$R_c$	4,71	4,71	
	перекрытий «теплых» подвалов	$R_f$	4,16	4,16	
	перекрытий неотапливаемых подвалов или подполий	$R_f$	—	—	
	перекрытий над проездами и под эркерами	$R_f$	—	—	
	пола по грунту	$R_f$	—	—	
20	Приведенный трансмиссионный коэффициент теплопередачи здания	$K_m^{tr}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	—	0,544	
21	Воздухопроницаемость наружных ограждений: стен	$G_m^w$	0,5	0,5	
	окон и балконных дверей	$G_m^F$	6	6	
	покрытий (чердачных перекрытий)	$G_m^c$	0,5	0,5	
	перекрытий 1-го этажа (пола по грунту)	$G_m^f$	0,5	0,5	
22	Кратность воздухообмена	$n_a, \text{ч}^{-1}$	0,652	0,652	
23	Приведенный (условный) инфильтрационный коэффициент	$K_m^{inf}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	—	0,556	

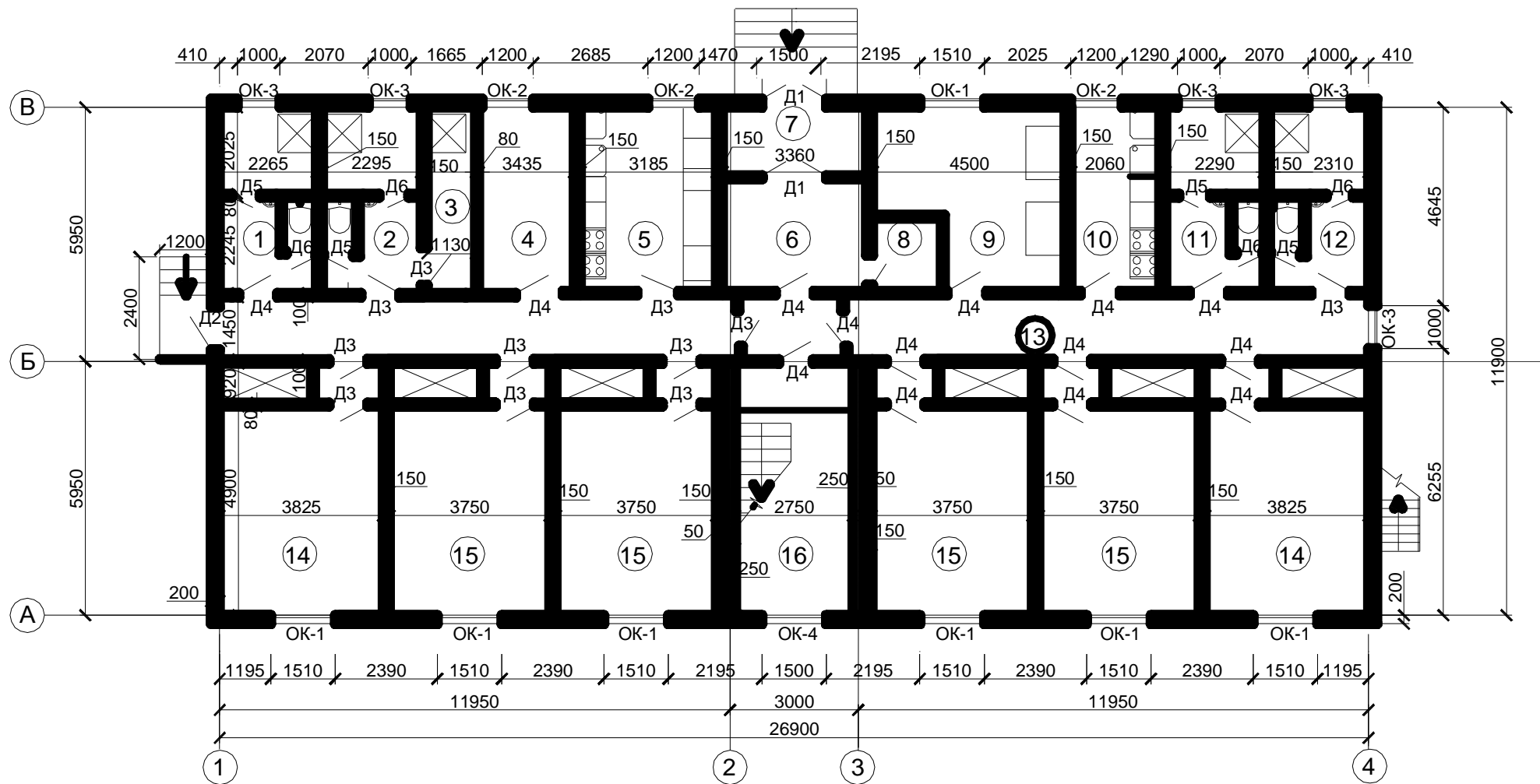


24	теплопередачи здания Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_m$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	—	1,1	
Теплоэнергетические показатели					
25	Общие теплотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	$Q_h$ , МДж	—	2572051	
26	Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{int}$ , Вт/м <sup>2</sup>	Не менее 10	10	
27	Бытовые тепlopоступления в здание за отопительный период	$Q_{int}$ , МДж	—	643410	
28	Тепlopоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	$Q_s$ , МДж	—	255861	
29	Потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период	$Q_h^y$ , МДж	—	2093476	
30	Удельный расход тепловой энергии на отопление здания	$q_h^{des}$ , кДж/ /(м <sup>2</sup> ·°C·сут)	—	79,44	
31	Паспорт заполнен				
	Организация Адрес и телефон Ответственный исполнитель				

Задание. Составить теплоэнергетический паспорт здания рис 7.1 по форме таблицы 7.1. Здание одноэтажное, с теплым чердаком и подвалом. Конструкцию стен и окон принять в зависимости от  $Dd$  (градусо-суток района строительства) по таблицам 1.1 и 1.2. Сопротивление теплопередаче остальных конструкций принять не менее нормируемых значений по градусо-суткам района строительства. Размеры в плане принять по рис 7.1. Район строительства, высоты этажа и окон принять по табл. 7.2. Высота подвала 1,8м. Высота чердака 1,8м. Вентиляция здания естественная. Температуру помещений принять по ГОСТ 30494-96.

