

ПРАКТИКУМ

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО И САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

БЕРЛИНОВ М.В., БЕРЛИНОВА М.Н., ДОМОЖИЛОВ В.Ю.

РАЗДЕЛ 1. КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

Определение категории технического состояния конструкций

Методические указания к решению задачи.

Техническое состояние здания или его конструктивных элементов при проведении обследования зданий – состояние, которое определяет, в какой стадии безопасности находится обследуемое здание или сооружение. Повреждения в конструкциях разделяются в зависимости от причин их возникновения на две группы: от силовых воздействий и от воздействия внешней среды. Последняя группа повреждений снижает не только прочность конструкции, но и уменьшает её долговечность. Чаще всего дефекты строительных конструкций зданий и сооружений вызываются не одним фактором, а в результате суммарного их воздействия, при этом заметное влияние одного какого-либо фактора может вызывать усиление воздействий других факторов. В зависимости от снижения несущей способности строительных конструкций степень повреждения и возможность их восстановления приведены в таблице 1.

Таблица 1

Категории технического состояния зданий

Категория технического состояния	Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Возможность восстановления
1	Незначительная	0-5	Не требуется

2	Слабая	До 15	Усиление и текущий ремонт
3	Средняя	До 25	Усиление и капитальный ремонт
4	Сильная	До 50	Усиление и капитальный ремонт с заменой (при технико-экономическом обосновании) отдельных строительных конструкций
5	Разрушение	Свыше 50	Разборка и усиление строительных конструкций

Условие задачи.

На основании обследования выявлены следующие повреждения конструкций: выветривание раствора кирпичной кладки стен, разрушение кирпичной кладки несущих стен в местах карнизов и водосточных труб на глубину до 12 см, что при толщине стены 51 см составляет $12/51 \times 100\% = 24\%$, в отдельных плитах перекрытий имеются нормальные трещины с шириной раскрытия в растянутой зоне до 0,3 мм.

Варианты ответов.

- (!) к 4 категории (*Неудовлетворительное*)
- к 1 категории (*Нормальное состояние*)
- к 2 категории (*Удовлетворительное состояние*)
- к 5 категории (*Аварийное состояние*)
- к 3 категории (*Не совсем удовлетворительное состояние*)

Указание к выполнению.

Определение пригодности конструкций к эксплуатации производится на основании технической экспертизы. Порядок проведения технической экспертизы объектов недвижимости осуществляется в соответствии с СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.

Решение задачи.

Определяем категорию состояния конструкций: выветривание кладки стен соответствует 2 категории состояния. Однако для отдельных участков стен в

местах карнизов и водосточных труб с разрушением кладки 24% толщины стены категория состояния соответствует 4 категории; железобетонные плиты, имеющие трещины шириной 0,3 мм, имеют 2 категорию состояния. По максимальному повреждению на основании табл. 1 техническое состояние здания по надежности относится к 4 категории (неудовлетворительное).

Ответ: Для продолжения эксплуатации требуется провести ремонт по устранению разрушенной кладки стен.

Задания для самостоятельного решения.

Требуется определить категорию технического состояния многоэтажного железобетонного каркасного общественного здания по данным визуального экспресс обследования. Для решения практического задания №1 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 2 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 2

Варианты результатов экспресс обследования

Вариант	Толщина стены, мм	Максимальное разрушение кирпичной кладки несущих стен, мм	Максимальный размер трещин в плитах перекрытий, мм.
1	640	100	0,3
2	510	80	0,4
3	380	60	0,03
4	640	75	0,25
5	510	40	0,01
6	380	30	0,2
7	640	62	0,5
8	510	45	0,05
9	380	24	0,1
10	640	35	0,3
11	510	90	0,4
12	380	48	0,03
13	640	25	0,25
14	510	98	0,01
15	380	15	0,2
16	640	80	0,5
17	510	73	0,05
18	380	39	0,1
19	640	110	0,3
20	510	100	0,4
21	380	80	0,03
22	640	60	0,25

23	510	75	0,01
24	380	40	0,2
25	640	30	0,5
26	510	62	0,05
27	380	45	0,1
28	640	24	0,3
29	510	35	0,4
30	380	90	0,03

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2

2.1 Расчет физического износа конструктивного элемента

Методические указания к решению задачи.

Физический износ строительных конструкций определяется на основании требований ВСН 53-86 (р) «Правила оценки физического износа жилых зданий». Физический износ конструктивного элемента следует определять по формуле:

$$\Phi_k = \sum \Phi_i P_i / P_k, \quad (1)$$

где Φ_k – физический износ конструктивного элемента, %; Φ_i – физический износ участка конструктивного элемента, определяемый по ВСН 53-86(р); P_i – размеры поврежденного участка, м или м²; P_k – полные размеры конструкций, м или м².

Физический износ отдельных конструкций, элементов, систем или их участков следует оценивать путем сравнения признаков физического износа, выявленных в результате визуального и инструментального обследования, с их значениями, приведенными в ВСН 53-86(р) табл.1 - 71.

Условие задачи.

При обследовании деревянных сборно-щитовых стен выявлены следующие признаки износа:

1-й участок - искривление линии цоколя, щели между щитами, гниль в отдельных местах, перекося щитов местами. Повреждения на площади около 30%;

2-й участок - заметное искривление цоколя, гнили, других повреждений нет;

3-й участок - щели между щитами, повреждение древесины гнилью на площади до 30%.

Оценить физический износ отдельных участков конструктивного элемента в соответствии с ВСН 53-86(р), табл. 6.

Варианты ответов.

1-й участок - 80%, 2-й участок - 20%, 3-й участок - 25%

1-й участок - 50%, 2-й участок - 30%, 3-й участок - 75%

(!) 1-й участок - 40%, 2-й участок - 30%, 3-й участок - 35%

1-й участок - 20%, 2-й участок - 40%, 3-й участок - 35%

1-й участок - 30%, 2-й участок - 50%, 3-й участок - 25%

Указание к выполнению.

При оценке физического износа конструктивного элемента используем ВСН 53-86 (р) Правила оценки физического износа жилых зданий.

Решение задачи.

При обследовании полов из керамической плитки выявлено отсутствие отдельных плиток и местами их отставание на площади 43% от всей осмотренной площади пола. По ВСН 53-86 (р), табл. 49 определяем, что значение физического износа пола находится в интервале 21-40%, с распространением повреждений на площади от 20 до 50%.

Для оценки физического износа осмотренного участка производим интерполяцию значений. Размер интервала значений физического износа 21-40% составляет 20%. Размер интервала 20-50% площади повреждения, характерной для данного интервала значений физического износа составляет 31%.

Изменение физического износа с увеличением площади повреждения на 1% составит 20/30%.

Физический износ участка, имеющего повреждения на площади 43%, определяем путем интерполяции: $21 + 20/30 \times 23 = 35,8\%$.

Округляя значение, получим физический износ участка пола 35%.

Задания для самостоятельного решения.

