

**ФГБОУ ВО «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Методические рекомендации

по организации самостоятельной работы

Новосибирск 2016

Кафедра сервиса недвижимости

Составитель: к.т.н., доцент Должиков В.Н.

Инженерное оборудование зданий и сооружений: методические рекомендации по организации самостоятельной работы/ Новосиб. гос. аграр. ун-т; сост. В.Н.Должиков. - Новосибирск, 2016. - 49 с.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования, содержат указания по выполнению контрольной работы, требования к ее содержанию, оформлению и защите. Предназначены для студентов очного отделения факультета государственного и муниципального управления по направлениям подготовки 08.03.01 Строительство и 43.03.01 Сервис.

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

СОСТАВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОСТРУКЦИЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ЗАЧЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЙ
ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

ВЫБОР И РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ИЗ ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЯ

ВЫБОР СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

ПОСТРОЕНИЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

ВЫБОР ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСОСНОГО И ГРАВИТАЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЯ

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа студентов рассматривается как одна из форм обучения, которая предусмотрена ФГОС и рабочим учебным планом по направлению подготовки бакалавров. Целью самостоятельной (внеаудиторной) работы студентов является обучение навыкам работы с учебной и научной литературой и практическими материалами, необходимыми для изучения дисциплины «Инженерное оборудование зданий и сооружений» и развития у них способностей к самостоятельному анализу полученной информации.

В процессе изучения дисциплины «Инженерное оборудование зданий и сооружений» студент должен выполнить следующие виды и объемы самостоятельной работы:

1. Подготовка и написание контрольной работы – 12 ч.
2. Подготовка к семинарским, практическим занятиям, текущему опросу по темам - 10 ч.
3. Подготовка к тестированию по разделам дисциплины – 4 ч.
4. Тестирование по разделам дисциплины – 3 ч.
5. Подготовка и выполнение проверочных работ по разделам – 6 ч.
6. Выполнение практических проектировочных заданий – 10 ч.
8. Подготовка к зачету – 9 ч.

В ходе изучения дисциплины «Инженерное оборудование зданий и сооружений» студенты должны подготовить и защитить контрольную работу.

Контрольные работы выполняются каждым студентом-бакалавром очной формы обучения в соответствии с учебным планом; количество контрольных работ и дисциплины, по которым они выполняются, определяются учебным планом. Объем пояснительной записки -25-30 страниц формата А4. контрольная работа по дисциплине «Инженерное оборудование зданий и сооружений» выполняется в следующей форме: пояснительная записка, графическая часть – 1,5-2 листа формата А1.

Выполнение студентом контрольной работы – составная часть учебного процесса, одна из форм организации и контроля самостоятельной работы студента.

Задачами выполнения контрольной работы являются:

- самостоятельное изучение соответствующей темы (раздела) учебной дисциплины;
- формирование навыка самостоятельной работы по подбору и обработке литературы, нормативных правовых актов и материалов юридической

практики, обобщению опубликованных данных и формулированию выводов по конкретной теме;

- выявление способности решать задачи юридического характера по изучаемой дисциплине;

- контроль качества усвоения изученного материала и самостоятельной работы студента.

СОСТАВ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В состав контрольной работы входит расчетная и графическая часть.

Расчетная часть предоставляется в виде пояснительной записки с рисунками, расчетными схемами и описанием проведенных расчетов с необходимыми таблицами.

Графическая часть предоставляется в виде чертежей. Формат чертежей А1, А2 или А3 по выбору студента.

На чертежах отображается:

- План типового этажа с местами установки отопительных приборов и их тепловой мощности. Мощность установленных приборов показывается в виде таблицы с выноской, в которой указывается номер этажа, марка и типоразмер отопительного прибора и количество секций для радиаторов.

- План подвального помещения с размещенными магистральными теплопроводами. Указывается направление и величина уклона труб, их диаметр. Установленная запорно-регулирующая арматура отображается условными обозначениями в соответствии с ГОСТ 2.105-95. Указывается расположение узла управления, место ввода теплопроводов от тепловой сети. Места присоединения стояков отмечаются точками и надписью номера стояка.

- Аксонометрическая схема системы отопления с магистральными теплопроводами, расположением стояков, запорно-регулирующей арматуры, арматуры для дренажа системы отопления и арматуры для удаления воздуха из стояков системы отопления. Показываются отопительные приборы и способ присоединения к теплопроводам стояков с арматурой регулирования теплоотдачи приборов. На отопительных приборах указывается величина тепловых потерь помещения, компенсированная самим прибором и теплопроводами находящимися в этом помещении. Допускается отдельное представление аксонометрической схемы магистральных теплопроводов и стоков с указанием места их присоединения и номера стояка. На схеме показываются уклоны труб, их диаметры. Марка арматуры указывается в прилагаемой спецификации. На аксонометрической схеме и на схеме разводки магистральных теплопроводов в подвальном помещении указывается в виде выноски ссылка на номер позиции в спецификации.

