

Министерство сельского хозяйства российской федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова»

Кафедра «Строительство, теплогаснабжение и энергообеспечение»

**ПРАКТИКУМ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ
ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ТЕПЛО- И
ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ»**

Направление подготовки
Строительство

Саратов 2017

Практикум для практических занятий по дисциплине «Строительная теплофизика при проектировании систем тепло- и холодоснабжения»: для направления подготовки 08.03.01 Строительство / А.А. Хальметов, ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2017. – 32 с.

Практикум по выполнению практических занятий составлены в соответствии с программой дисциплины и предназначены для бакалавров направления подготовки 08.03.01 Строительство. В практикуме рассматриваются теоретические и практические вопросы связанные с определением теплофизических свойств ограждающих конструкций и соответствия требованиям тепловой защиты здания. Направлены на формирование у студентов навыков по эффективному выбору и применению ограждающих конструкций и теплоизоляционных материалов, использованию нормативно-технической документации для обеспечения комфортной и надежной тепловой защиты зданий, сооружений объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Введение

В настоящее время оптимизация теплозащиты зданий -важное направление энергосбережения. В связи с этим основные показатели уровня теплозащиты устанавливаются нормативными документами, законами и стандартами, разрабатываемыми специалистами и утверждаемыми министерствами, ведомствами и государственными органами.

Студенты по направлению подготовки 08.03.01 Строительство должны быть подготовлены к профессиональной деятельности в области теплозащиты зданий и сооружений. В результате освоения дисциплины «Строительная теплофизика при проектировании систем тепло- и холодоснабжения» студент должен: понимать закономерности формирования тепловлажностного режима помещения, знать основные расчетные зависимости, описывающие эти процессы, и уметь использовать их для практических инженерных расчетов.

Практическая работа №1

ВЫБОР СИСТЕМ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Общие сведения

В жилищно-гражданском строительстве широко применяются центральные системы водяного, парового и воздушного отопления, а также системы панельного и лучистого отопления с различными теплоносителями. Кроме того, применяются системы газа – и электровоздушного отопления, отопления инфракрасными и высокотемпературными излучателями.

Наибольшее распространение получила водяная система отопления, как наиболее гигиеничная, совершенная в эксплуатации и регулируемая в широких пределах в зависимости от температуры наружного воздуха.

Паровая система не гигиенична из-за пригорания пыли на поверхностях приборов, почти не поддаётся регулировки, а поэтому применяется ограниченно, главным образом в коммунальных и промышленных предприятиях.

На воздушные системы отопления расходуется меньше металла, чем на водяные и паровые; применяются они главным образом для отопления помещений большого объёма. Температура воздуха в отдельных помещениях жилых зданий, обслуживаемых центральной системы воздушного отопления, плохо поддаётся регулировки, и это ограничивает её применения.

Панельное и лучистое отопление особенно удобно в крупноблочных зданиях, где нагревательные приборы и трубопроводы скрыты в толще конструктивных элементов строительной части здания.

Выбор системы отопления и параметров теплоносителя производят на основании технико-экономического обоснования, в соответствии с требованиями санитарных и противопожарных норм, в зависимости от назначения здания и режима его эксплуатации. При этом предельные значения допускаемых температур на поверхности нагревательных приборов любых типов и конструкций ($t_{н.п.}$) независимо от вида теплоносителя принимают по нормам, указанным в табл. Б. 1.

При устройстве систем центрального отопления руководствуются правилами СНиП 41-01-2003 "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха".

Расчётную разность температур горячей и обратной воды обычно принимают равной 25° , а при панельных системах отопления с целью сокращения типоразмеров нагревательных приборов её допускается уменьшать до 15° . В зданиях, присоединяемых к ТЭЦ, такое снижение расчётной разности температур приводит к перерасходу сетевой воды. В современных однотрубных системах водяного отопления с П-образными стояками она может быть увеличена до 35° . В двухтрубных системах водяного отопления, наоборот, увеличение расчётной разности температур воды более чем на 25° способствует недопустимой вертикальной разрегулировке системы отопления, вызванной влиянием естественного давления.

В связи с этим для систем водяного отопления с местными нагревательными приборами следует применять однотрубные схемы разводки теплоносителя.

В обычных системах водяного отопления жилых и общественных зданий по санитарно-гигиеническим нормам применяют теплоноситель с температурой горячей воды не более 95° . С целью снижения металлоёмкости систем отопления (см.

примечание к табл. Б. 1) допускается применять теплоноситель с температурой горячей воды не более 105°.

При необходимости снижения температуры теплоносителя местные системы водяного отопления зданий присоединяют к наружным тепловым сетям через элеватор или теплообменник (см. раздел "Тепловые сети").

Рекомендуемое давление пара в разомкнутых системах парового отопления низкого давления в зависимости от радиуса действия принимают:

Радиус действия, м 50 100 200 300 600

Давления пара, кг/см³ 0,05 0,05 – 0,1 0,1 – 0,2 0,2 – 0,3 0,5 – 0,7

В замкнутых системах пароснабжения давления пара назначается по расчёту .

Давления пара в системах отопления и пароснабжения высокого давления допускается до 5 кг/см² в зависимости от прочности и предельной температуры поверхности нагревательных приборов. В необходимых случаях давления пара на вводе в здание снижается дросселированием.

В открытых системах воздушного отопления температура приточного воздуха, подаваемого непосредственно в отапливаемые помещения, нормируется в зависимости от места расположения приточных отверстий *. Для закрытых систем температура воздуха, циркулирующего по каналам, определяется расчётом в зависимости от допускаемой температуры нагревательных элементов. В системах воздушного отопления жилых зданий нагрев воздуха в центральных приточных камерах допускается до 120°, а наибольшая температура подаваемого воздуха в нижнюю зону комнаты – до 60°.

Таблица – 1. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ(по СНиП 41-01-2003)

Помещения	Система отопления, отопительные приборы, теплоноситель, максимально допустимая температура теплоносителя или теплоотдающей поверхности
Б.1. Жилые, общественные и административно -бытовые (кроме указанных в Б. 2- Б. 10)	Водяная с радиаторами, панелями и конвекторами при температуре тепло носителя для двухтрубных систем - не более 95 °С; для однетрубных - не более 105 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Воздушная. Поквартирная водяная с радиаторами или конвекторами при температуре теплоносителя не более 95 °С. Электрическая или газовая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 95 °С
Б.2. Детские дошкольные, лестничные клетки и вестибюли в детских дошкольных учреждениях	Водяная с радиаторами, панелями и конвекторами при температуре тепло носителя не более 95 °С (с учетом 4.4.3). Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 90 °С
Б.3. Палаты, операционные и другие помещения лечебного назначения в больницах (кроме психиатрических и наркологических, общественных и	Водяная с радиаторами и панелями при температуре теплоносителя не более 85 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13)

административно-бытовых)	
Б.4. Палаты, операционные и другие помещения лечебного назначения в психиатрических и наркологических больницах (кроме общественных и административно-бытовых)	Водяная с радиаторами и панелями при температуре теплоносителя не более 95 °С. Водяная с нагревательными элементами и стояками, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 95 °С
Б.5. Спортивные залы	Воздушная. Водяная с радиаторами, панелями и конвекторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя не более 150 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая или газовая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 150 °С.
Б.6. Бани, прачечные и душевые	Водяная с радиаторами, конвекторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя не более 95 °С для помещений бань и душевых, не более 150 °С - для прачечных. Воздушная. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13)
Б.7. Общественного питания (кроме ресторанов) и торговые залы (кроме указанных в Б.3)	Водяная с радиаторами, панелями, конвекторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя не более 150 °С. Водяная с нагревательными элементами и стояками, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Воздушная. Электрическая и газовая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 150 °С. Электрическая и газовая с высокотемпературными излучателями в неутепленных и полуоткрытых помещениях и зданиях
Б.8. Торговые залы и помещения для обработки и хранения материалов, содержащих легковоспламеняющиеся жидкости	Принимать по Б. 11 а) или Б. 11 б) настоящего приложения
Б.9. Пассажиры залы вокзалов	Воздушная. Водяная с радиаторами и конвекторами при температуре теплоносителя не более 150 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 150 °С
Б.10. Залы зрительные и рестораны	Водяная с радиаторами и конвекторами при температуре теплоносителя не более 115 °С. Воздушная. Электрическая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 115 °С