Таблица 7.2. Задание на проектирование.

Номер варианта	Район строительства (город)	Высота окна, м	Высота этажа, м
1	Абакан	1,4	2,6
2	Архангельск	1,5	2,7
3	Астрахань	1,6	2,8
4	Белгород	1,7	2,9
5	Биробиджан	1,8	3,0
6	Благовещенск	1,4	2,6
7	Братск, Ирк.	1,5	2,7
8	Брянск	1,6	2,8
9	Владивосток	1,7	2,9
10	Владимир	1,8	3,0
11	Волгоград	1,4	2,6
12	Вологда	1,5	2,7
13	Воронеж	1,6	2,8
14	Выборг	1,7	2,9
15	Зея, Амурской обл.	1,8	3,0
16	Иваново	1,4	2,6
17	Иркутск	1,5	2,7
18	Казань	1,6	2,8
19	Тверь	1,7	2,9
20	Калуга	1,8	3,0
21	Кемерово	1,4	2,6
22	Киров	1,5	2,7
23	Красноярск	1,6	2,8
24	Курган	1,7	2,9
25	Курск	1,8	3,0
26	Липецк	1,4	2,6
27	Москва	1,5	2,7
28	Мурманск	1,6	2,8
29	Нальчик	1,7	2,9
30	Новгород	1,8	3,0
31	Новосибирск	1,4	2,6
32	Омск	1,5	2,7
33	Орел	1,6	2,8
34	Охотск, Хаб.	1,7	2,9
35	Пенза	1,8	3,0
36	Пермь	1,4	2,6
37	Псков	1,5	2,7
38	Ростов-на -Дону	1,6	2,8
39	Рязань	1,7	2,9
40	Смоленск	1,8	3,0



## Экспликация помещений

№	Наименование	Площадь м²
1	Мужской с/у	8.00
2	Женский с/у	8.60
3	Помещение уборочного инвентаря	4.90
4	Приёмка и выдача белья	9.70
5	Кухня	13.80
6	Тамбур	5.50
7	Холл	8.30
8	Комната охраны	3.05
9	Администрация	16.30
10	Кухня	9.00
11	Женский с/у	9.10
12	Мужской с/у	9.00
13	Коридор	38.80
14	Спальная комната на 4 чел.	18.80
15	Спальная комната на 4 чел.	18.40
16	Лестничная клетка	15.80

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

### *Основная литература.*

1. Каменев П.Н. Вентиляция: учебник для вузов / П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник. — М.: АСВ, 2008.— 616 с.: ил.— Библиогр. в конце кн.— ISBN 978-5-93093-436-6 (в пер.).
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебник для вузов / В.Н.Богословский. — 3-е изд. — СПб. : Авок Северо-Запад, 2006. — 400с. — (Инженерные системы зданий). — Библиогр. В конце кн. — ISBN 5-902146-10-0/в пер./: 180.00.
3. Ананьев В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В. А. Ананьев, Л. Н. Балыева, В. П. Мурашко .— Новая ред. — М. : Евроклимат, 2008 .— 504 с. : ил. — (Библиотека климатехника) .— Авт. указ. на обороте тит. л. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-94836-171-0 (впер.) : 1275.00.
4. Гримитлин А.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий: учеб. пособие / Гримитлин А.М., Иванов О.П., Пухкал В.А. — СПб. : АВОК Северо-Запад, 2006. — 210с. : ил. + 1 опт. диск (CD ROM). — (Учебная библиотека АВОК Северо-Запад). — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-902146-09-0 /в пер./: 140.00.

### *Дополнительна литература*

1. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности : учеб. пособие для вузов / Е.А. Штокман [и др.]; под ред. Е.А. Штокмана. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: АСВ, 2007.- 632с.:ил.— Библиогр. в начале кн.— ISBN 978-5-93093-522-6.
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для вузов / Б.М. Хрусталева [и др.]; под. общ. ред. Б.М. Хрусталева. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: АСВ, 2008. — 784 с. : ил. — На обл. и корешке указ. Три авт. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-93093-394-9 (в пер.) : 627, 00.
3. Полушкин В.И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учеб. Пособие. Ч.1. Теоретические основы создания микроклимата в помещении / В.И. Полушкин, О.Н. Русак, С.И. Бурцев и др. — СПб.: Профессия, 2002. — 176с.: ил. — (Специалист). — Библиогр. В конце кн. — ISBN 5-93913-031-3 /в пер./ : 145.48.

### *Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) (модуля)*

1. Электронный читальный зал “БИБЛИОТЕХ” : учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.- Загл. С экрана
2. ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий.-Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>, по паролю.- .- Загл. с экрана
3. Научная Электронная Библиотека eLibrary– библиотека электронной периодики, режим доступа: <http://elibrary.ru/> , по паролю.- Загл. с экрана.
4. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа, режим доступа <http://cyberleninka.ru/> ,свободный.- Загл. с экрана.
5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://window.edu.ru.> - Загл. с экрана.