- Чертеж теплового узла с указанием всей установленной запорно-регулирующей арматуры и позицией спецификации на узел управления.

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОСТРУКЦИЙ

На условия эксплуатации ограждающих конструкций оказывают влияние наружный климат зоны строительства и условия эксплуатации помещений.

Для указанного в задании населенного пункта определяется зона влажности по карте из приложения В [3].

Влажность в помещениях здания принимают в зависимости от его назначения по допустимым параметрам таблицы 1 [1]. По таблице 1 [3] определяется влажностный режим помещения.

В зависимости от сочетания условий эксплуатации и наружных климатических условий определяют условия эксплуатации ограждающих конструкций здания, выражаемые буквами А или Б по таблице 2 [3]. Полученные значения вносят в пояснительную записку в качестве исходных данных.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ ЗАЧЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим условиям

Минимальные требуемые сопротивления теплопередаче наружных ограждений R_{min} в соответствии с [3] определяют только для промышленных зданий. Но в дальнейшем необходимо определить сопротивление теплопередаче для наружной входной двери, которое находят как $R_{de} = R_{min}$. Здесь R_{min} минимальное требуемое сопротивление теплопередаче стены, в которой расположена входная дверь.

$$R_{min} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} \quad (1)$$

где n — коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6 [3];

Δt_n — нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности τ_{int} ограждающей конструкции, °С, принимаемый по таблице 5 [3];

α_{int} — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице 7 [3];

t_{int} — расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для расчета ограждающих конструкций по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по таблице [3];

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 таблице 1 [2].

По минимальному сопротивлению теплопередаче стены определяют требуемое сопротивление теплопередаче входной двери.

Сопротивление теплопередаче по условиям энергосбережения

Минимальное требуемое сопротивление обеспечивает только условия комфортности, а по требованиям п.5.1 [3] требуется обеспечить приведенное сопротивление теплопередаче для ограждающих конструкций здания больше или равное значениям из таблицы 4 [3].

Сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций – стен, перекрытий над подвалами, покрытий и чердачных перекрытий, являющихся теплозащитной оболочкой здания, определяют в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода в заданном районе строительства, значение которых определяют по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} \quad (2)$$

t_{int} — температура внутреннего воздуха, принятая в формуле (1);

Отопительный период начинается при устойчивом понижении температуры наружного воздуха до +8 °С и заканчивается когда эти значения становятся больше +8 °С. Продолжительность этого периода z_{ht} измеряется в сутках и указана

для населенных пунктов в таблице 1 [2]. Там же указана средняя температура наружного воздуха для этого периода $t_{н.}$.

В таблице 4 [3] значения сопротивлений указаны для целых значений градусо-суток. Для того, чтобы определить значения сопротивлений не прибегая к табличным значениям удобнее использовать интерполяционную формулу из примечания к этой таблице:

$$R = a \cdot D_d + b \quad (3)$$

Коэффициенты a и b даны в самой таблице для каждой рассматриваемой ограждающей конструкции.

В пояснительной записке следует определить требуемые значения сопротивлений теплопередаче для стен, плит покрытий или чердачных перекрытий, для плит над подвалом и окон. Следует обратить внимание, что для окон коэффициенты a и b применяют из примечания к этой таблицы.

Полученные расчетом требуемые значения сопротивлений теплопередаче для всех конструкций внести в таблицу для дальнейшего использования в расчетах.

- ✓ ***Окончание этих расчетов является первой контрольной точкой выполнения контрольной работы.***

ВЫБОР И РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Проектируемые ограждающие конструкции выполняют из вполне определенных материалов и сопротивление теплопередачи для них определяют с учетом свойств и толщины слоев каждого из материалов.

Вариант состава ограждающих конструкций указан в задании на проектирование для стен, плит покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий над подвалами.

Для расчетов потребуются значения коэффициентов теплопроводности, паропроницаемости и воздухопроницаемости указанных в задании материалов.

Все ограждающие конструкции рассматриваются как многослойные плоские стенки, за исключением тех случаев, когда явно проявляется ее кривизна с определенным радиусом. В этих случаях сопротивление теплопередаче следует вычислять по формуле для цилиндрической стенки.