Для решения практического задания №2 п.2.1 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 3 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 3

Варианты признаков износа конструктивных элементов

Вариант	Конструктивный элемент	Признаки износа 1 участок	Признаки износа 2 участок	Признаки износа 3 участок
1	Стены кирпичные с облицовкой керамическими блоками и плитками (табл.11 ВСН 53-86 (р))	Отслоение облицовки от кладки, трещины в швах, следы влаги в местах отсутствия облицовки	Трещины на откосах проемов, отслоение облицовки и выпадение отдельных элементов на фасаде	Мелкие единичные трещины и местные выбоины в керамике
2	Стены из несущих панелей (табл.15 ВСН 53-86 (р))	Массовое отслоение, выветривание раствора из стыков, повреждение облицовки	Промерзание стен, разрушение заделки стыков	Трещины, выветривание раствора из стыков, мелкие повреждения облицовки
3	Стойки деревянные (табл.17 ВСН 53-86 (р))	Поражение гнилью наружных слоев древесины, значительные разрывы и местные повреждения древесины	Сильное поражение гнилью, трещины, расслоение древесины, прогиб, разрыв волокон древесины	Небольшой продольный изгиб, местные повреждения древесины
4	Стены из крупноразмерных блоков и однослойных несущих панелей (табл.13 ВСН 53-86 (р))	Отслоение и выветривание раствора в стыках, следы протечек через стыки внутри здания, трещины	Диагональные трещины по углам простенков, вертикальные трещины по перемычкам, в местах установки балконных плит	Вертикальные широко раскрытые трещины в стыках и перемычках, нарушение связи между отдельными участками стен
5	Столбы кирпичные (табл.18 ВСН 53-86 (р))	Выпучивание и отклонение от вертикали, сквозные трещины разных направлений	Трещины в кладке и штукатурке, выветривание швов, отдельные отколы	Выветривание швов, ослабление кирпичной кладки, смятие кирпича под опорными подушками
6	Перегородки фибролитовые (табл.25 ВСН 53-86 (р))	Заметные отклонения от вертикали, сквозные трещины в местах сопряжения со смежными конструкциями	Разрушение плит, горизонтальные и вертикальные деформации перегородок, отклонение от вертикали	Ощутимая зыбкость перегородок, трещины между плитами и в местах сопряжений плит со стойками каркаса
7	Деревянные сборно-щитовые стены (табл.6 ВСН 53-86 (р))	Мелкие повреждения наружной обшивки щитов	Перекося оконных и дверных проемов, деформация стен, поражение древесины гнилью, увлажнение древесины	Незначительный перекося стен, поражение гнилью нижней части щитов и обвязки, образование щелей
8	Стены из слоистых железобетонных панелей	Трещины, выбоины, отслоение защитного слоя бетона	Горизонтальные трещины в простенках	Отслоение раствора в стыках, трещины

	тонных панелей(табл.14 ВСН 53-86 (р))	слоя бетона, местами протечки и промерзание в стыках	ках и вертикальные вперемычках, выпучиваниебетонных слоев	на наружной поверхности, следы протечек в помещениях
9	Фундаменты столбчатые деревянные с забиркой (табл.1 ВСН 53-86 (р))	Искривление горизонтальных линий цоколя, коробление и повреждение отдельных досок забирки	Искривление горизонтальных линий стен, осадка отдельных участков здания	Разрушение отдельного слоя цоколя, ослабление врубок
10	Колонны железобетонные (сборные и монолитные) (табл.19 ВСН 53-86 (р))	Трещины в растянутой и сжатой зонах, по периметру основания и на уровне консоли, отслоение защитного слоя бетона.	Трещины в растянутой зоне по всей высоте колонны, по краям консоли и колонны, отколы и выбоины	Оголение арматуры и нарушение ее сцепления с бетоном, глубокие сколы бетона в основании, искривление колонны
11	Стены деревянные каркасные(табл.7 ВСН 53-86 (р))	Продуваемость и следыпромерзания стен, повреждениеобшивки или отпадение штукатурки в угловых участках	Обшивка покориби-лась, растрескалась и местами отстала, штукатурка отпала	Выпучивание наружной обшивки иштукатурки, отставание досок. Значительное повреждение каркаса,
12	Перегородки несущие панельного типа (табл.20 ВСН 53-86 (р))	Глубокие трещины и выкрошивание раствора в местах сопряжения со смежными конструкциями	Большие сколы и сквозные трещины в панелях в местах примыкания к перекрытиям, выбоины	Трещины в местах сопряжений с плитами перекрытий и заполнениями дверных проемов
13	Перекрытия деревянные неоштукатуренные (табл.26 ВСН 53-86 (р))	Небольшие трещины, частичное скалывание в узлах соединений балок с настилом, прогиб балок и прогонов	Расслоение древесины, полное или частичное скалывание в узлах сопряжений балок	Сильное поражение древесины гнилью, появление продольных и поперечных трещин
14	Фундаменты столбчатые каменные с кирпичным цоколем (табл.2 ВСН 53-86 (р))	Перекосы, выпучивание цоколя, трещины в цоколе, трещины, сколы и выпадение камней в надземной части столбов	Мелкие повреждения цокольной части – трещины, местные выбоины	Трещины, сколы, выпадение отдельных камней в надземной части цоколя и фундаментных столбов
15	Перекрытия деревянные оштукатуренные (табл.27 ВСН 53-86 (р))	Следы протечек на потолке, перенасыщение засыпки влагой, обмазка местами разрушилась	Глубокие трещины в местах сопряжений балок с несущими стенами, следы увлажнений	Ощутимая зыбкость, диагональные трещины на потолке
16	Стены рубленые из бревен и брусчатые (табл.8 ВСН 53-86 (р))	Выпучивание стен и прогибы, неравномерная осадка, перекосдверных и оконных косяков, поражение гнилью, осадка углов	Деформация стен, повреждениевенцов гнилью и трещинами	Полное нарушение жесткости сруба, образование трещин, поражениегнилью

17	Перекрытия из кирпичных сводов по стальным балкам (табл.28 ВСН 53-86 (р))	Глубокие трещины в средней части сводов вдоль балок, расшатывание отдельных кирпичей, выщелачивание раствора в швах	Выщелачивание раствора в швах, выщелачивание раствора в швах, выпадение отдельных кирпичей, коррозия балок	Трещины в средней части сводов вдоль балок
18	Перегородки кирпичные (табл.21 ВСН 53-86 (р))	Трещины на поверхности, глубокие трещины в местах сопряжений со смежными конструкциями	Выпучивание и заметное отклонение от вертикали, сквозные трещины, выпадение кирпичей	Трещины в местах сопряжений с потолками, редкие сколы
19	Фундаменты ленточные каменные (табл.3 ВСН 53-86 (р))	Выпучивание и заметное искривление цоколя, сквозные трещины в цоколе, с развитием навсю высоту здания	Мелкие трещины в цоколе и подокнами первого этажа	Массовые прогрессирующие сквозные трещины на всю высоту здания
20	Перегородки деревянные оштукатуренные (табл.23 ВСН 53-86 (р))	Глубокие трещины и зазоры в местах сопряжений со смежными конструкциями, диагональные трещины в штукатурном слое	Ощутимая зыбкость, отклонение от вертикали, трещины в местах сопряжения со смежными конструкциями	Мелкие трещины и отслоение штукатурки местами
21	Перекрытия из двухскорлупных железобетонных прокатных панелей (табл.29 ВСН 53-86 (р))	Отдельные глубокие трещины в нижних плитах и в местах опирания плит, прогибы	Усадочные трещины в нижних плитах	Отпадение фактурного слоя местами
22	Стены деревянные рубленые, каркасные и брусчатые с наружной облицовкой кирпичом (табл.9 ВСН 53-86 (р))	Выпучивание облицовки местами, выветривание раствора из швов, трещины в кирпичной кладке	Массовые выпучивания соотпадением штукатурки или выветриванием раствора из швов, выпадение отдельных кирпичей	Выпадение кирпичей из кладки, неравномерные осадки, поражение древесины гнилью
23	Перекрытия из сборного железобетонного настила (табл.30 ВСН 53-86 (р))	Значительное смещение плит перекрытий относительно друг друга по высоте, следы протечек	Поперечные трещины в плитах без оголения арматуры, прогиб	Трещины в плитах, следы протечек или промерзаний на плитах и на стенах в местах опирания
24	Стены из мелких блоков, искусственных и естественных камней (табл.12 ВСН 53-86 (р))	Выветривание швов отдельных камней, трещины в швах или отпадение штукатурки местами, сколы краев камней, глубокие трещины в карнизе	Сквозные трещины и выпадение камней в перемычках, карнизах и углах здания, незначительные отклонения от вертикали и выпучивание отдельных участков стен	Выветривание швов или трещины в штукатурке местами, коррозия металлических обделок выступающих частей