<p>Б.11 . Производственные: а) категорий А, Б, В 1-84 без выделений пыли и аэрозолей или с выделением негорючей пыли</p>	<p>Воздушная (в соответствии с 4.4.6 и 7.1.11). Водяная и паровая (в соответствии с 6.1.6) при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Электрическая и газовая для помещений категорий В1- В4 (кроме складов категорий В1- В4) при температуре на теплоотдающей поверхности не более 130 °С. Электрическая для помещений категорий А и Б (кроме складов категорий А и Б) во взрывозащищенном исполнении в соответствии с ПУЭ при температуре на теплоотдающей поверхности не более 130 °С</p>
<p>б) категорий А, Б, В1- В4 с выделением горючей пыли и аэрозолей</p>	<p>Воздушная (в соответствии с 4.4.6 и 7.1.11). Водяная и паровая (в соответствии с 6.1.6) при температуре теплоносителя: воды - не более 110 °С в помещениях категорий А и Б и не более 130 °С в помещениях категории В. Электрическая и газовая для помещений категорий В1- В4 (кроме складов категорий В1- В4) при температуре на теплоотдающей поверхности не более 110 °С. Электрическая для помещений категорий А и Б (кроме складов категорий А и Б) во взрывозащищенном исполнении в соответствии с ПУЭ при температуре на теплоотдающей поверхности не более 110 °С</p>
<p>в) категорий Г и Д без выделений пыли и аэрозолей</p>	<p>Воздушная. Водяная и паровая с ребристыми трубами, радиаторами и конвекторами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Водяная с нагревательными элементами и стояками, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Газовая и электрическая, в том числе с высокотемпературными излучателями, кроме складов категории В4 (в соответствии с 5.8 и 6.5.10)</p>
<p>г) категорий Г и Д с повышенными требованиями к чистоте воздуха</p>	<p>Воздушная. Водяная с радиаторами (без оребрения), панелями и гладкими трубами при температуре теплоносителя не более 150 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13)</p>
<p>д) категорий Г и Д с выделением негорючих пыли и аэрозолей</p>	<p>Воздушная. Водяная и паровая с радиаторами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13). Электрическая и газовая с температурой на теплоотдающей поверхности не более 150 °С</p>
<p>е) категорий Г и Д с выделением горючих пыли и аэрозолей</p>	<p>Воздушная. Водяная и паровая с радиаторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя: воды не более 130 °С, пара не более 110 °С. Водяная с нагревательными элементами, встроенными в наружные</p>

	стены, перекрытия и полы (в соответствии с 6.5.13)
ж) категорий Г и Д со значительным влаговыделением	Воздушная. Водяная и паровая с радиаторами, конвекторами и ребристыми трубами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Газовая с температурой на теплоотдающей поверхности 150 °С
з) с выделением возгоняемых ядовитых веществ	По специальным нормативным документам
Б.12. Лестничные клетки, пешеходные переходы и вестибюли	Водяная и паровая с радиаторами, конвекторами и калориферами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С. Воздушная
Б.13. Тепловые пункты	Водяная и паровая с радиаторами и гладкими трубами при температуре теплоносителя: воды не более 150 °С, пара не более 130 °С
Б. 14. Отдельные помещения и рабочие места в неотапливаемых и отапливаемых помещениях с температурой воздуха ниже нормируемой (кроме помещений категорий А, Б и В)	Газовая и электрическая, в том числе с высокотемпературными излучателями (в соответствии с 5.8 и 6.5.13)
<p>Примечания</p> <p>1 Для помещений, указанных в позиции Б.1 (кроме жилых) и позиции Б. 10, допускается применять однотрубные системы водяного отопления с температурой теплоносителя до 130 °С при использовании в качестве отопительных приборов конвекторов с кожухом при скрытой прокладке или изоляции участков, стояков и подводов с теплоносителем, имеющим температуры выше 105 °С для помещений, указанных в позиции Б.1, и выше 115 °С - для помещений, указанных в позиции Б. 10, а также при соединении трубопроводов в пределах обслуживаемых помещений на сварке.</p> <p>2 Температуру воздуха при расчете систем воздушного отопления, совмещенного с приточной вентиляцией или кондиционированием, следует определять в соответствии с требованиями 4.4.6. СНиП 41-01-2003</p> <p>3 Отопление газовыми приборами в зданиях III, IV и V степеней огнестойкости не допускается.</p>	

Практическая работа №2

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Общие положения

Теплотехнический расчет проводится для всех наружных ограждений для холодного периода года с учетом района строительства, условий эксплуатации, назначения здания и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям и помещению, из условия, что температура внутренней поверхности t_{si} , °С, должна быть выше точки росы t_d , °С, но не менее чем на 2 - 3°С.

Теплотехнический расчет внутренних ограждающих конструкций (стен, перегородок, перекрытий) проводится при условии, если разность температур воздуха в помещениях более 3 °С.

При теплотехническом проектировании тепловой защиты зданий в каждом конкретном случае последовательно решается ряд задач.

1.1. *Определение параметров наружных климатических условий* - в соответствии со СНиП 23-01-99*, влажностного режима помещений зданий - согласно СНиП 23-02-2003 для соответствующего пункта строительства, параметров внутренней среды.

1.2. *Проектирование ограждающей конструкции*. В ходе проектирования определяют расчетные характеристики строительных материалов и конструкций, рассчитывают приведенное сопротивление теплопередаче как фасада здания, так и отдельных элементов ограждающих конструкций; проверяют ограждающую конструкцию на защиту от переувлажнения в соответствии со СНиП 23-02-2003.

1.3. *Выбор светопрозрачных ограждающих конструкций по требуемому сопротивлению теплопередаче*, в соответствии со СНиП 23-02-2003.

1.4. *Расчет в необходимых случаях теплоустойчивости ограждающих конструкций в летнее время и теплоустойчивости помещений в холодный период года* в соответствии со СНиП 23-02-2003.

1.5. *Проектирование конструкций полов по нормируемым значениям теплоусвоения* в соответствии со СНиП 23-02-2003.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ

2.1 НАРУЖНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Расчетную температуру наружного воздуха t_{ext} , °С, следует принимать по средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно СНиП 23-01-99* для соответствующего городского или сельского населенного пункта. При отсутствии данных для конкретного пункта расчетную температуру следует принимать для ближайшего пункта, который указан в СНиП 23-01-99*.

2.2 ПАРАМЕТРЫ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ

Параметры воздуха внутри жилых и общественных зданий из условия комфортности следует определять согласно таблице 1 - для холодного периода года. Параметры воздуха внутри зданий производственного назначения следует принимать согласно ГОСТ 12.1.005 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений.

Таблица 1

Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного времени года

№ п.п.	Тип здания	Температура воздуха внутри здания t_{int} , °С	Относительная влажность внутри здания φ_{int} , %, не более
1	Жилые	20-22	55
2	Поликлиники и лечебные учреждения	21-22	55
3	Дошкольные учреждения	22-23	55

Примечания

1. Для зданий, не указанных в таблице, температуру воздуха t_{int} , относительную влажность воздуха φ_{int} внутри зданий и соответствующую им температуру точки росы следует принимать согласно ГОСТ 30494 -96 и нормам проектирования соответствующих зданий.

2. Параметры микроклимата специальных общеобразовательных школ-интернатов, детских

дошкольных и оздоровительных учреждений следует принимать в соответствии с действующими санитарными правилами и нормами Министерства здравоохранения.

Обеспеченность условий эксплуатации ограждающих конструкций следует устанавливать в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности следующим образом:

- определяют по карте зону влажности (влажная, нормальная, сухая) согласно приложению В СНиП 23-02-2003; при этом в случае попадания пункта на границу зон влажности следует выбирать более влажную зону;

- определяют влажностный режим помещений (сухой, нормальный, влажный или мокрый) в зависимости от расчетной относительной влажности и температуры внутреннего воздуха в соответствии с таблицей 1 СНиП 23-02-2003;

- устанавливают согласно таблице 2 СНиП 23-02-2003 условия эксплуатации ограждающих конструкций (А или Б) в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности. Таблица 2

Таблица 2 – Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по табл. 1)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по приложению В)		
	сухой	нормальный	влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Расчетная температура воздуха внутри жилых и общественных зданий t_{int} для холодного периода года должна быть не ниже минимальных значений оптимальных температур, приведенных в таблице 1 согласно ГОСТ 30494 – 96 и СанПиН 2.1.2.002.