Для плоской многослойной стенки сопротивление теплопередаче определяют по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}} \quad (4)$$

α_{int} — то же, что в формуле (1);

α_{ext} — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице 8 [4];

δ_i — толщина слоя материала, м;

λ_i — расчетное значение коэффициента теплопроводности материала, принимаемое по таблице Д.1 из приложения Д [4] в зависимости от определенных ранее условий эксплуатации **A** или **B**.

В этой формуле известны все значения кроме толщины и коэффициент теплопроводности утепляющего материала.

Все материалы кроме утеплителя, применяемые в этих конструкциях указаны в задании. Утеплитель необходимо выбрать самостоятельно из условий минимальной общей толщины стены или конструкции перекрытий.

Для климатических зон с продолжительным холодным периодом следует принимать наиболее эффективный материал для утепления – минеральную вату или пенопласт. Применяя пенопласт, следует учитывать его пожарные характеристики. Весь утеплитель должен быть ограничен конструкциями и не иметь доступ для поступления воздуха, поддерживающего процесс горения и распространения ядовитых продуктов горения в помещения.

Минимальную требуемую толщину утеплителя определяют из условия выполнения равенства требуемого и расчетного сопротивления теплопередаче по формуле:

(5)

– расчетное значение коэффициента теплопроводности принятого материала утеплителя, Вт/(м·°С);

$$\sum \frac{\delta_{i-1}}{\lambda_{i-1}}$$

– суммарное сопротивление теплопередаче всех слоев ограждения без утепляющего слоя.

Полученное значение толщины утеплителя следует округлить в большую сторону до толщины, кратной 10 мм. Производители утеплителей выпускают его, как правило, с таким шагом толщины, который позволяет набрать нужную толщину отдельными слоями, кратными 10 мм.

Округленное значение толщины подставляют в формулу (4) и вычисляют окончательное расчетное значение сопротивления теплопередаче каждой конструкции.

Сопротивления теплопередаче определяются для стен, плит покрытий или чердачных перекрытий и для плит над подвалом.

Для окон принимаются конструкции, у которых сопротивление теплопередаче равно или больше требуемых значений, определенных по градусо-суткам. Конструкции окон и их приведенные сопротивления теплопередаче даны в таблице Л.1 приложения Л [4].

Полученные сопротивления теплопередаче для каждой конструкции должно удовлетворять условию:

$$R_0 \geq R_D \quad (6)$$

По найденным значениям сопротивлений теплопередаче для каждой ограждающей конструкции определяют коэффициент теплопередачи:

$$k = 1 / R_0 \quad (7)$$

Полученные значения сопротивлений теплопередаче и коэффициентов теплопередачи заносят в окончательную таблицу принятых конструкций ограждений.

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ИЗ ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЯ

В тепловом отношении все помещения в здании находятся в разных условия. Они имеют разную площадь и отапливаемый объем. Кроме того количество наружных ограждающих конструкций, входящих в состав каждого помещения различное. На первом этаже кроме стен потери тепла происходят через пере-

крытия над подвалом. На самом верхнем этаже так же кроме стен потери тепла происходят через покрытие или чердачное перекрытие. Во всех промежуточных этажах потери тепла происходят только через стены. Во всех помещениях различное количество и размеры оконных проемов. Кроме того в разных помещениях происходят потери тепла, расходуемого на дополнительный нагрев инфильтрирующего в помещение воздуха.

Поэтому потери тепла необходимо рассчитывать в каждом помещении индивидуально.

В общем виде потери тепло определяют по формуле:

$$Q_{\Pi} = Q_{ОСН} \cdot (1 + \Sigma\beta) + Q_{ИНФ} - Q_{БЫТ} \quad (8)$$

$Q_{ОСН}$ – основные потери тепла через каждую ограждающую конструкцию, входящую в состав помещения;

$(1 + \Sigma\beta)$ – коэффициент добавок, учитывающий дополнительные потери тепла в долях от основных тепловых потерь. Это добавки β , связанные с ориентацией ограждения по сторонам света, добавки на открывание наружных дверей с поступлением холодного наружного воздуха, который необходимо дополнительно нагревать и другие дополнительные потери тепловой энергии, затрачиваемой на дополнительный нагрев воздуха.

$Q_{ИНФ}$ – потери тепловой энергии на дополнительное нагревание инфильтрирующего воздуха, связанные с поступлением холодного наружного воздуха через различные щели и не плотные примыкания строительных конструкций друг к другу. Количество инфильтрирующего воздуха увеличивается за счет работы системы естественной вентиляции. В помещениях с вентиляцией $Q_{ИНФ}$ определяют с учетом работы вентиляции. Это все помещения квартир. Лестничные клетки обычно не оборудованы системой естественной вентиляции, поэтому для них $Q_{ИНФ}$ определяют без учета работы вентиляции.