25	Фундаменты ленточные крупноблочные (табл.4 ВСН 53-86 (р))	Трещины в швах между блоками, высолы и следы увлажнения стенподвала	Мелкие трещины в цоколе, местные нарушения штукатурного слояцоколя и стен	Массовые повреждения иразрушение блоков, прогрессирующие сквозные трещины на всю высоту здания
26	Перегородки гипсобетонные и шлакобетонные (табл.24 ВСН 53-86 (р))	Глубокие или сквозные трещины в местах сопряжений со смежными конструкциями	Выбоины и сколы, нарушение связей между отдельными плитами перегородок. Деформация каркаса	Мелкие трещины в местах сопряжения перегородок с перекрытиями, редкие сколы
27	Стены кирпичные(табл.10 ВСН 53-86 (р))	Отслоение и отпадение штукатурки стен, карнизов и перемычек, выветривание швов	Массовое отпадение штукатурки, выветривание швов, ослабление кирпичной кладки	Разрушение кладки местами
28	Перекрытия из сборных и монолитных сплошных плит (табл.31 ВСН 53-86 (р))	Трещины в плитах попереk рабочего пролета или множественные усадочные	Трещины, прогибы, следы протечек или промерзаний в местах примыканий к наружным стенам	Развивающиеся трещины у опорных участков плит, прогибы
29	Перегородки деревянные неоштукатуренные (табл.22 ВСН 53-86 (р))	Зыбкость, отклонение от вертикали, щели и зазоры в местах сопряжения со смежными конструкциями	Мелкие повреждения и трещины	Увлажнение древесины перегородок, поражение гнилью. Выпучивание перегородок в вертикальной плоскости
30	Фундаменты свайные столбчатые каменные, бетонные и железобетонные(табл.5 ВСН 53-86 (р))	Трещины в цокольной части здания	Искривление горизонтальных линий цоколя без признаков увеличенияосадочных деформаций	Развитие сквозных трещин в стенах здания, разрушение цоколя, развитие деформаций фундаментов

2.2. Определение физического износа системы центрального отопления

Методические указания к решению задачи.

Основными признаками износа системы центрального отопления являются:

1. Ослабление прокладок и набивки запорной арматуры, нарушения окраски отопительных приборов и стояков, нарушение теплоизоляции магистралей в отдельных местах. Физический износ составит 0-20%.

2. Капельные течи в местах врезки запорной арматуры, приборов и в секциях отопительных приборов; отдельные хомуты на стояках и магистральных; значительные нарушения теплоизоляции магистралей; следы ремонта калориферов. Физический износ составит 21-40 %.

3. Капельные течи в отопительных приборах и местах их врезки; следы протечек в отопительных приборах, следы их восстановления, большое количество хомутов на стояках и магистральных, следы их ремонта отдельными местами и выборочной заменой; коррозия трубопроводов магистралей; неудовлетворительная работа калориферов. Физический износ составит 41-60 %.

4. Массовое повреждение трубопроводов (стояков и магистралей), сильное поражение ржавчиной, следы ремонта отдельными местами (хомуты, заварка), неудовлетворительная работа отопительных приборов и запорной арматуры, их закипание; значительное нарушение теплоизоляции трубопроводов. Физический износ составит 61-80%.

Условие задачи.

Дом полносборный, 5-этажный, срок эксплуатации - 18 лет.

Система центрального отопления выполнена с верхней разводкой из стальных труб и конверторов. При осмотре выявлено: капельные течи у приборов и в местах их врезки до 20%, большое количество хомутов на магистрали в техническом подполье (до двух на 10 м), имеются отдельные хомуты на стояках, замена в двух местах трубопроводов длиной до 2 м, значительная коррозия. Три года назад заменены калориферы и 90% запорной арматуры.

Варианты ответов.

35%

55%

25%

15%

(!) 45%

Указание к выполнению. Определение физического износа системы центрального отопления по ВСН 53-86(р), табл.66.

Решение задачи.

Определяем физического износа системы центрального отопления. Заполняем рабочую таблицу.

Таблица 4

Физический износ системы центрального отопления

Элементы системы	Удельный вес в восстановительной стоимости системы центрального отопления, %	Срок эксплуатации, лет по графику, %i	Физический износ элементов по графику, %	Расчетный физический износ, Фс, %
Магистраль	25	18	60	15
Стояки	27	18	40	10,8
Отопительные приборы	40	18	40	16
Запорная арматура	7	3	30	2,1
Калориферы	1	3	25	0,4

Ответ: Физический износ центрального отопления - 44,3%. Принимается физический износ системы 45%.

Задания для самостоятельного решения.

Для решения практического задания №2 п.2.2 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 5 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 5

Варианты удельного веса элементов системы центрального отопления

Варианты	Удельный вес в восстановительной стоимости системы центрального отопления, %				
	Магистраль	Стояки	Отопительные приборы	Запорная арматура	Калориферы
1.	27	25	35	10	2
2.	24	20	30	7	3
3.	25	22	33	9	1
4.	23	24	32	8	4
5.	26	23	34	12	5
6.	22	19	30	11	2
7.	20	18	27	10	3
8.	21	20	24	9	1
9.	25	27	25	6	4
10.	20	24	23	10	5
11.	22	25	26	7	2
12.	24	23	24	9	3
13.	23	26	20	8	1
14.	19	22	21	12	4

15.	18	20	23	11	5
16.	20	21	22	10	2
17.	23	19	25	9	3
18.	26	22	20	6	1
19.	24	19	22	10	4
20.	20	25	24	7	5
21.	21	20	23	9	2
22.	23	22	19	8	3
23.	22	24	18	12	1
24.	25	23	20	11	4
25.	23	19	26	10	5
26.	20	18	25	9	2
27.	27	20	25	6	3
28.	24	25	20	10	2
29.	25	20	22	7	3
30.	22	25	30	11	1

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3

3.1. Определение несущей способности железобетонного прямоугольного прогона

Методические указания к решению задачи.

Расчёты выполняются с целью выявления: возможности дальнейшей эксплуатации конструкций без ограничений; возможности ограниченной эксплуатации конструкций до плановых ремонтно-восстановительных работ; необходимости немедленного прекращения эксплуатации для ликвидации аварийной ситуации.

На основании выполнения поверочных расчётов и анализа их результатов делается вывод о категории технического состояния этих конструкций и может быть принято решение об их дальнейшей эксплуатации. В случае если усилия, действующие на конструкцию превышают её несущую способность, то состояние такой конструкции должно быть признано недопустимым или аварийным, для дальнейшей эксплуатации необходимо провести усиление.