Температуру внутренней поверхности τ_{si} , °С, однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями следует определять по формуле

$$\tau_{si} = t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext})] / (R_o \alpha_{int}) \quad (1)$$

где n - коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6;

α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице 7;

t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по таблице 1;

t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, для всех зданий, кроме производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП 23-01-99*.

R_o - приведенное сопротивление теплопередаче, м² °С/Вт, ограждающих конструкций.

Температура внутренних поверхностей наружных ограждений здания, где имеются теплопроводные включения (диафрагмы, сквозные включения цементно-песчаного раствора или бетона, межпанельные стыки, жесткие соединения и гибкие связи в

многослойных панелях, оконные обрамления и т.д.), в углах и на оконных откосах не должна быть ниже, чем температура точки росы воздуха внутри здания t_d (таблица 3) при расчетной относительной влажности φ_{int} и расчетной температуре t_{int} внутреннего воздуха (таблица 1). Для жилых и общественных зданий температура точки росы t_d приведена в таблице 3 при соответствующих минимальных температурах и относительной влажности, приведенных в таблице 1.

Таблица 3 – Температура точки росы воздуха внутри здания для холодного периода года

Тип здания	Температура точки росы t_d , °С
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	10,7
2. Поликлиники и лечебные учреждения	11,6
3. Дошкольные учреждения	12,6

3 СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1 Несветопрозрачные ограждающие конструкции

Вариант конструктивного решения ограждения назначают по результатам расчетов, удовлетворяющих двум требованиям – *санитарно-гигиеническому и энергосбережения.*

Санитарно-гигиенические требования для ограждающих конструкций выполняются при условии $R_0 \geq R_{req}$,

$$R_{req} = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \alpha_{int}} \quad (2)$$

где n - коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6;

Δt_n - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности t_{int} ограждающей конструкции, °С, принимаемый по таблице 5;

α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице 7;

t_{int} - то же, что и в формуле (1);

t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, для всех зданий, кроме производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП 23-01-99*.

Требования энергосбережения выполняются, если приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , м²·°С/Вт, ограждающих конструкций, а также окон принимается не менее нормируемых значений R_{req} , м²·°С/Вт, определяемых по таблице 4 в зависимости от градусо-суток района строительства D_d , °С·сут.

Продолжительность отопительного периода z_{ht} , сут, и среднюю температуру наружного воздуха t_{ht} , °C, в течение отопительного периода следует принимать согласно СНиП 23-01 99 (таблица 1, графы 13 и 14 - для медицинских и детских учреждений, графы 11 и 12 - в остальных случаях) для соответствующего города или населенного пункта. При отсутствии данных для конкретного пункта расчетные параметры отопительного периода следует принимать для ближайшего пункта, который указан в СНиП 23-01.

Величину градусо-суток D_d в течение отопительного периода следует вычислять по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht} \quad (3)$$

где: t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °C, принимаемая по таблице 1.

В случае исполнения ограждений в виде однородной однослойной конструкции приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , м² °C/Вт, определяют по формуле

$$R_0 = R_{si} + R_k + R_{se} = 1/\alpha_{int} + \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} \quad (4)$$

где: α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м² °C), принимаемый по табл. 7;

δ - толщина слоя, м;

λ - коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м °C), принимаемый по прил. Д.

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, принимаемый по табл. 8.

Приведенное сопротивление теплопередаче многослойной конструкции определяют по формуле:

$$R_0 = R_{si} + \Sigma R_k + R_{se} = 1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} \quad (5)$$

При наличии в ограждающей конструкции прослойки, вентилируемой наружным воздухом:

а) *слои конструкции*, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью, в теплотехническом расчете *не учитываются*;

б) на поверхности конструкции, обращенной в сторону вентилируемой наружным воздухом прослойки, следует принимать коэффициент теплоотдачи α_{ext} равным 10,8 Вт/(м² °C).

Термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k , м² °C/Вт, следует определять по формуле:

$$R_k = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + R_{a.1} \quad (6)$$

$R_{a.1}$ - термическое сопротивление воздушных прослоек (табл. 7. СП 23-101-2004).

Для производственных зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м³ и зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации (осенью или весной), а также зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха 12°С и ниже приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) R_{req} , м² °C/Вт, следует принимать не менее значений, определяемых по формуле 2.

В производственных зданиях, предназначенных для сезонной эксплуатации, в качестве расчетной температуры наружного воздуха в холодный период года t_{ext} , °C, следует принимать минимальную температуру наиболее холодного месяца, определяемую как среднюю месячную температуру января по таблице 3* СНиП 23-01-

99*, уменьшенную на среднюю суточную амплитуду температуры воздуха наиболее холодного месяца (таблица 1* СНиП 23-01-99*).

Нормативное значение R_{req} сопротивления теплопередаче перекрытий над проветриваемыми подпольями следует принимать по СНиП 2.11.02-87 «Холодильники».

Для определения нормируемого сопротивления теплопередаче внутренних ограждающих конструкций R_{req} при разности расчетных температур воздуха между помещениями 6°C и выше в формуле (2) следует принимать $n = 1$ и вместо t_{ext} - расчетную температуру воздуха более холодного помещения.

Для теплых чердаков и техподполий, а также в неотапливаемых лестничных клетках жилых зданий с применением квартирной системы теплоснабжения расчетную температуру воздуха в этих помещениях следует принимать по расчету теплового баланса, но не менее 2°C для техподполий и 5°C для неотапливаемых лестничных клеток.

Таблица 4 – Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода D_d , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_{req} , $\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальным остеклением
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5

и помещения с влажным или мокрым режимом	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
a	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
b	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
a	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
b	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Примечания

1. Значения R_{req} для величин D_d , отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_{req} = aD_d + b, \quad (7)$$

где D_d - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут, для конкретного пункта;

a , b - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6 для группы зданий в поз.1, где для интервала до 6000 °С·сут: $a = 0,000075$, $b = 0,15$; для интервала 6000-8000 °С·сут: $a = 0,00005$, $b = 0,3$; для интервала 8000 °С·сут и более: $a = 0,000025$, $b = 0,5$.

2. Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

3. Нормируемые значения сопротивления теплопередаче чердачных и цокольных перекрытий, отделяющих помещения здания от неотапливаемых пространств с температурой t_c ($t_{ext} < t_c < t_{int}$), следует уменьшать умножением величин, указанных в графе 5, на коэффициент n , определяемый по примечанию к таблице 6. При этом расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, теплом подвале и остекленной лоджии и балконе следует определять на основе расчета теплового баланса.

4. Допускается в отдельных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнений оконных и других проемов, применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5% ниже установленного в таблице.

5. Для группы зданий в поз.1 нормируемые значения сопротивления теплопередаче перекрытий над лестничной клеткой и теплым чердаком, а также над проездами, если перекрытия являются полом технического этажа, следует принимать, как для группы зданий в поз.2.

Таблица 5 – Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_n , °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{int} - t_d$
2. Общественные, кроме указанных в поз.1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{int} - t_d$
3. Производственные с сухим и нормальными режимами	$t_{int} - t_d$, но не более 7	$0,8(t_{int} - t_d)$, но не более 6	2,5	$t_{int} - t_d$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_{int} - t_d$	$0,8(t_{int} - t_d)$	2,5	-
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м^3) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50%	12	12	2,5	$t_{int} - t_d$

Обозначения: t_{int} - то же, что в формуле (2);
 t_d - температура точки росы, °С, при расчетной температуре t_{int} и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно 5.9 и 5.10, СанПиН 2.1.2.1002, ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548, СНиП 41-01-2003 и нормам проектирования соответствующих зданий.

Примечание - Для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад Δt_n для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СНиП 2.11.02.