$Q_{БЫТ}$ – дополнительное поступление тепла от работы бытовых электро приборов и газового оборудования, установленного в помещениях квартир.

Основные потери тепла через наружную ограждающую конструкцию определяют по формуле:

$$Q_{ОСН} = k \cdot A \cdot (t_e - t_n) \cdot n \quad (9)$$

k – коэффициент теплопередачи для расчетной ограждающей конструкции, определенный ранее по формуле (7).

n – то же что в формуле (1);

t_n – температура наружного воздуха, принимаемая равной t_{ext} из формулы (1).

t_o – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая в зависимости от назначения помещения по таблице 1 [1].

A – площадь ограждения, принимаемая по правилам обмеров наружных ограждающих конструкций.

Правила обмеров наружных ограждающих конструкций.

Площадь ограждающих конструкций принимается без учета световых проемов. Для световых проемов площадь определяется отдельно по размерам оконных проемов.

Для вертикально расположенных ограждающих конструкций (стены) размер по горизонтали принимают по осям перегородок. Для угловых помещений отсчет ведется от наружного угла здания (рис. 1).

Для горизонтально расположенных ограждений (плиты над подвалом и плиты покрытий и чердачных перекрытий). Обмер помещений производят по осям перегородок. Если обмер производят от наружных стен, то начинают его от внутренней поверхности наружной стены (рис. 2).

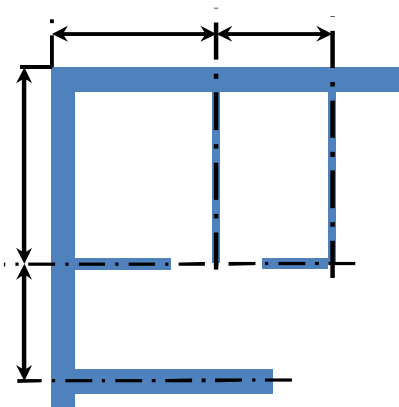


Рис. 1

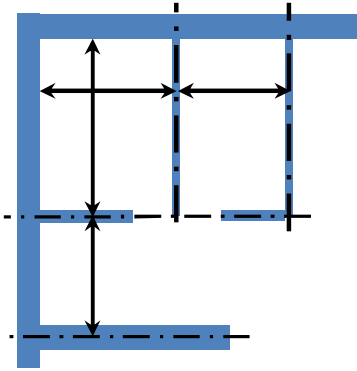


Рис.2

Вертикальные размеры стен принимают по схеме (рис.3).

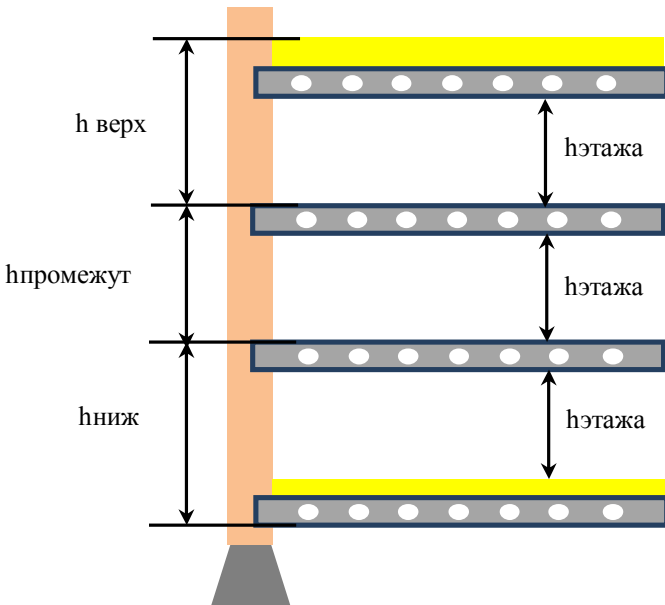


Рис. 3

Добавочные потери тепла, связанные с ориентацией здания по сторонам света β_1 принимают по схеме (рис. 4).

Дополнительные потери тепла, связанные с открыванием наружных входных дверей β_2

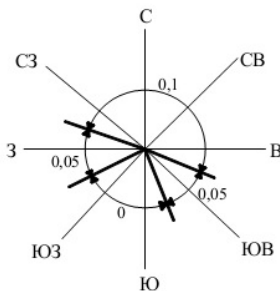
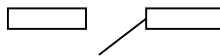


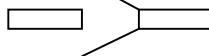
Рис. 4

зависят от количества дверей и наличия тамбуров:

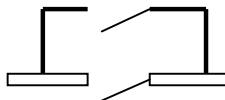
Двери одинарные: $\beta_2 = 0,22 \times H$;



Двери двойные: $\beta_2 = 0,34 \times H$;



Две двери с тамбуром: $\beta_2 = 0,27 \times H$;



Три двери и два тамбура: $\beta_2 = 0,2 \times H$;

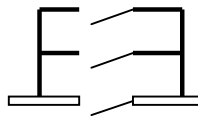


Рис. 5

H – полная высота здания, принимаемая от уровня земли до самой верхней его точки.