Определяем высоту сжатой зоны бетона, исходя из условия, что прогон армирован только растянутой арматурой, по формуле:

$$x = R_s A_s / R_b b \quad (2)$$

Проверяем условие

$$x/h_0 < \xi_R. \quad (3)$$

Для расчёта несущей способности используем формулу:

$$M \leq R_S A_S (h_0 - 0,5x) \quad (4)$$

при $x \leq \xi_R h_0$.

Условие задачи.

Выполнить поверочный расчёт железобетонного прямоугольного прогона, для которого в результате обследования установлены следующие параметры: сечение имеет размеры $b = 20$ см, $h = 50$ см, $h_0 = 46,5$ см; бетон класса В20 ($R_b = 11,5$ МПа); арматура $A_S = 10,17$ см² (4Ø18 А240); расчётное сопротивление арматуры $R_S = 280$ МПа; максимальный изгибающий момент, действующий на прогон $M_{изг} = 135$ кН·м.

Варианты ответов.

$$M = 110 \text{ кН·м} < M_{изг} = 135 \text{ кН·м}$$

$$(!) M = 114,79 \text{ кН·м} < M_{изг} = 135 \text{ кН·м}$$

$$M = 134 \text{ кН·м} < M_{изг} = 135 \text{ кН·м}$$

$$M = 149 \text{ кН·м} < M_{изг} = 135 \text{ кН·м}$$

$$M = 114 \text{ кН·м} < M_{изг} = 135 \text{ кН·м}$$

Указание к выполнению.

Определение несущей способности эксплуатируемой конструкции проводится поверочным расчётом с учётом фактических характеристик материалов, принимаемых по СП 63.13330.2018 «СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» для расчёта по первой группе предельных состояний. Площади арматуры подбираются по Сортаменту.

Решение задачи

Определяем высоту сжатой зоны бетона, исходя из условия, что прогон армирован только растянутой арматурой, по формуле (4):

$$x = R_S A_S / R_b b = 280 \cdot 10,17 / 11,5 \cdot 20 = 12,38 \text{ см.}$$

Проверяем условие $x/h_0 \leq \xi_R$ (4).

По таблице принимаем $\xi_R = 0,60$.

Таблица 6

Значения ξ_R

Значения ξ_R			
Класс арматуры	Класс бетона		
	B10	B12,5-B22,5	B25 и выше
A 240	0,7	0,55	0,60
A300, A400	0,65	0,60	0,50

$x/h_0 = 12,38/46,5 = 0,27 < 0,60$, для расчёта несущей способности используем формулу (5):

$$M = 280 \cdot 10,17(46,5 - 0,5 \cdot 12,38) = 114\,787 \text{ Н} \cdot \text{м} = 114,79 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Ответ: Так как $M = 114,79 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_{\text{изг}} = 135 \text{ кН} \cdot \text{м}$, остаточного ресурса недостаточно, прогон требует усиления.

Задания для самостоятельного решения.

Для решения практического задания №3п.3.1 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 7 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 7

Результаты обследования железобетонной конструкции по вариантам

Вариант	Класс арматуры	Класс бетона	b , см	h , см	h_0 , см	$M_{\text{изг}}$, кН·м
1	4Ø10A300	B10	20	50	46,5	140
2	4Ø8A400	B12,5	25	55	51,2	135
3	4Ø14A300	B15	30	60	56,6	120
4	4Ø16A400	B20	35	65	59,2	143
5	4Ø20 A400	B22,5	40	70	66,5	125
6	4Ø20 A300	B25	45	75	69,1	118
7	4Ø22A400	B30	50	80	74,2	138
8	4Ø20 A400	B12,5	20	50	46,5	129
9	4Ø10 A300	B15	25	55	51,2	133
10	4Ø10 A400	B20	30	60	56,6	122
11	4Ø12 A400	B22,5	35	65	59,2	140
12	4Ø14 A300	B25	40	70	66,5	135
13	4Ø16 A400	B30	45	75	69,1	120
14	4Ø20 A300	B10	50	80	74,2	143
15	4Ø22A400	B12,5	20	50	46,5	125
16	4Ø18A300	B15	25	55	51,2	118
17	4Ø16A400	B20	30	60	56,6	138
18	4Ø14A400	B22,5	35	65	59,2	129
19	4Ø12A300	B25	40	70	66,5	133
20	4Ø10 A400	B30	45	75	69,1	122
21	4Ø8A400	B12,5	50	80	74,2	140
22	4Ø22A300	B15	20	50	46,5	135
23	4Ø18A400	B20	25	55	51,2	120
24	4Ø16A400	B22,5	30	60	56,6	143

25	4Ø14A300	B25	35	65	59,2	125
26	4Ø16A400	B30	40	70	66,5	118
27	4Ø14A300	B10	45	75	69,1	138
28	4Ø12A400	B12,5	50	80	74,2	129
29	4Ø10 A300	B15	20	50	46,5	133
30	4Ø8A400	B20	25	55	51,2	122

3.2. Определение несущей способности каменной конструкции

Методические указания к решению задачи.

В задаче выполняется поверочный расчёт кирпичного столба, опирающегося на монолитные железобетонные перекрытия, заделанные в кладке, неподвижные в горизонтальном направлении. Проверку несущей способности производим для центрального сжатия. Для обеспечения несущей способности необходимо выполнить условие

$$N \leq \Phi = m_g \varphi R A \quad (5)$$

где Φ – несущая способность; R – расчётное сопротивление кладки сжатию; φ – коэффициент продольного изгиба; A – площадь сечения элемента; m_g – коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки.

Условие задачи.

При обследовании установлено: столб в момент обследования центрально нагружен силой $N_\phi = 150$ кН; высота столба 3,5 м; сечение 51×51 см; кладка столба из глиняного кирпича марки 75 на цементно-известковом растворе марки 10. Разрушений и повреждений столб не имеет. Определить несущую способность каменной конструкции.

Варианты ответов.

$$N_\phi = 140 \text{ кН} < \Phi = 173 \text{ кН}$$

$$N_\phi = 130 \text{ кН} < \Phi = 173 \text{ кН}$$

$$(!) N_\phi = 150 \text{ кН} < \Phi = 173 \text{ кН}$$

$$N_\phi = 160 \text{ кН} < \Phi = 173 \text{ кН}$$

$$N_\phi = 170 \text{ кН} < \Phi = 173 \text{ кН}$$

Указание к выполнению.

Определение несущей способности каменной конструкции выполняется в соответствии СП 15.13330.2017 «Каменные и армокаменные конструкции».

Решение задачи.

Определяем расчётную высоту столба $l_0 = 0,8H = 0,8 \cdot 3,5 = 2,8$ м.

Определяем гибкость столба $\lambda = l_0 / b = 280/51 = 5,5$.

Упругая характеристика кладки при марке раствора 10 по СП 15.13330.2017 равна $\alpha = 500$. По значениям α и λ по СП 15.13330.2017 определяем значение коэффициента продольного изгиба $\varphi = 0,925$. Расчётное сопротивление кладки при марки кирпича 75 и марки раствора 10 равна $R = 0,9$ МПа. Площадь столба $A = 51 \times 51 = 0,26$ м². Так как $A = 0,26$ м² < $0,3$ м², коэффициент условий работы к расчётному сопротивлению R равен $\gamma_c = 0,8$. Коэффициент длительной нагрузки при нулевом эксцентриситете равен $m_g = 1$.