Таблица 6

Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

Ограждающие конструкции	Коэффициент μ
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75

4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4
<p>Примечание - Для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них t_c большей t_{ext}, но меньшей t_{int} коэффициент^н следует определять по формуле:</p> $n = (t_{int} - t_c) / (t_{int} - t_{ext}) \quad (8)$	

Таблица 7 – Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_{int} , Вт/(м ² ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9
<p>Примечание - Коэффициент теплоотдачи α_{int} внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с СНиП 2.10.03.</p>	

Таблица 8 – Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности α_{ext} для условий холодного периода

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи, α_{ext} Вт/(м ² ·°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Таблица 9 – Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки R_{al} , м ² ·°C/Вт			
	горизонтальной при потоке теплоты снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке теплоты сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Примечание - При наличии на одной или обеих поверхностях воздушной прослойки теплоотражающей алюминиевой фольги термическое сопротивление следует увеличивать в два раза.

При проектировании стен с неветилируемыми воздушными прослойками следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- размер прослойки по высоте должен быть не более высоты этажа и не более 6 м, размер по толщине - не менее 40 мм (10 мм при устройстве отражательной теплоизоляции);

- воздушные прослойки следует разделять глухими диафрагмами из негорючих материалов на участки размером не более 3 м;

- 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 слоем и теплоизоляцией; следует предусматривать рассечки воздушного потока по высоте каждые три этажа из перфорированных перегородок;

- применять жесткие теплоизоляционные материалы плотностью не менее 80-90 кг/м³, имеющие на стороне, обращенной к прослойке, ветро-воздухозащитные паропроницаемые пленки (типа "Тайвек", "Тектотен" или аналогичных мембранных пленок), применение мягких теплоизоляционных материалов не рекомендуется.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o^r , м²·°C/Вт, для наружных стен следует определять согласно СНиП 23-02 для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проемов без учета их заполнений с проверкой условия невыпадения конденсата на участках в зонах теплопроводных включений.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, следует определять по СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Приведенное сопротивление теплопередаче полов на грунте, а также стен (подвальных этажей и технических подвалов), расположенных ниже уровня земли, следует определять:

а) для неутепленных полов и стен ниже уровня земли с коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2$ Вт/(м² °С) по зонам шириной 2м, параллельным наружным стенам, принимая R_c равным: 2,1- для I зоны; 4,3 - для II зоны; 8,6 - для III зоны; 14,2 - для IV зоны (для оставшейся площади пола);

б) для утепленных полов и стен ниже уровня земли с коэффициентом теплопроводности λ_h утепляющего слоя толщиной δ , м, менее 1,2 Вт/(м² °С), по формуле

$$R_h = R_c + \delta / \lambda_h; \quad (9)$$

в) для полов на лагах по формуле

$$R_h = 1,18 (R_c + \delta / \lambda_h) \quad (10)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций (окон, балконных дверей, фонарей) принимается на основании сертификационных испытаний; при отсутствии результатов сертификационных испытаний следует принимать значения по своду правил.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_{D0} , м²·°С/Вт, входных дверей и дверей (без тамбура) квартир первых этажей и ворот, а также дверей квартир с неотапливаемыми лестничными клетками должно быть не менее произведения $0,6 \cdot R_{req}$ (произведения $0,8 \cdot R_{req}$ - для входных дверей в многоквартирные дома), где R_{req} - приведенное сопротивление теплопередаче стен, определяемое по формуле (2); для дверей в квартиры выше первого этажа зданий с отапливаемыми лестничными клетками - не менее 0,55 м²·°С/Вт.

Новые требования при проектировании наружных стен достигаются за счет разработки качественно новых технических решений. С теплотехнической точки зрения условно различают два основных вида наружных стен по числу основных слоев: однослойные и многослойные. Причем возможность применения тех или иных конструкций ограничивается наибольшим количеством градусо-суток, при которых эта конструкция обеспечивает необходимый уровень теплозащиты и имеет разумную толщину.

Многослойные стены получили наибольшее распространение. Эти стены различают по расположению теплоизоляционного материала снаружи – двухслойные и внутри – трехслойные. Основное преимущество многослойных стен – применимость для зданий, строящихся в регионах без ограничений по градусо-суткам, однако трехслойные стены ограничиваются общей толщиной стены 350 – 450 мм с утеплителем толщиной 200 – 300 мм и ремонтпригодностью. Двухслойные стены ремонтпригодны. Недостатком многослойных стен является их низкая теплотехническая однородность из-за наличия теплопроводных включений.

Наиболее эффективно в однослойных наружных стенах применение ячеистых бетонов (керамзитобетонные щелевые блоки с приведенной плотностью в пределах 600 кг/м³).

Практическая работа №3
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ

Определить требуемую толщину утеплителя из условия энергосбережения.

Исходные данные. Вариант № 40.

Здание – жилой дом.

Район строительства: г. Оренбург.

Зона влажности – 3 (сухая).

Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°С	22
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°С	- 31
3	Расчетная температура теплого чердака	t_{ch}	°С	+ 5
4	Расчетная температура техподполья	t_{int}^b	°С	+ 2
5	Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	202
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°С	- 6,3
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°С·сут	5717

Конструкция ограждения

Штукатурка известково-песчаная – 10мм. $\delta_1 = 0,01\text{м}$; $\lambda_1 = 0,7 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$

Кирпич обыкновенный глиняный – 510 мм. $\delta_2 = 0,51\text{м}$; $\lambda_2 = 0,7 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$

Утеплитель URSA: $\delta_3 = ?\text{м}$; $\lambda_3 = 0,042 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$

Воздушная прослойка – 60 мм. $\delta_3 = 0,06\text{м}$; $R_{a,1} = 0,17 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}$

Фасадное покрытие (сайдинг) – 5 мм.

Примечание: сайдинговое покрытие в расчете не принимается, т.к. слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью, в теплотехническом расчете не учитываются.

1. Градусо–сутки отопительного периода

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}$$

где: t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С, определяемая по табл. 1.

$$D_d = (22 + 6,3) 202 = 5717\text{°С}\cdot\text{сут}$$

2. Нормируемое значение сопротивления теплопередаче, R_{req} , табл. 4.

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0,00035 \cdot 5717 + 1,4 = 3,4 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}$$

3. Минимально допустимая толщина утеплителя определяется из условия $R_0 = R_{req}$

$$R_0 = R_{si} + \Sigma R_k + R_{se} = 1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} = R_{req}$$

$$\delta_{ут} = [R_{req} - (1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext})] \lambda_{ут} = [3,4 - (1/8,7 + 0,01/0,7 + 0,51/0,7 + 0,17 + 1/10,8)] \cdot 0,042 = [3,4 - (0,11 + 0,01 + 0,73 + 0,17 + 0,09)] \cdot 0,042 = (3,4 - 1,28) \cdot 0,042 = 0,089\text{м}$$

Принимаем толщину утеплителя 0,1м

4. Приведенное сопротивление теплопередаче, R_0 , с учетом принятой толщины утеплителя

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{int}} + \sum \delta/\lambda + 1/\alpha_{\text{ext}} = 1/8,7 + 0,01/0,7 + 0,51/0,7 + 0,1/0,042 + 0,17 + 1/10,8 = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

5. Выполнить проверку конструкции на невыпадение конденсата на внутренней поверхности ограждения.

Температура внутренней поверхности ограждения τ_{si} , $^{\circ}\text{C}$, должна быть выше точки росы t_d , $^{\circ}\text{C}$, но не менее чем на $2-3^{\circ}\text{C}$.

Температуру внутренней поверхности, τ_{si} , стен следует определять по формуле

$$\tau_{\text{si}} = t_{\text{int}} - [n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})] / (R_0 \alpha_{\text{int}}) = 22 - \frac{1(22 + 31)}{3,7 \times 8,7} = 22 - 1,7 = 20,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

где : t_{int} – расчетная температура воздуха внутри здания;

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха;

n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6;

α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружного ограждения теплого чердака, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, принимаемый: для стен - 8,7; для покрытий 7-9-этажных домов - 9,9; 10-12-этажных - 10,5; 13 -16-этажных - 12 $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;

R_0 – приведенное сопротивление теплопередаче (наружных стен, перекрытий и покрытий теплого чердака), $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Температура точки росы t_d принимается по таблице 2.