Потери тепловой энергии на дополнительное нагревание воздуха, поступающего через неплотности в строительных конструкциях, производят по формуле:

(10)

c - удельная теплоемкость воздуха, 1 кДж/(кг °С);

$t_{в}, t_{н}$ - температуры наружного и внутреннего воздуха.

$k_{н}$ - коэффициент, учитывающий нагревание воздуха встречным тепловым потоком и принимаемый:

0,7 – для стыков панелей и окон с тройными переплетами;

0,8 – для окон и балконных дверей с отдельными переплетами;

1 – для одинарных окон и балконных дверей со спаренными переплетами.

$\Sigma G_{н}$ - количество инфильтрующего воздуха в помещение, которое находят по формуле:

$$\Sigma G_{н} = 0,216 \sum \frac{A_1 \Delta P_1^{0,67}}{R_{н}} + \sum A_2 G_{н} \left(\frac{\Delta P_1}{\Delta P_1} \right)^{0,67} + 3456 \sum A_3 \Delta P_1^{0,5} + 0,5 \sum l$$

(10)

A_1 - площадь окон и балконных дверей;

A_2 - площадь входных дверей на лестничных клетках;

A_3 - площадь щелей и неплотностей наружных ограждающих конструкций;

$R_{н}$ - сопротивление воздухопроницанию ($m^2 \cdot ч \cdot Pa$)/кг;

$G_{н}$ - нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций $кг/(m^2 \cdot ч)$;

$\sum l$

- суммарная длина стыков панелей (учитывается только для панельных зданий).

$\Delta P_i, \Delta P_1$ - расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях расчетного этажа при $\Delta P_1 = 10 \text{ Па}$;

Потери тепловой энергии на дополнительное нагревание воздуха, поступающего за счет работы вентиляции, производят по формуле:

$$Q_B = 0,28 c \rho_H G_H (t_B - t_H) \quad (11)$$

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

ρ_H - плотность наружного воздуха, рассчитываемая по формуле:

$$\rho_H = \frac{353}{273 + t_H} \quad (12)$$

G_H - нормативный расход воздуха в помещениях, принимаемый $3 \text{ м}^3/\text{час}$ на 1 м^2 площади помещения.

t_B, t_H - температуры наружного и внутреннего воздуха.

В тепловом балансе учитывают ту из этих двух величин, которая больше.

Дополнительные поступления тепла от работы бытовых электроприборов, кухонных плит и другого бытового оборудования учитывают формулой:

$$Q_{\text{быт}} = 10 A_{\text{пл}} \quad (13)$$

Где $A_{\text{пл}}$ - площадь пола помещения.

Расчет тепловых потерь выполняется в табличной форме. Форма таблицы и пример заполнения для углового помещения первого этажа дан в приложении данного методического пособия.

При расчете следует обратить внимание на симметричность здания и совпадение размеров пола помещений, а так же на одинаковые горизонтальные размеры стен, расположенных одно над другим. Это значительно сократит время на вычисления.

- ✓ **Окончание этого расчета является второй контрольной точкой выполнения работы.**

ВЫБОР СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Во всех вариантах задания здания трехэтажные с плоской кровлей и без технического этажа. Прокладка подающей магистрали в верхней части здания не возможна, поэтому следует все магистральные теплопроводы прокладывать в подвальном помещении.

Место ввода теплопроводов тепловой сети выбирается самостоятельно. При выборе места расположения теплового узла следует ориентироваться на его габаритные размеры, приведенные в приложении к данному методическому пособию. Тепловой узел располагают на любой капитальной стене подвального помещения. Магистральные теплопроводы прокладывают вдоль капитальных стен и по периметру подвального помещения. Отдельные ветви желательно делать симметричными и приблизительно равными по длине, при этом стремиться сократить расстояние от теплового узла до тупиковой части ветви для уменьшения потерь давления в теплопроводах. Необходимо максимально сократить возможные повороты и подъемы теплопроводов. Для прокладки труб использовать специально оставленные проемы в стенах подвала с указанием их мест на плане подвала и их проходным размерам.

Все магистральные теплопроводы должны иметь уклон от 0,002 до 0,003 в сторону теплового узла. Все уклоны должны быть показаны на чертеже плана подвала на всех участках с постоянным уклоном.