Несущая способность $\Phi = 1 \cdot 0,925 \cdot 0,9 \cdot 0,26 \cdot 103 = 173$ кН.

Так как $N_{\phi} = 150$ кН < $\Phi = 173$ кН, прочность столба обеспечена.

Задания для самостоятельного решения. Для решения практического задания №3 п.3.2 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 8 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 8

Исходные данные для поверочного расчёта кирпичного столба

Вариант	Нагрузка N_{ϕ} , кН	Высота столба, Н м	Ширина столба, мм
1	140	2,8	640×640
2	145	2,6	510×510
3	150	3	380×380
4	152	3,1	640×640
5	155	3,2	510×510
6	158	2,7	380×380
7	160	3,3	640×640
8	162	2,8	510×510
9	165	2,6	380×380
10	168	3	640×640
11	170	3,1	510×510
12	172	3,2	380×380
13	175	2,7	640×640
14	177	3,3	510×510
15	180	2,8	380×380
16	184	2,6	640×640
17	186	3	510×510
18	190	3,1	380×380
19	200	3,2	640×640
20	210	2,7	510×510
21	140	3,3	380×380

22	145	2,8	640×640
23	150	2,6	510×510
24	152	3	380×380
25	155	3,1	640×640
26	158	3,2	510×510
27	160	2,7	380×380
28	162	3,3	640×640
29	165	2,8	510×510
30	168	2,6	380×380

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Оценка остаточного ресурса инженерной системы с учетом коррозионной опасности среды эксплуатации

Методические указания к решению задачи.

Газопроводы-отводы могут отличаться между собой не только тем, какие материалы были использованы при строительстве газопроводных труб, какой у них срок службы, но и тем давлением газа, которое подается по этим трубам.

Исходя из этого, различают несколько категорий газопроводов:

1. Первая категория — газопроводы высокого давления. Давление газа в трубах будет наивысшим, составляя порядка 0,6 - 1,2 МПа.
2. Вторая категория — газопроводы высокого давления. Давление в данной категории от 0,3 до 0,6 МПа.
3. Газопроводы среднего давления. Показатели здесь будут порядка 0,005 - 0,3 МПа.
4. Газопроводы низкого давления. Значения этого низкого давления будут не более 0,005 МПа.

В зданиях эксплуатируемого фонда жилищно-коммунального комплекса применялись исключительно стальные трубы для этих нужд, толщина и прочность которых были различного значения, от низкого и выше, что естественно влияло на их срок службы.

При подземных прокладках, когда осуществляется укладка газопровода глубоко в земле, толщина стенок должна быть не менее 3 мм. Диаметр должен

быть равен 50 мм и более, если производится укладка распределительных сетей.

Критериями опасности коррозии инженерных сооружений являются:

- коррозионная агрессивность среды (грунтов, грунтовых и других вод) по отношению к металлу сооружения (включая биокоррозионную агрессивность грунтов);
- опасное действие блуждающего постоянного и переменного токов.

Определяем начальное кольцевое и фактически действующее кольцевое напряжения с учетом утончения стенки трубы по РД 12-411-01 «Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов»:

$$\sigma_{\text{кц0}} = \frac{P(D - 2h_0)}{2h_0} \quad (6)$$

$$\sigma_{\text{кцф}} = \frac{P(D - 2h_T)}{2h_T} \quad (7)$$

где D - наружный диаметр газопровода, мм; P - внутреннее давление, МПа; $\sigma_{\text{кц0}}$ - начальное кольцевое напряжение, МПа; $\sigma_{\text{кцф}}$ - фактически действующие кольцевые напряжения, МПа, с учетом утончения стенки трубы при сплошной коррозии; h_0 - толщина стенки трубы в начале эксплуатации, мм; h_T - толщина стенки трубы в зоне наибольших повреждений (дефекта), мм.

Определяем максимальное время до разрушения ненапряженного элемента:

$$t_0 = \frac{h_0}{V_K} \left(1 - \frac{\sigma_{\text{кц0}}}{\sigma_{\text{кцр}}} \right), \quad (8)$$

где V_K - средняя скорость коррозии в мм/год, определяемая по формуле:

$$V_K = \frac{h_0 - h_T}{t_\Phi} \quad (9)$$

$\sigma_{\text{кцр}}$ - допускаемое рабочее кольцевое напряжение в МПа; t_Φ - фактическое время эксплуатации газопровода до начала диагностирования, год.

Находим остаточный срок службы:

$$t_{\text{ост}} = t_0 \exp \left(- K_N \cdot 0,5 \left(\frac{\sigma_{\text{кцф}}}{\sigma_{\text{кцр}}} \right)^{0,5} \sigma_{\text{кцр}} \right) - t_\Phi, \quad (10)$$

где K_n - константа рабочей среды в МПа(-1), определяемая по формуле:

$$K_n = \frac{V}{RT} \quad (11)$$

где V - мольный объем стали, равный 7,0 см³/моль;

R - универсальная газовая постоянная, равная 8,31 $\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \times \text{К}}$;

T - температура T_f (К), при 20°C = 293К.

Условие задачи.

При обследовании технического состояния участка трубопровода диаметром 219 мм установлено: материал - Ст3 (группа А), $\sigma_T = 216$ МПа, $\sigma_B = 362$ МПа, $\delta_0 = 6$ мм, внутреннее давление $P = 1,2$ МПа, время эксплуатации $t_f = 30$ лет, грунт - суглинок, обнаружена общая (фронтальная) коррозия, толщина стенки трубы в зоне наибольших повреждений (дефекта) $\delta_T = 3,84$ мм.

Варианты ответов.

(!)35,9

40,5

25,3

30,4

32,6

Указание к выполнению.

Расчет остаточного срока службы газопровода при действии фронтальной коррозии по РД 12-411-01 «Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов».

Решение задачи.

Начальное кольцевое и фактически действующее кольцевое напряжения с учетом утонения стенки трубы по (6) и (7)

$$\sigma_{кц0} = 1,2 \times (0,219 - 2 \times 0,006) / (2 \times 0,006) = 20,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{кцф} = 1,2 \times (0,219 - 2 \times 0,006) / (2 \times 0,00384) = 32,34 \text{ МПа}.$$

Определяем максимальное время до разрушения ненапряженного элемента по (8):

$$t_0 = (6/0,072) \times (1 - 20,7/162) = 72,7 \text{ года.}$$

Определяем среднюю скорость коррозии по (9):

$$V_k = 2,16/30 = 0,072 \text{ мм/год.}$$

Находим остаточный срок службы по (10):

$$t_{\text{ост}} = 72,2 \exp\left(-7/(8,31 \times 293) \times 0,5 \times 162 \times (32,34/162)^{0,5}\right) - 30 = 65,9 - 30 = 35,9 \text{ лет.}$$

Задания для самостоятельного решения. Для решения практического задания №4 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 9 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 9