**Практическая работа №4.
ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛЫХ ЧЕРДАКОВ**

Требуемое сопротивление теплопередаче перекрытия теплого чердака R_0^{gf} , м²·°C/Вт определяют по формуле:

$$R_0^{gf} = n R_0^{req} \quad (11)$$

где: R_0^{req} - нормируемое сопротивление теплопередаче покрытия, определяемое по таблице 4 СНиП 23-02-2003 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

n - коэффициент, определяемый по формуле:

$$n = \frac{(t_{int} - t_{int}^g)}{(t_{int} - t_{ext})}$$

t_{int} , t_{ext} - то же, что и в формуле (1);

t_{int}^g - расчетная температура воздуха в чердаке, °C, устанавливаемая по расчету теплового баланса для 6-8-этажных зданий 14°C, для 9-12-этажных зданий 15-16°C, для 14-17-этажных зданий 17-18°C. Для зданий ниже 6 этажей чердак, как правило, выполняют холодным, а вытяжные каналы из каждой квартиры выводят на кровлю.

Пример 4.1 Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

Проверить конструктивно принятую толщину утеплителя для холодного чердака из условия энергосбережения.

Исходные данные. Вариант № 40.

Здание – жилой дом.

Район строительства: г. Оренбург.

Зона влажности – 3 (сухая).

Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°C	22
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°C	- 31
3	Расчетная температура теплого чердака	t_{int}^g	°C	+ 5
4	Расчетная температура техподполья	t_{int}^b	°C	+ 2
5	Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	202
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°C	- 6,3
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°C·сут	5717

Конструкция ограждения

Плита железобетонная – 150мм: $\delta_1 = 0,15$ м; $\lambda_1 = 1,92$ Вт/м·°C

Пароизоляция (поливинилхлоридная пленка)

Утеплитель Styrodur – 2500 – 250мм: $\delta_3 = 0,25$ м; $\lambda_3 = 0,031$ Вт/м·°C

Слой цементно-песчаного раствора – 20мм: $\delta_4 = 0,02$ м; $\lambda_4 = 0,7$ Вт/м·°C

Ходовые доски – 30 мм. $\delta_5 = 0,03$ м; $\lambda_5 = 0,14$ Вт/м·°C

1. Градусо–сутки отопительного периода

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}$$

где: t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С, определяемая по табл. 1.

$$D_d = (22 + 6,3) 202 = 5717^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$$

2. Нормируемое значение сопротивления теплопередаче, R_{req} , табл. 4.

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0,00045 \cdot 5717 + 1,9 = 4,47 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$$

3. Минимальную толщину утеплителя определяем из условия $R_0 = R_{req}$

$$R_0 = R_{si} + \Sigma R_k + R_{se} = 1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} = R_{req}$$

$$\delta_{ут} = [R_{req} - (1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext})] \lambda_{ут} = [4,47 - (1/8,7 + 0,15/1,92 + 0,02/0,07 + 0,03/0,14 + 1/12)] \cdot 0,031 = [4,47 - (0,11 + 0,08 + 0,28 + 0,21 + 0,08)] \cdot 0,031 = (4,47 - 0,76) \cdot 0,031 = 0,115 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя 0,12 м.

4. Приведенное сопротивление теплопередаче, R_0 , с учетом принятой толщины утеплителя

$$R_0 = 1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} = 1/8,7 + 0,15/1,92 + 0,12/0,031 + 0,02/0,07 + 0,03/0,14 + 1/12 = 4,63 \text{ м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$$

Конструктивно принятая толщина утеплителя завышена, т.е. экономически нецелесообразна.

5. Выполнить проверку конструкции на невыпадение конденсата на внутренней поверхности ограждения.

Температура внутренней поверхности ограждения τ_{si} , °С, должна быть выше точки росы t_d , °С, но не менее чем на 2-3°С.

Температуру внутренней поверхности τ_{si} стен следует определять по формуле

$$\tau_{si} = t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext})] / (R_0 \alpha_{int}) = 22 - \frac{1(22 + 31)}{4,63 \times 8,7} = 22 - 1,9 = 20,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

где: t_{int} – расчетная температура воздуха внутри здания;

t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха;

n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6.

Пример 4.2. Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

Определить толщину утеплителя для теплого чердака из условия энергосбережения.

Исходные данные. Вариант № 40.

Здание – жилой дом.

Район строительства: г. Оренбург.

Зона влажности – 3 (сухая).

Расчетные условия

N п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°С	22
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°С	- 31
3	Расчетная температура теплого чердака	t_{ch}	°С	+5

4	Расчетная температура техподполья	t_{int}^b	°C	+2
5	Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	202
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°C	- 6,3
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°C·сут	5717

Конструкция ограждения

Плита железобетонная – 150мм: $\delta_1 = 0,15\text{м}$; $\lambda_1 = 1,92 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$

Пароизоляция (поливинилхлоридная пленка)

Утеплитель Styrodur – 2500: $\delta_3 = ? \text{ м}$; $\lambda_3 = 0,031 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$

Слой цементно-песчаного раствора – 20мм: $\delta_4 = 0,02\text{м}$; $\lambda_4 = 0,7 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$

Ходовые доски – 30 мм. $\delta_5 = 0,03\text{м}$; $\lambda_5 = 0,14 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$

1. Требуемое сопротивление теплопередаче перекрытия теплого чердака R_0^{gf} , $\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C/Вт}$ определяют по формуле:

$$R_0^{gf} = n R_0^{req}$$

где: R_0^{req} - нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытия, определяемое по таблице 4 СНиП 23-02-2003 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

n - коэффициент, определяемый по формуле:

$$n = \frac{(t_{int} - t_{int}^E)}{(t_{int} - t_{ext})}$$

t_{int} , t_{ext} - то же, что и в формуле (1);

t_{int}^E - расчетная температура воздуха в чердаке, $^{\circ}\text{C}$, устанавливаемая по расчету теплового баланса для 6-8-этажных зданий 14°C , для 9-12-этажных зданий $15-16^{\circ}\text{C}$, для 14-17 этажных зданий $17-18^{\circ}\text{C}$. для зданий ниже 6 этажей чердак, как правило, выполняют холодным, а вытяжные каналы из каждой квартиры выводят на кровлю.

$$n = \frac{22 - 5}{22 + 31} = 0,31$$

2. Градусо–сутки отопительного периода

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}$$

$$D_d = (22 + 6,3) 202 = 5717^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$$

3. Нормируемое значение сопротивления теплопередаче, R_{req} , табл. 4.

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0,00045 \cdot 5717 + 1,9 = 4,47 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C/Вт}$$

$$R_0^{gf} = n \cdot R_{req} = 0,31 \cdot 4,47 = 1,38 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C/Вт}$$

4. Минимальную толщину утеплителя определяем из условия $R_0^{gf} = R^{gf}$

$$R_0^{gf} = R_{si} + \Sigma R_k + R_{se} = 1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} = R^{gf}$$

$$\delta_{ут} = [R_0^{gf} - (1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext})] \lambda_{ут} = [1,38 - (1/8,7 + 0,15/1,92 + 0,02/0,07 + 0,03/0,14 + 1/12)] \cdot 0,031 = [1,38 - (0,11 + 0,08 + 0,28 + 0,21 + 0,08)] \cdot 0,031 = (1,38 - 0,76) \cdot 0,031 = 0,019\text{м}$$

Принимаем толщину утеплителя $0,02\text{м}$.

5. Определяем приведенное сопротивление теплопередаче, R_0^{gf} , с учетом принятой толщины утеплителя

$$R_0^{gf} = 1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} = 1/8,7 + 0,15/1,92 + 0,02/0,031 + 0,02/0,07 + 0,03/0,14 + 1/12 = 1,40 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C/Вт}$$

6. Выполнить проверку конструкции на невыпадение конденсата на внутренней поверхности ограждения.

Температуру внутренней поверхности τ_{si} перекрытия следует определять по формуле

$$\tau_{si} = t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext})] / (R_o^{ef} \alpha_{int}) = 22 - \frac{0,31 \times (22 + 31)}{1,40 \times 8,7} = 20,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

где : t_{int} – расчетная температура воздуха внутри здания;

t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха;

n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6.

Практическая работа № 5 ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОДВАЛОВ

Технические подвалы (техподполье) - это подвалы при наличии в них нижней разводки труб систем отопления, горячего водоснабжения, а также труб системы водоснабжения и канализации.