На магистральных теплопроводах указываются точки присоединения стояков и их номер. При выборе места расположения труб стояков следует их располагать возможно ближе к углам помещений, что бы их внешний вид не портил общий интерьер. Кроме того следует учитывать, что длина подводок от труб стояков до места подключения к отопительному прибору допускается не более 0,4 м. Расстояние от оконного откоса до труб стояка должно быть не менее 0,15 м.

На плане типового этажа располагают отопительные приборы под всеми окнами и показывают линиями подводки от стояков до отопительных приборов. Сами стояки показывают точками с указанием номера каждого стояка. Отопительные приборы показывают в соответствии с принятыми по ГОСТ обозначениями. Восходящие и нисходящие ветви стояков могут располагаться в разных помещениях в плане.

После этого принимается решение по способу подключения отопительных приборов к трубам стояков. Это может быть проточная схема без возможности регулирования теплоотдачи за счет изменения расхода в отопительном приборе или схема с замыкающими участками и установкой регуливающей арматуры в виде вентилей, трехходовых кранов или термостатов. Возможные варианты подключения указаны в приложении данного методического пособия.

Система отопления может быть принята как однотрубная, так и двухтрубная. При выборе следует учитывать, что применение двухтрубной системы отопления общая длина труб в системе отопления значительно увеличится. Кроме того двухтрубные системы отопления требуют после монтажа обязательных пусконаладочных работ. В итоге все это скажется на общих показателях проекта.

После выбора способа прокладки труб следует выбрать тип отопительных приборов.

ВЫБОР ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Отопительные приборы выпускают двух типов по способу теплоотдачи – радиаторы и конвекторы. Выбор типа отопительного прибора зависит от эстетических требований к внешнему виду, к простоте их монтажа и габаритных размеров, а также санитарно-гигиенических требований. Для жилых помещений можно применять любые типы отопительных приборов с хорошим внешним видом. Следует учитывать, что не все типы отопительных приборов совместимы с применяемыми трубами. Для радиаторов из алюминия трубопроводы должны применяться полимерные. В противном случае соединение стальных труб подводов с отопительными приборами может вызвать электрохимическую коррозию и быстрое разрушение мест соединений труб с приборами.

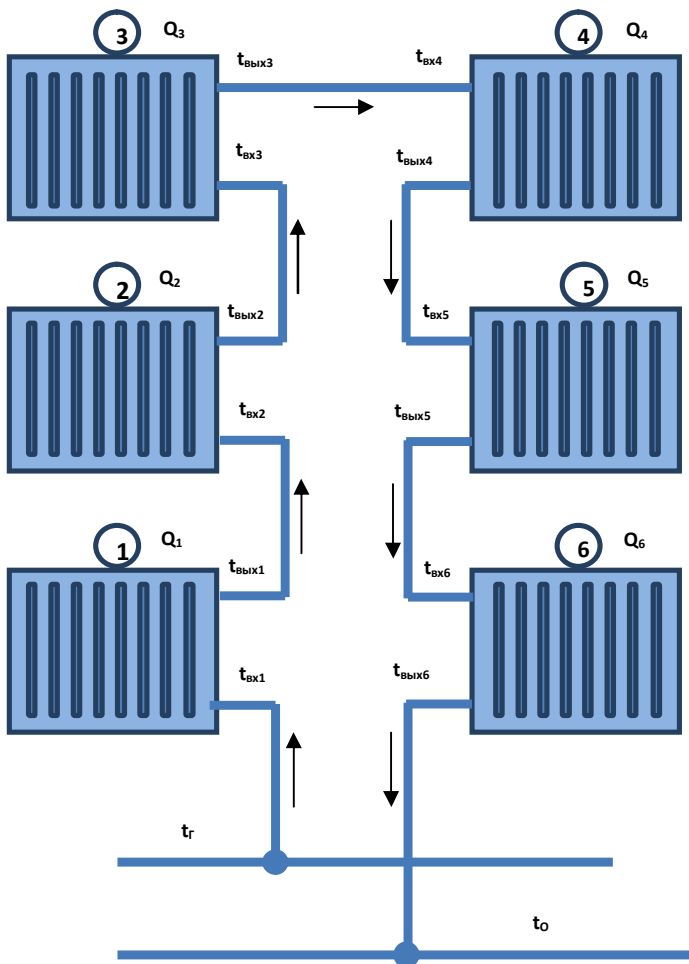
Окончанием выбора конструкции системы отопления является подготовка эскиза аксонометрической схемы системы отопления. После согласования с преподавателем принятой системы отопления производят тепловой расчет отопительных приборов и гидравлический расчет теплопроводов.

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Тепловой расчет отопительных приборов проводится для выбора мощности принятого типа отопительных приборов.