Варианты результатов обследования технического состояния участка трубопровода

Вариант	Марка стали (группа)	Минимальные нормативные механические характеристики		Толщина стенки трубы в зоне наибольших повреждений δ_T , мм	Время эксплуатации t_{Φ} , лет
		Предел текучести σ_T , МПа	Временное сопротивление σ_B , МПа		
1	Ст2 (Б)	196	314	4,51	30
2	Ст3 (А)	216	362	3,64	25,5
3	Ст4 (А)	216	362	4,48	20
4	Ст2 (Б)	196	314	3,84	22
5	Ст3 (А)	216	362	4,40	27
6	Ст4 (А)	216	362	3,71	30,5
7	Ст2 (Б)	196	314	4,29	32
8	Ст3 (А)	216	362	3,62	35,5
9	Ст4 (А)	216	362	4,32	40
10	Ст2 (Б)	196	314	3,79	23
11	Ст3 (А)	216	362	4,24	34
12	Ст4 (А)	216	362	3,94	28,5
13	Ст2 (Б)	196	314	4,55	33
14	Ст3 (А)	216	362	3,94	26
15	Ст4 (А)	216	362	4,14	37
16	Ст2 (Б)	196	314	3,25	25
17	Ст3 (А)	216	362	4,64	27,5
18	Ст4 (А)	216	362	3,58	41
19	Ст2 (Б)	196	314	4,01	33
20	Ст3 (А)	216	362	3,78	30
21	Ст4 (А)	216	362	4,84	25,5
22	Ст2 (Б)	196	314	3,95	20
23	Ст3 (А)	216	362	4,84	22
24	Ст4 (А)	216	362	3,88	27
25	Ст2 (Б)	196	314	4,26	30,5

26	Ст3 (А)	216	362	3,77	32
27	Ст4 (А)	216	362	4,15	35,5
28	Ст2 (Б)	196	314	3,44	40
29	Ст3 (А)	216	362	4,22	23
30	Ст4 (А)	216	362	3,94	34

РАЗДЕЛ 2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5

Методы контроля микроклимата в производственном помещении

Методические указания к решению задачи.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 в производственных помещениях должен осуществляться контроль параметров микроклимата для соблюдения требований санитарных правил и проведением профилактических мероприятий, направленных на предупреждение возникновения заболеваний работающих в производственных помещениях, а также контроль за соблюдением условий труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма в течение рабочей смены. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения;
- нормируемые комплексные показатели микроклимата (ТНС-индекс - индекс тепловой нагрузки среды).

Условие задачи.

Определить нормируемые показатели микроклимата для помещения конструкторского бюро. Средняя температура наружного воздуха $+8^{\circ}\text{C}$.

Варианты ответов.

Вариант ответа №1 (!)

а) температура воздуха $t = 21\text{--}23^{\circ}\text{C}$; б) относительная влажность $\varphi = 40\text{--}60\%$; в) скорость движения воздуха $V = 0,1\text{ м/с}$.

Вариант ответа №2

а) температура воздуха $t = 15\text{--}17^{\circ}\text{C}$; б) относительная влажность $\varphi = 40\text{--}60\%$; в) скорость движения воздуха $V = 0,1\text{ м/с}$.

Вариант ответа №3

а) температура воздуха $t = 21\text{--}23^{\circ}\text{C}$; б) относительная влажность $\varphi = 30\text{--}80\%$; в) скорость движения воздуха $V = 0,5\text{ м/с}$.

Вариант ответа №4

а) температура воздуха $t = 19\text{--}21^{\circ}\text{C}$; б) относительная влажность $\varphi = 80\%$; в) скорость движения воздуха $V = 0,3\text{ м/с}$.

Вариант ответа №5

а) температура воздуха $t = 21\text{--}23^{\circ}\text{C}$; б) относительная влажность $\varphi = 40\text{--}60\%$; в) скорость движения воздуха $V = 0,5\text{ м/с}$.

Указание к выполнению.

Руководствоваться нормативными документами и прилагаемыми образцами, а также лекционным материалом.

Решение задания.

1. Нормируемые показатели микроклимата определяются по МУК 4.3.2756-10.
2. Так как среднесуточная температура наружного воздуха $+8^{\circ}\text{C}$, то период года холодный.
3. Работу, выполняемую в конструкторском бюро, можно отнести к категории легких Iб (работа, выполняемая сидя, стоя или связанная с ходьбой и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением, с энерготратами $140\text{--}174\text{ Вт}$).

4. Работу в конструкторском бюро можно отнести к работам операторского типа, связанную нервно-эмоциональным напряжением. Следовательно, в помещении должны создаваться оптимальные микроклиматические условия.

5. Таким образом, значения оптимальных показателей микроклимата будут определяться по табл. 1 СанПиН 2.2.4.548-96.

Задания для самостоятельного решения. Для решения практического задания №5 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 10 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 10

Варианты зданий/учреждений

Номер варианта	Температура наружного воздуха, °С	Категория работ
1	-10	Ia
2	-8	Ia
3	-6	Ia
4	-4	Ia
5	-2	Ia
6	0	Iб
7	+2	Iб
8	+4	Iб
9	+6	Iб
10	+8	Iб
11	+9	IIa
12	+10	IIa
13	+11	IIa
14	+12	IIa
15	+14	IIa
16	+16	IIб
17	+18	IIб
18	+20	IIб
19	+22	IIб
20	+24	IIб
21	-12	Iб
22	-14	Iб
23	-16	Iб
24	-18	Iб
25	-20	Iб

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

Оценка эффективности работы естественной вентиляции

Методические указания к решению задачи.

Воздухообмен жилых зданий является фактором, в значительной степени определяющим уровень воздушно-теплового комфорта и расход тепловой энергии. Под нормируемым воздухообменом следует понимать возмещение удаленного из квартир воздуха наружным в нормативном объеме. Нормируемый воздухообмен обычно характеризуется кратностью воздухообмена и обеспечивается при минимальной воздухопроницаемости внутренних ограждений, окон, балконных дверей. Кроме того, проводимость каналов естественной вентиляции как в целом для вертикали квартир, так и для каждого этажа должна соответствовать расчетной, а ограждения каналов должны иметь минимальную воздухопроницаемость. Таким образом, эффективность воздухообмена оценивается в целом по трем показателям: воздухопроницаемости окон, воздухопроницаемости ограждений, эффективности естественной вытяжной вентиляции.

В жилищном комплексе обычно принимается следующая схема вентиляции квартир: отработанный воздух удаляется непосредственно из зоны его наибольшего загрязнения, т.е. из кухонь, санитарных помещений посредством естественной вытяжной канальной вентиляции. Его замещение происходит за счет наружного воздуха, поступающего через неплотности наружных ограждений и посредством проветривания всех помещений в квартире.

При обследовании эксплуатируемого здания для оценки параметров воздухообмена применяются такие приборы, как анемометр, секундомер, линейка. Определяют скорость воздушного потока, проходящего через вентиляционную решетку. Оценка эффективности естественной вытяжной вентиляции осуществляется по количеству воздуха, проходящего через вентиляционные решетки:

$$Q = 3600 \cdot V_B \cdot F_{ж.с.} \quad (12)$$

где V_B — скорость воздушного потока, проходящего через вентиляционную решетку за 1 час, м/с; $F_{ж.с.}$ — живое сечение вентиляционной решетки, м².

Живое сечение принимается как 70–80% от площади вентиляционной решетки.

Условие задачи.

При испытаниях воздухообмена в квартире была определена скорость воздушного потока, проходящего через вентиляционную решетку, который составил в кухне 0,6 м/с, санузле 0,4 м/с, ванной комнате 0,25 м/с.

Требуется оценить эффективность естественной вентиляции при площади вентиляционных решеток во всех вентилируемых помещениях 20×20 см. Кухня оборудована 2х-конфорочной газовой плитой.

Варианты ответов.