Расчет ограждающих конструкций техподполий следует выполнять в приведенной последовательности.

1). Нормируемое сопротивление теплопередаче $R_o^{b.w}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта, определяют согласно СНиП 23-02-2003 для стен в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства. При этом в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимают расчетную температуру воздуха в техподполье t_{int}^b , $^\circ C$, равную не менее плюс $2^\circ C$ при расчетных условиях.

2). Определяют приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{r.s}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, ограждающих конструкций заглубленной части техподполья, расположенных ниже уровня земли.

Для неутепленных полов на грунте в случае, когда материалы пола и стены имеют расчетные коэффициенты теплопроводности $\lambda \geq 1,2$ Вт/(м $\cdot^\circ C$), приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{r.s}$ определяют по таблице 10 в зависимости от суммарной длины L , м, включающей ширину техподполья и две высоты части наружных стен, заглубленных в грунт.

Таблица 10 – Приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{r.s}$ ограждений техподполья, заглубленных в грунт

L , м	4	8	10	12	14	16
$R_o^{r.s}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$	2,15	2,86	3,31	3,69	4,13	4,52

Для утепленных полов на грунте в случае, когда материалы пола и стены имеют расчетные коэффициенты теплопроводности $\lambda < 1,2$ Вт/(м $\cdot^\circ C$), приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{r.s}$ определяют по нормативной документации.

Нормируемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем $R_o^{b.c}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяют по формуле:

$$R_o^{b.c} = n \cdot R_{req} \quad (12)$$

где R_{req} - нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытий над техподпольем, определяемое согласно СНиП 23-02-2003 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

n - коэффициент, определяемый по формуле:

$$n = \frac{(t_{int} - t_{int}^b)}{(t_{int} - t_{ext})},$$

t_{int} , t_{ext} - то же, что и в формуле (1);

t_{int}^b - расчетная температура воздуха в техподполье, равная не менее плюс 2 °С.

Пример 5.1 Теплотехнический расчет перекрытия над подвалом
Определить толщину утеплителя для перекрытия над подвалом из условия энергосбережения.

Исходные данные. Вариант № 40.

Здание – жилой дом.

Район строительства: г. Оренбург.

Зона влажности – 3 (сухая).

Расчетные условия

N п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°С	22
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°С	- 31
3	Расчетная температура теплого чердака	t_{ch}	°С	+ 5
4	Расчетная температура техподполья	t_{int}^b	°С	+ 2
5	Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	202
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°С	- 6,3
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°С·сут	5717

Конструкция ограждения

Плита железобетонная – 150мм: $\delta_1 = 0,15\text{м}$; $\lambda_1 = 1,92 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$

Лаги

Утеплитель URSA: $\delta_3 = ? \text{ м}$; $\lambda_3 = 0,042 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$

Пароизоляция (поливинилхлоридная пленка)

Паркетные доски – 30 мм. $\delta_5 = 0,03\text{м}$; $\lambda_5 = 0,18 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$

1. Нормируемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем $R_o^{b,c}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$, определяют по формуле:

$$R_o^{b,c} = n \cdot R_{req}$$

где: R_{req} - нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытий над техподпольем, определяемое согласно СНиП 23-02-2003 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

n - коэффициент, определяемый по формуле:

$$n = \frac{(t_{int} - t_{int}^b)}{(t_{int} - t_{ext})},$$

t_{int} , t_{ext} - то же, что и в формуле (1);

t_{int}^b - расчетная температура воздуха в техподполье, равная не менее плюс 2 °С.

$$n = \frac{22 - 2}{22 + 31} = 0,38$$

2. Градусо–сутки отопительного периода

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}$$

$$D_d = (22 + 6,3) 202 = 5717^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$$

3. Нормируемое значение сопротивления теплопередаче, R_{req} , табл. 4.

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0,00045 \cdot 5717 + 1,9 = 4,47 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_o^{b,c} = n \cdot R_{req} = 0,38 \cdot 4,47 = 1,7 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

4. Минимальная толщина утеплителя определяется из условия $R_0 = R_o^{b,c}$

$$R_0 = R_{si} + \Sigma R_k + R_{se} = 1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} = R_o^{b,c}$$

$$\delta_{yt} = [R_o^{b,c} - (1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext})] \lambda_{yt} = [1,7 - (1/8,7 + 0,15/1,92 + 0,03/0,18 + 1/12)] \cdot 0,042 = [1,7 - (0,11 + 0,08 + 0,17 + 0,08)] \cdot 0,031 = (1,7 - 0,44) \cdot 0,042 = 0,053 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя 0,06 м.

5. Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_o^{b,c}$, с учетом принятой толщины утеплителя

$$R_o^{b,c} = 1/\alpha_{int} + \Sigma \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext} = 1/8,7 + 0,15/1,92 + 0,06/0,042 + 0,03/0,18 + 1/12 = 1,87 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

6. Выполнить проверку конструкции на невыпадение конденсата на внутренней поверхности ограждения.

Температура внутренней поверхности ограждения τ_{si} , $^\circ\text{C}$, должна быть выше точки росы t_d , $^\circ\text{C}$, но не менее чем на 2-3 $^\circ\text{C}$.

Температуру внутренней поверхности τ_{si} перекрытия следует определять по формуле:

$$\tau_{si} = t_{int} - [n \cdot (t_{int} - t_{ext})] / (R_o^{b,c} \cdot \alpha_{int}) = 22 - \frac{0,38(22 + 31)}{1,87 \times 8,7} = 20,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

где: t_{int} – расчетная температура воздуха внутри здания;

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха;

n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6.

Пример 5.2 Теплотехнический расчет «теплого» подвала

Исходные данные. Вариант № 40.

Здание – жилой дом.

Район строительства: г. Оренбург.

Зона влажности – 3 (сухая).

Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°С	22
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°С	- 31
3	Расчетная температура теплого чердака	t_{ch}	°С	+ 5
4	Расчетная температура техподполья	t_{int}^b	°С	+ 2
5	Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут	202
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	- 6,3
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°С·сут	5717

Площадь цокольного перекрытия (над подвалом) $A_b=281 \text{ м}^2$.

Ширина подвала - 13,8 м; площадь пола подвала - 281 м^2 .

Высота наружной стены подвала, заглубленной в грунт, - 1,04 м.

Площадь наружных стен подвала, заглубленных в грунт: - $A_b = (20,4+20,4) \times 1,04 = 42,4 \text{ м}^2$ (48,9 м^2).

Суммарная длина l поперечного сечения ограждений подвала, заглубленных в грунт,

$$l = 13,8 + 2 \cdot 1,04 = 15,88 \text{ м.}$$

Высота наружной стены подвала над уровнем земли - 1,2 м.

Площадь наружных стен над уровнем земли $A_{b,w} = (20,4 + 20,4) \times 1,2 = 48,9 \text{ м}^2$ (53,3 м^2).

Объем подвала $V_b = 630,6 \text{ м}^3$ (646 м^3).

1. Сопротивление теплопередаче наружных стен подвала над уровнем земли принимают согласно п. 9.3.2 СП 23-101-2004 равным сопротивлению теплопередаче наружных стен $R_0^{b,w} = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ (из примера 1).

2. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций заглубленной части подвала определим согласно п. 9.3.3 СП 23-101-2004 как для стен и полов на грунте, состоящих из термического сопротивления стены, равного 3,7 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, и участков пола подвала. Сопротивление теплопередаче участков пола подвала (начиная от стены до середины подвала) шириной: 1 м - 2,1 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; 2 м - 4,3 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; 2 м - 8,6 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; 1,9 м - 14,2 $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Соответственно площадь этих участков для части подвала длиной 1 м будет равна 1,04 м^2 (стены, контактирующей с грунтом), 1 м^2 , 2 м^2 , 2 м^2 , 1,9 м^2 .

Таким образом, сопротивление теплопередаче заглубленной части стен подвала равно:

$$R_0^{r,s} = 2,1 + 3,7 = 5,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт.}$$

Площадь заглубленной части стен подвала составляет: $A = 1,04 + 1 + 2 + 2 + 1,9 = 7,94 \text{ м}^2$

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r всей ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_0^r = A / \sum_{i=1}^m (A_i / R_{0,i}^r) \quad (13)$$

где: A_i , $R_{0,i}^r$ - соответственно площадь i -го участка характерной части ограждающей конструкции, м^2 , и его приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

A - общая площадь конструкции, равная сумме площадей отдельных участков, м^2 ;

m - число участков ограждающей конструкции с различным приведенным сопротивлением теплопередаче.