Для проведения расчетов следует выбрать один стояк с двухсторонним присоединением приборов, которые расположены в плане в разных помещениях. Для выбранного стояка вычерчивается расчетная схема как на приведенном примере (рис. 6).

На схеме указывают: направление движения теплоносителя, номера отопительных приборов по ходу движения теплоносителя, температура воздуха в однотипных помещениях, температура теплоносителя при входе в стояк и температура выходящего теплоносителя.



Для определения мощности отопительного прибора следует определить теплоотдачу от труб стояка, открыто расположенных в помещениях. Для этого следует вычислить длину труб стояка в каждом помещении без учета участков труб проходящих через плиты перекрытий. Для помещений длина вертикально расположенных труб будет равна высоте помещения за вычетом расстояния между входом и выходом в отопительный прибор. Для радиаторов это расстояние достаточно большое и его следует учитывать. Для конвекторов с расположением труб входа и выхода в отопительный прибор на одном уровне это расстояние не учитывается. В случае расположения входных и выходных отверстий в разных уровнях это расстояние следует учитывать. Это расстояние указывается в справочной литературе или в каталоге производителя. К этому времени тип отопительного прибора должен быть выбран.

Длина горизонтальных участков открытых труб обычно принимается максимально допустимой, то есть равной 0,4 м. Таких труб будет две на каждый отопительный прибор.

Для дальнейших расчетов требуется определить температуру на поверхности каждого отопительного прибора. При двухтрубной системе отопления к каждому отопительному прибору теплоноситель приходит приблизительно с одинаковыми параметрами. Различие температуры сказывается только из-за снижения температуры в магистральных трубопроводах. Так как температура снижается на 0,1 °С на каждые 10 м длины магистрали, то приближенно можно считать, что температура на входе каждого прибора будет одинаковой и равна температуре теплоносителя в подающей магистрали, указанной в задании. Температура на выходе из приборов будет отличаться и зависеть от тепловых потерь помещений.

Для однотрубных систем отопления, в которых все отопительные приборы соединены последовательно, необходимо вычислять температуру на входе и выходе каждого отопительного прибора стояка.

Для расчета потребуется знать необходимый расход теплоносителя в расчетном стояке:

(14)

β_1 - коэффициент учета номенклатурного ряда отопительных приборов, принимаемый по таблице 2;

β_2 - коэффициент учета дополнительных тепловых потерь отопительными приборами у наружных ограждений, принимаемый по таблице 3;

c - теплоемкость теплоносителя, 4,187 кДж/(кг °С);

t_r, t_o - температура нагретого и охлажденного теплоносителя;

- изменение температуры теплоносителя в магистральном трубопроводе, связанные с потерями тепла через стенки трубопровода;

$\sum_{i=1}^n Q_i$ - суммарная тепловая нагрузка отопительных приборов расчетного стояка, Вт.

Суммарная тепловая нагрузка складывается из тепловых потерь помещений, обслуживаемых расчетным стояком. Ее находят суммированием тепловых потерь помещений, в которых расположены отопительные приборы и трубы расчетного стояка по таблице расчета теплотерь выполненной ранее.

Температура на входе очередного прибора равна температуре на выходе предыдущего прибора. На входе в первый прибор температура равна температуре в подающей магистрали с учетом ее падения на Δt_{pm} :

(15)

Для всех последующих приборов температура на входе будет равна:

- суммарная тепловая нагрузка всех отопительных приборов начиная от первого до прибора, предшествующего рассматриваемому. Символ x – это номер рассматриваемого прибора. Нумерация приборов ведется последовательно по направлению движения теплоносителя от подающего трубопровода.

Расход теплоносителя, проходящего через отопительный прибор зависит от схемы подключения его в трубах стояка. При проточной схеме подключения (без перемычек) расход теплоносителя в каждом прибору равен расходу в стояке.

При подключении приборов с замыкающими участками через отопительный прибор проходит только часть от общего расхода в стояке, которая учитыва-

ется коэффициентом затекания. Формула для определения расхода через отопительный прибор:

$$G_{np} = G_{cm} \cdot \alpha \quad (17)$$

где α – коэффициент затекания, принимается по справочникам [6] или [7].

При последовательном соединении отопительных приборов приближенно можно считать, что температура теплоносителя на выходе предыдущего прибора будет температурой входа в следующем приборе. В дальнейшем эта допущение устраняется.