(!) 60,5 м³/час; 25,2 м³/час; 40,3 м³/час

100 м³/час; 25 м³/час; 25 м³/час

60,5 м³/час; 25 м³/час; 25 м³/час

100 м³/час; 25,2 м³/час; 40,3 м³/час

100 м³/час; 60 м³/час; 40,3 м³/час

Указание к выполнению.

При определении живого сечения принимается самостоятельное решение о проценте заполнения вентиляционной решетки.

Решение задачи.

Требуемый воздухообмен определяется для каждого помещения по данным таблицы 9.1. СП 54.13330.2011 «Здания жилые многоквартирные». Для кухни с электроплитой 60 м³/час, для кухни с газовой плитой 100 м³/час, для ванной, душевой, санузла 25 м³/час, для жилых помещений 3 м³/час на 1 м² жилой площади.

Живое сечение вентиляционной решетки составляет $0,2 \times 0,2 \times 0,7 = 0,028 \text{ м}^2$.

Фактический расход воздуха через вентиляционную решетку за 1 час: в кухне $3600 \times 0,6 \times 0,028 = 60,5 \text{ м}^3/\text{час}$; в ванной комнате $3600 \times 0,25 \times 0,028 = 25,2 \text{ м}^3/\text{час}$; в санузле $3600 \times 0,4 \times 0,028 = 40,3 \text{ м}^3/\text{час}$.

Ответ: на кухне естественная вентиляция работает неэффективно, требуется устройство вентилятора для принудительной вентиляции помещения.

Задания для самостоятельного решения.

При испытаниях воздухообмена в квартире была определена скорость воздушного потока, проходящего через вентиляционную решетку (данные приведены в таблице). Требуется оценить эффективность естественной вентиляции.

Для решения практического задания №6 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 11 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 11

Варианты результатов обследования эксплуатируемого здания для определения воздухообмена в здании

Вариант	Скорость воздушного потока, м/с			Плита: газовая/электрическая	Число конфорок плиты	Площадь вент. решетки, см
	кухня	ванная комната	санузел			
1	0,7	0,6	0,5	г	4	15×15
2	0,5	0,5	0,4	г	4	10×10
3	0,6	0,3	0,6	э	3	15×15
4	0,4	0,4	0,3	э	4	15×15
5	0,3	0,7	0,7	г	4	10×10
6	0,4	0,8	0,8	г	6	10×10
7	0,5	0,5	0,7	г	4	15×15
8	0,6	0,4	0,6	г	4	10×10
9	0,7	0,3	0,5	э	4	10×10
10	0,8	0,6	0,4	э	6	10×10
11	0,5	0,7	0,6	э	4	10×10
12	0,4	0,5	0,5	г	4	10×10
13	0,6	0,6	0,3	г	4	10×10
14	0,3	0,4	0,4	г	6	10×10
15	0,7	0,3	0,7	э	6	10×10
16	0,8	0,4	0,8	э	3	15×15
17	0,7	0,5	0,5	э	4	15×15
18	0,6	0,6	0,4	г	4	15×15
19	0,5	0,7	0,3	г	3	15×15
20	0,4	0,8	0,6	г	3	15×15
21	0,8	0,7	0,5	г	4	10×10
22	0,5	0,8	0,4	г	4	10×10
23	0,4	0,7	0,6	г	6	10×10
24	0,6	0,5	0,7	э	3	15×15
25	0,7	0,4	0,8	э	4	15×15
26	0,5	0,6	0,7	г	4	10×10
27	0,6	0,7	0,6	г	3	10×10
28	0,4	0,8	0,5	г	4	10×10
29	0,3	0,7	0,3	г	4	15×15
30	0,6	0,6	0,6	г	4	15×15

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

Расчет температурно-влажностного режима ограждающих конструкций

Методические указания к решению задачи.

Расчет температурно-влажностного режима является частью теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий. Для помещений жилых и общественных зданий СНиПом установлены значения расчетной температуры и влажности внутреннего воздуха. Однако требуемые параметры обеспечиваются полностью лишь при кондиционировании воздуха. Зимой в жилых зданиях при надлежащем сопротивлении теплопередаче наружных ограждений отоплением обеспечиваются только температура внутреннего воздуха и поверхностей излучения. В летнее время искусственное регулирование микроклимата, как правило, не применяется. Расчетная температура и влажность внутреннего воздуха основных помещений жилых и общественных зданий для зимних условий представлены в таблице 12.

Таблица 12

Расчетная температура и влажность внутреннего воздуха

Наименование зданий и помещений	Температура внутреннего воздуха, °С	Относительная влажность внутреннего воздуха, %
Здания: жилые	18	5
Лечебные здания	20	55
Детские учреждения	20	60
Школы и лаборатории	16	45
Театры и клубы	18	50
Магазины	15	40

Температурно-влажностный режим помещений оказывает большое влияние на влажностное состояние материала и теплозащитные качества ограждения, а также на долговечность ограждения. Наибольшее увлажнение материала ограждения водяными парами внутреннего воздуха происходит за зимний период года. Влажностный режим внутренних помещений зданий в зависимости от относительной влажности внутреннего воздуха Φ_B подразделяется: на сухой $\Phi_B < 50\%$; нормальный $\Phi_B = 50-60\%$; влажный $\Phi_B = 61-75\%$; мокрый $\Phi_B > 75\%$.

Температура внутренней поверхности ограждения является одним из основных факторов, определяющих тепловой комфорт внутри здания. В зимнее

время температура внутренней поверхности ограждения в значительной мере зависит от температурных воздействий наружной среды на ограждающие конструкции здания, вызывающие соответствующие понижения или повышение температуры внутри здания.

Предельное минимальное значение температуры внутренней поверхности ограждения не должно быть ниже значения, определяемого по формуле:

$$\tau_B = t_B - \Delta t_H, \quad (13)$$

где t_B - расчетная температура внутреннего воздуха; Δt_H - нормируемый температурный перепад. Нормируемая величина Δt_H зависит от назначения здания и от температурно-влажностного режима его помещений представлена в таблице 13.

Таблица 13

Температурно-влажностный режим помещений

Виды зданий и помещения	Для наружных стен	Для бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий
Жилые помещения, помещения общественных зданий с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями (лечебные, дошкольные и школьные учреждения)	4,0	3,0
Помещения общественных и административных зданий с нормальным температурно-влажностным режимом (театры, офисные помещения, вокзалы и т.д.)	4,5	4,0
Отапливаемые помещения производственных зданий с расчетной влажностью внутреннего воздуха Менее 50 % От 50 до 60 %	≤ 7 $t_B - t_p$	≤ 6 $0,8 \cdot (t_B - t_p)$
Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м ³) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50%	12	12

Расчетная зимняя температура наружного воздуха

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций для зимних условий ведется по наиболее низким температурам наружного воздуха в течение ряда зим – средним температурам воздуха наиболее холодного интервала времени из восьми зим за 50-летний период.

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждения

Основным показателем теплозащитных качеств ограждающих конструкций является сопротивление теплопередаче ограждения R_0 ($R_0 = R_B + R_1 + R_2 + \dots + R_N$). Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $R_0^{\text{норм}}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), следует определять по формуле

$$R_0^{\text{норм}} = K_0^{\text{ТР}} \cdot m_p \quad (14)$$

где $R_0^{\text{ТР}}$ - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП), $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, региона строительства,

m_p - коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (14) принимается равным 1.

Градусо-сутки отопительного периода, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \quad (15)$$

где $t_{\text{от}}$, $z_{\text{от}}$ - средняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по СП 131.13330.2012 для жилых и общественных зданий для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C , а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более 10°C ;

t_B - расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^\circ\text{C}$.