Вычислим приведенное сопротивление теплопередаче ограждений заглубленной части подвала.

$$R_0^s = 7,94 / (1,04/5,8 + 1/2,1 + 2/4,3 + 2/8,6 + 1,9/14,2) = 5,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

3. Согласно таблице 4 нормируемое значение сопротивления теплопередаче, R_{req} , перекрытия над подвалом жилого здания:

$$R_{\text{req}} = a \cdot D_d + b = 0,00045 \cdot 5717 + 1,9 = 4,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Требуемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над «теплым» подвалом $R_0^{b,c}$ определяется по формуле

$$R_0^{b,c} = n R_{\text{req}}$$

где n - коэффициент, определяемый при принятой минимальной температуре воздуха в подвале $t_{\text{int}}^b = 2 \text{ °C}$

$$n = (t_{\text{int}} - t_{\text{int}}^b) / (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) = (22 - 2) / (22 + 31) = 0,38$$

$$\text{Тогда } R_0^{b,c} = n \cdot R_{\text{req}} = 0,38 \cdot 4,47 = 1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

4. Проверим, удовлетворяет ли теплозащита перекрытия над подвалом требованию нормативного перепада $\Delta t^n = 2 \text{ °C}$ для пола первого этажа.

Минимально допустимое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия определяется из санитарно-гигиенических условий:

$$R_{\text{req}} = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{\Delta t_n \alpha_{\text{int}}}$$

$$R_0^{\text{req}} = (22 - 2) / (2 \times 8,7) = 1,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} < R_0^{b,c} = 1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Минимально допустимое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над «теплым» подвалом составляет $1,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ при требуемом из условия энергосбережения сопротивлении теплопередаче перекрытий над подвалами $4,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Таким образом, в «теплом» подвале обеспечивается теплозащита ограждениями (стенами и полом) подвала эквивалентная требованиям СНиП 23-02-2003.

Практическая работа №6 СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

Светопрозрачные ограждающие конструкции подбирают по следующей методике.

1). Нормируемое сопротивление теплопередаче R_{req} светопрозрачных конструкций следует определять по таблице 4 СНиП 23-02. При этом сначала вычисляют для соответствующего климатического района количество градусо-суток отопительного периода D_d . В зависимости от величины D_d и типа проектируемого здания по колонкам 6 и 7 таблицы 4 определяется значение R_{req} . Для промежуточных значений D_d величина R_{req} определяется по формулам примечания 1 к этой таблице.

2). Выбор светопрозрачной конструкции осуществляется по значениям приведенного сопротивления теплопередаче R_o^r , приведенным в приложении Г. Если приведенное сопротивление теплопередаче выбранной светопрозрачной конструкции R_o^r , больше или равно R_{req} , то эта конструкция удовлетворяет требованиям норм.

3). При проверке требования по обеспечению минимальной температуры на внутренней поверхности светопрозрачных ограждений температуру t_{int} этих ограждений следует определять как для остекления, так и для непрозрачных элементов по формуле

$$\tau_{si} = t_{int} - [n(t_{int} - t_{ext})] / (R_o^r \alpha_{int}) \quad (14)$$

Если в результате расчета окажется, что $t_{int} < 3^\circ\text{C}$, то следует выбрать другое конструктивное решение заполнения светопроема с целью обеспечения этого требования либо предусмотреть установку под окнами приборов отопления.

Задание 6.1 Теплотехнический расчет светопрозрачных конструкций

Определить конструкцию заполнения оконного проема.

Исходные данные. Вариант № 40.

Здание – жилой дом.

Район строительства: г. Оренбург.

Зона влажности – 3 (сухая).

Расчетные условия

N п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°C	22
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°C	- 31
3	Расчетная температура теплого чердака	t_{ch}	°C	+ 5
4	Расчетная температура техподполья	t_{int}^b	°C	+ 2
5	Продолжительность отопительного периода	Z_{ht}	сут	202
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°C	- 6,3

7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	$^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	5717
---	-------------------------------------	-------	-----------------------------------	------

1. Градусо–сутки отопительного периода

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) z_{\text{ht}}$$

где: t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$, определяемая по табл. 1.

$$D_d = (22 + 6,3) 202 = 5717^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$$

2. Нормируемое значение сопротивления теплопередаче, R_{req} , табл. 4.

$$R_{\text{req}} = a \cdot D_d + b = 0,000075 \times 5717 + 0,15 = 0,58 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

3. Выбор светопрозрачной конструкции осуществляется по значениям приведенного

сопротивления теплопередаче R_o^r , приведенным в приложении Г. Приведенное сопротивление теплопередаче окна должно быть не менее нормируемого. Заполнение светового проема – двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла с твердым селективным покрытием $R_o^r = 0,58 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$

$$R_{\text{req}} = R_o^r$$

Если приведенное сопротивление теплопередаче выбранной светопрозрачной конструкции R_o^r , больше или равно R_{req} , то эта конструкция удовлетворяет требованиям норм.

4. При проверке требования по обеспечению минимальной температуры на внутренней поверхности светопрозрачных ограждений температуру t_{int} этих ограждений следует определять как для остекления, так и для непрозрачных элементов по формуле

$$t_{\text{int}} = t_{\text{int}} - [n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})] / (R_o^r \alpha_{\text{int}}) = 22 - \frac{1(22 + 31)}{0,58 \times 8,7} = 22 - 10,5 = 11,5^{\circ}\text{C}$$

где: t_{int} – расчетная температура воздуха внутри здания;

t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха;

n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6;

Если в результате расчета окажется, что $t_{\text{int}} < 3^{\circ}\text{C}$, то следует выбрать другое конструктивное решение заполнения светопроема с целью обеспечения этого требования либо предусмотреть установку под окнами приборов отопления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудинов , А.А. Строительная теплофизика : учебное пособие для студентов вузов по направлению "Строительство" / А. А. Кудинов . - М. : Инфра-М, 2015. - 262 с. - (Высшее образование : Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-005158-1.
2. Строительная теплофизика: методические указания к выполнению контрольной работы для студентов-заочников специальности 270109 - «Теплогасоснабжение и вентиляция». - Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2008. - 32 с. - Б. ц.
3. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика: теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха : учебное пособие / В. Н. Богословский. - 3-е изд. - СПб. : АВОК Северо-Запад, 2006. - 400 с. : ил. - (Инженерные системы зданий). - ISBN 5-902146-10-0
4. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
5. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебник для вузов / В.Н. Богословский – М.: Книга по Требованию, 2013. – 416 с
6. Толстова, Ю. И. Основы строительной теплофизики: учеб. пособие /Ю. И. Толстова, Р. Н . Шумилов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т; [науч. ред. А. С. Носков]. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. - 104 с.
7. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения: Актуализированная редакция СНиП 31.06.2009 [Текст]: свод правил: утв. Приказом Минрегион России от 29.12.2011 № 635/10, дата введ. 01.01.2013. – М., Минрегион России, 2012. – 109 с.
8. СП 56.13330.2011. Производственные здания: Актуализированная редакция СНиП 31-01-2001 [Текст]: свод правил: утв. Приказом Минрегион России от 30.12.2010 № 850, дата введ. 20.05.2011. – М., Минрегион России, 2011. – 16 с.
9. СП 7.13130.2009. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]: свод правил: утв. и введ. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 177. – М.; ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 30 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Таблица А.1

ЗАДАНИЕ НА РАСЧЕТНУЮ РАБОТУ

Вариант задания	Конструкция наружной стены	Конструкция перекрытия над подвалом	Конструкция покрытия, перекрытия чердачные
1 - 9	1 – слой штукатурки, армированный сеткой, 30мм; 2 – минераловатные плиты $\rho_0=75 \text{ кг/м}^3$; $\delta=?$; 3 – кладка из полнотелого глиняного кирпича $\rho_0 =1800 \text{ кг/м}^3$, 380мм	1 - перекрытие над подвалом (ж/б плита, 220мм) 2 – пенополистирол $\rho_0 =35 \text{ кг/м}^3$; $\delta =?;$ 3 - пароизоляция (поливинилхлоридная пленка); 4 – прослойка из ДВП, 6 мм; 5 – линолеум на тепловозоизолирующей подоснове (по клею «Бустилат»), 4мм.	Утепленная кровля из асбестоцементных листов 1 – гидроизоляция, 6 мм; 2 - сплошная обрешетка, 25мм; 3 - воздушная прослойка, 20мм 4 - утеплитель УРСА, $\rho_0 =45 \text{ кг/м}^3$ $\delta=?;$ 5 – пароизоляция, 3мм; 6 - подвесной потолок, 10мм
10 - 19	1 – слой штукатурки, армированной сеткой, 30мм; 2 – минераловатные плиты $\rho_0 =80 \text{ кг/м}^3$, $\delta=?$ 3 – кладка из керамзитобетонных блоков $\rho_0 =1200 \text{ кг/м}^3$, 400мм	1 - перекрытие над подвалом: железобетонная плита, 150мм; 2 – пенополистирол $\rho_0 =35 \text{ кг/м}^3$, $\delta=?;$ 3 – пароизоляция (поливинилхлоридная пленка); 4 – лаги из досок, 40мм; 5 – доски пола, 40мм	Утепление чердачного перекрытия 1 – чердачное перекрытие, ж/б плита, 220мм; 2 – пароизоляция; 3 – утеплитель (пенополистирол) $\rho_0 =25 \text{ кг/м}^3$; $\delta=?$ 4 – доски ходовые, 20мм
20 - 29	1 – лицевой пустотный керамический кирпич $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3$, 120мм; 2 – пенополистирол листовой $\rho_0 =25 \text{ кг/м}^3$, $\delta=?$ 3 – кладка из пенобетонных блоков $\rho_0 =600 \text{ кг/м}^3$, 400мм	1 - перекрытие над подвалом: ж/б плита, 220мм; 2 – утеплитель: плиты из пенопласта $\rho_0 =35 \text{ кг/м}^3$, $\delta=?;$ 3 - пергамин на битумной мастике, 3мм; 4 – водонепроницаемый цементный раствор, 20мм; 5 – керамическая плитка, 30мм	Утепление совмещенного с кровлей перекрытия (в мансардных помещениях): 1 – кровля; 2 – обрешетка $\delta=?$ 3 – воздушная прослойка $\delta = 30 \text{ мм};$ 4 - УРСА $\rho_0 =15 \text{ кг/м}^3$; $\delta =?$ 5 – пароизоляция; 6 – обшивка (вагонка) 15мм.
30 - 39	1 – лицевой пустотный керамический кирпич $\rho_0 = 1200 \text{ кг/м}^3$, 250мм; 2 – пенополистирол	1 – паркетные доски, 15мм; 2 – стяжка из ДСП 3 – гидроизоляция, полиэтиленовая пленка, 0,2мм; 4 – экструдированный	Покрытие (общественное здание) 1 –ж/б плита покрытия, 220мм; 2 – пароизоляция; 3 – утеплитель (плиты

	листовой $\rho_0 = 45 \text{ кг/м}^3$, $\delta = ?$ 3 – кирпич обыкновенный глиняный, 250мм	пенополистирол, $\rho_0 = 35 \text{ кг/м}^3$ $\delta = ?$; 5 – ж/б плита, 220мм	минераловатные) $\rho_0 = 200 \text{ кг/м}^3$; $\delta = ?$ 4 – стяжка цементная, 20мм; 5 – 4 – хслойный рулонный ковер, 12мм.
--	--	--	---

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Таблица Б.2

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

№ п/п	Город	Снеговой район	Нагрузка (кПа) (кгс/м ²)	Ветровой район	Нагрузка (кПа) (кгс/м ²)	Зона влажности	Промерзание грунта, см	Температура, °С			Прод. отоп. периода, Z _{от} , сут.
								t _{ext5}	t _{ext1}	t _{ht}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Москва	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-28	-36	- 3,1	214
2	Новгород	III	1,8 180	I	0,23 23	2	100 – 120	-27	-38	- 2,3	221
3	Псков	III	1,8 180	I	0,23 23	2	100 – 120	-26	-35	- 1,6	212
4	Ярославль	IV	2,4 240	I	0,23 23	2	140 – 160	-31	-37	-4	221
5	Иваново	IV	2,4 240	I	0,23 23	2	140 – 160	-30	-38	- 3,9	219
6	Владимир	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-28	-38	- 3,5	213
7	Липецк	III	1,8 180	II	0,23 23	3	120 – 140	-27	-34	- 3,4	202
8	Тамбов	III	1,8 180	II	0,23 23	3	120 – 140	-28	-34	- 3,7	201
9	Дмитров	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-28	-36	- 3,1	216
10	Курск	III	1,8 180	II	0,23 23	2	100 – 120	-26	-32	- 2,4	198
11	Брянск	III	1,8 180	I	0,23 23	2	100 – 120	-26	-34	- 2,3	205
12	Смоленск	III	1,8 180	I	0,23 23	2	100 – 120	-26	-34	- 2,4	215
13	Калуга	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-27	-34	- 2,9	210
14	Тула	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-27	-35	-3	207
15	Орел	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-26	-35	- 2,7	205
16	С-Петербург	III	1,8 180	II	0,30 30	1	100 – 120	-26	-33	- 1,8	220
17	Пенза	III	1,8 180	II	0,30 30	3	140 – 160	-29	-35	- 4,5	207
18	Саратов	III	1,8 180	III	0,38 38	3	140 – 160	-27	-34	- 4,3	196
19	Оренбург	IV	2,4 240	III	0,38 38	3	140 – 160	-31	-37	- 6,3	202
20	Кашира	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-27	-36	- 3,4	212
21	Сергиев Посад	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-28	-36	- 3,1	216
22	Воронеж	III	1,8 180	II	0,23 23	3	120 – 140	-26	-32	- 3,1	196

23	Мытищи	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-28	-36	- 3,1	214
24	Серпухов	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-27	-35	-3	207
25	Саранск	III	1,8 180	II	0,30 30	3	140 – 160	-30	-38	- 4,5	209

Таблица Б.2

№ п/п	Город	Снеговой район	Нагрузка (кПа) (кгс/м ²)	Ветровой район	Нагрузка (кПа) (кгс/м ²)	Зона влажности	Промерзание грунта, см	Температура, °С			Прод. отоп. периода, Z _{от} , сут.
								t _{ext5}	t _{ext1}	t _{от}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	Подольск	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-28	-36	- 3,1	214
27	Гагарин	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-27	-35	- 2,8	217
28	Пушкино	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-28	-36	- 3,1	214
29	Боровичи	III	1,8 180	I	0,23 23	2	100 – 120	-29	-39	- 2,8	220
30	Великие Луки	III	1,8 180	I	0,23 23	2	100 – 120	-27	-34	- 1,9	212
31	Муром	III	1,8 180	I	0,23 23	2	120 – 140	-30	-39	- 4,0	214
32	Вязьма	III	1,8 180	I	0,23 23	2	100 – 120	-27	-35	- 2,8	217
33	Тихвин	III	1,8 180	II	0,30 30	1	100 – 120	-29	-37	- 2,8	227
34	Заметчино	III	1,8 180	II	0,30 30	3	140 – 160	-29	-37	- 4,2	208
35	Балашов	III	1,8 180	III	0,38 38	3	140 – 160	-29	-34	- 4,2	199
36	Сорочинск	IV	2,4 240	III	0,38 38	3	140 – 160	-29	-36	- 6,3	201

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Практическая работа №1 Выбор систем и теплоносителя	4
Практическая работа №2 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций	8
Практическая работа №3 Теплотехнический расчет наружной стены	19
Практическая работа №4 Ограждающие конструкции теплых чердаков	21
Практическая работа №5 Ограждающие конструкции технических подвалов ..	25
Практическая работа №6 Светопрозрачные ограждающие конструкции	30
Библиографический список	32
Приложения	

Составители:
Хальметов Азат Ахметович

**Практикум для практических занятий
по дисциплине «Строительная теплофизика при
проектировании систем тепло- и холодоснабжения»**

Направление подготовки
08.03.01 Строительство