В случаях реконструкции зданий, для которых по архитектурным или историческим причинам невозможно утепление стен снаружи, нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен допускается определять по формуле:

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{(t_B - t_H)nb}{\alpha_B \Delta t^H} \quad \text{или} \quad (16)$$

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{(t_B - t_H)nb}{\Delta t^H} R_B,$$

где t_B - расчётная температура внутреннего воздуха;

t_H - расчётная зимняя температура наружного воздуха;

Δt^H - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждения;

α_B - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции;

n - коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху;

b - коэффициент, учитывающий качество теплоизоляции наружного ограждения.

Значения коэффициента тепловосприятия $\alpha_{\text{в}} \text{ ограждения}$ представлены в таблице 14.

Таблица 14

Значения коэффициента тепловосприятия $\alpha_{\text{в}}$

Род поверхностей	$\alpha_{\text{в}}$, ккал/м ³ ·ч·град
Внутренние поверхности стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты ребер h к расстоянию a , между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
Внутренние поверхности потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
Окна	8,0

Значения коэффициента тепловосприятия $\alpha_{\text{н}} \text{ ограждения}$ представлены в таблице 15.

Таблица 15

Значения коэффициента тепловосприятия $\alpha_{\text{н}}$

Род поверхностей	$\alpha_{\text{н}}$, ккал/м ³ ·ч·град
Наружная поверхность стен, перекрытий над проездами и над холодными подпольями в Северной климатической зоне	23
Наружная поверхность перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с холодным воздухом, перекрытий над холодными подпольями и холодными этажами в Северной климатической зоне	17

Коэффициент n имеет следующие значения: для наружных стен, бесчердачных покрытий над проездами 1; для чердачных перекрытий 0,9; для перекрытий над холодными подвалами 0,75.

Величину коэффициента качества теплоизоляции b надлежит принимать равной:

а) для наружных ограждений, утепленных теплоизоляционными материалами с объемным весом $\gamma \leq 400 \text{ кг/м}^3$ $b = 1,1$;

б) для наружных ограждений, утепленных материалами, подверженными уплотнению, деформации при усадке (например, стиропор, минераловатные плиты, войлок и т. п.) $b = 1,2$. В остальных случаях величина коэффициента b принимается равной единице.

Условие задачи.

Определить требуемое сопротивление теплопередаче и соответствующую толщину трехслойной наружной стены жилого здания, возводимого в районе (у каждого варианта свой город). Наименование материалов: сухая штукатурка ($\delta = 1$ см, $\lambda = 0,15$ ккал/(мч°С)), фибролит цементный ($\gamma = 350$ кг/м³, $\lambda = 0,1$ ккал/(мч°С)), железобетонная плита ($\delta = 4$ см, $\lambda = 1,2$ ккал/(мч°С)). Средняя температура наиболее холодной однодневки: $t_H^I = -20^\circ\text{C}$.

Варианты ответов.

(!) 15 см

12 см

19 см

20 см

10 см

Указание к выполнению.

Измерение показателей микроклимата отапливаемых помещений в холодный период года следует выполнять при разности температур внутреннего и наружного воздуха, составляющей 50 % и более расчетной разности температур. Для теплого периода года измерение показателей микроклимата следует выполнять в наиболее жаркий месяц. Если воздух не содержит паров воды, то его абсолютная и относительная влажность равны 0. Предельное значение относительной влажности – 100%. Нормальной для человеческого организма считается влажность 60%.

Решение задачи.

Коэффициент тепловосприятия у внутренней поверхности ограждения $\alpha_B = 8,7$ ккал/(м² ч °С), у наружной поверхности $\alpha_H = 23$ ккал/(м² ч °С).

1. Находим требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{TP} :

а) задаемся ориентировочно показателем тепловой инерции ограждения $D < 4$, т.е. считаем конструкцию лёгкой;

б) поскольку $D < 4$, за расчетную температуру наружного воздуха принимаем среднюю температуру наиболее холодной однодневки $t_H^I = -30^\circ\text{C}$;

в) при $b = 1,1$ (для наружных ограждений, утепленных теплоизоляционными материалами с объемным весом $\gamma \leq 400 \text{ кг/м}^3$) и $n = 1$ (для наружных стен), при температуре внутреннего воздуха для жилого здания $t_B = 18^\circ\text{C}$, при нормируемом температурном перепаде для жилого здания $\Delta t^H = 4,0$ имеем:

$$R_0^{\text{TP}} = \frac{(t_B - t_H)nb}{\alpha_B \Delta t^H} = \frac{(18 - (-20)) \cdot 1 \cdot 1,1}{8,7 \cdot 4} = 1,201 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{ккал}}.$$

2. Фактическое сопротивление теплопередаче ограждения должно быть $R_0 \geq R_0^{\text{TP}}$. По формуле ($R_0 = R_B + R_1 + R_2 + \dots + R_H$) имеем:

$$R_0 = R_B + R_1 + R_2 + \dots + R_H = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{\delta_2}{0,1} + \frac{0,04}{1,2} + \frac{1}{23} = 0,258 + \frac{\delta_2}{0,1}$$

3. Решая уравнение $R_0 = R_0^{\text{TP}}$, находим

$$\frac{\delta_2}{0,1} = 1,201 - 0,258 = 0,943.$$

4. Толщина слоя утеплителя

$$\delta_2 = \delta_{\text{ym}} = R_{\text{ym}} \lambda_{\text{ym}} = 0,943 \cdot 0,1 = 0,095 \approx 10 \text{ см.}$$

Принимаем толщину слоя 10 см.

5. Фактическое сопротивление теплопередаче ограждения

$$R_0 = 0,258 + \frac{0,1}{0,1} = 1,258 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град/ккал}; \quad 1,258 > 1,201.$$

Таким образом, $R_0 \geq R_0^{\text{TP}}$.

6. Общая толщина ограждения $\Delta = 1 + 10 + 4 = 15 \text{ см.}$

Задания для самостоятельного решения.

Определить требуемое сопротивление теплопередаче и соответствующую толщину трехслойной наружной стены жилого здания, эксплуатируемого в районе (у каждого варианта свой город).

Принять для расчета железобетонную двухслойную стеновую панель (плиту) – несущую из легкого бетона, с минимальной толщиной внутреннего слоя

100 мм, наружного слоя 80 мм. Для решения практического задания №7 исходные данные по вариантам определяются из таблицы 16 по порядковому номеру обучающегося в группе.

Таблица 16

Варианты для расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций

Вариант	Город, республика	Температура воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98, °C t_{H}^I
1	Москва	-35
2	Санкт-Петербург	-32
3	Нижний Новгород	-38
4	Ростов-на Дону	-25
5	Волгоград	-27
6	Севастополь	-18
7	Мурманск	-35
8	Орел	-31
9	Бергород	-29
10	Архангельск	-38
11	Магадан	-31
12	Курск	-29
13	Оймякон	-63
14	Красноярск	-42
15	Сочи	-7
16	Краснодар	-23
17	Черкесск	-23
18	Петропавловск- Камчатский	-22
19	Воронеж	-31
20	Улан-Удэ	-38
21	Уфа	-41
22	Астрахань	-25
23	Тында	-48
24	Барнаул	-44
25	Майкоп	-27
26	Иркутск	-39
27	Калининград	-25
28	Новосибирск	-43
29	Пермь	-42
30	Владивосток	-27