Средняя температура теплоносителя в отопительном приборе:

$$(18)$$

Учитывая, что стенка отопительного прибора выполнена из материала с высокой теплопроводностью и достаточно тонкая, то температура на поверхности отопительного прибора будет равна средней температуре теплоносителя в приборе. Разность температур между поверхностью отопительного прибора и температурой внутреннего воздуха в помещении:

$$(19)$$

Зная эту величину перепада температур определяют теплоотдачу труб, открыто расположенных в расчетных помещениях:

$$Q_{TR} = q^B \cdot l^B_{TR} + q^G \cdot l^G_{TR} \quad (20)$$

Значения q^B и q^G находят по таблицам справочников в зависимости от разности температур и диаметра трубопроводов (d).

l^B_{TR} и l^G_{TR} – длины труб соответственно вертикально и горизонтально расположенных открыто в каждом помещении.

Зная потери тепла в каждом помещении и теплоотдачу от труб определяют тепловую нагрузку возложенную на сам отопительный прибор:

$$Q_{пр} = Q_{п-0,9} \cdot Q_{TR} \quad (21)$$

$Q_{п}$ – теплопотери помещения берутся из таблицы расчета теплопотерь по помещениям.

Для всех отопительных приборов теплоотдача определяется при одних и тех же условиях, которые называют номинальными. Разность температур при испытании устанавливается равной 70 °С и расход теплоносителя в приборе равен 1 кг/час. Полученный при испытании тепловой поток так же называют номинальным.

В действительности потом эти приборы будут работать при разных условиях, поэтому для каждого отопительного прибора определяется расчетный номинальный тепловой поток:

$$Q_{н}^* = Q_{пр}/\varphi(22)$$

Здесь φ – коэффициент приведения реального теплового потока при расчетных условиях к номинальному тепловому потоку:

(23)

В этой формуле:,определены ранее.

ψ – коэффициент учета направления потока:

$\alpha = 0,006$ – для чугунных и стальных радиаторов;

$\alpha = 0,002$ – для конвекторов;

При среднем атмосферном давлении 760 мм рт.ст. $\beta = 1$;

показатели степени n , p и коэффициент c определяют по таблице П.11.

По полученному значению $Q_{н}^*$ по каталогам производителей или справочника подбирают отопительный прибор с близкой или незначительно отли-

чающейся теплоотдачей. Если принимается прибор с меньшей теплоотдачей, то отличие теплоотдачи допускается не более 5% от расчетной величины.

Если приняты к расчету отопительные приборы секционного типа, то в справочниках для них дается номинальный поток для одной секции и мощность отопительного прибора подбирается за счет количества секций.

Минимальное число секций чугунных радиаторов определяют по формуле:

$$N_{\min} = \frac{Q_H \beta_4}{q_H \beta_3} \quad (24)$$

Q_H – номинальный тепловой поток, рассчитанный.

q_H – номинальный тепловой поток одной секции радиатора, принимаемый по таблице номенклатурного ряда радиаторов.

β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки радиатора (таблица П.12 приложения). При открытой установке $\beta_4 = 1$.

β_3 – коэффициент, учитывающий число секций в радиаторе, принимаемый по таблице 1.

Таблица 1 Значения коэффициента β_3

Число секций в приборе	До 15	16 - 20	21 - 25
β_3	1,0	0,98	0,96

Составляя соотношения между площадью помещения и определенной для этого помещения номинальной теплоотдачей прибора и соотношение между площадью помещения, для которого номинальную теплоотдачу требуется определить можно подобрать остальные отопительные приборы. Соотношения следует составлять для помещений одного и того же этажа.

Марки подобранных отопительных прибором и их теплоотдачу следует вписать в выноски на плане типового этажа к каждому отопительному прибору.

- ✓ **Окончание этого расчета является третьей контрольной точкой выполнения работы.**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСОСНОГО И ГРАВИТАЦИОННОГО ДАВЛЕНИЯ

Определение величины гравитационного давления

Гравитационное давление создается в системе отопления за счет охлаждения теплоносителя в отопительных приборах и в вертикально расположенных теплопроводах.

Для расчета следует выбрать наиболее нагруженный в тепловом отношении стояк с двухсторонним присоединением приборов.

Гравитационное давление от охлаждения теплоносителя в трубопроводах определяют по формуле:

$$\Delta P_{e\text{ mp}} = \beta \cdot g \cdot \Sigma h_i \cdot (t_i - t_{i+1}) \quad (25)$$

$g = 9,81$ - ускорение свободного падения;

h_i – вертикальное расстояние от точки с более нагретой частью трубопровода до точки с менее нагретой частью трубопровода;

В расчете h_i для восходящей и нисходящей ветви будет одной и той же величиной.

При расчете ветвей отличие будет заключаться в различных температурах в точке присоединения тру к магистралям и в самой верхней точке стояка.

$(t_i - t_{i+1})$ – разность температур между этими точками.

Расчет по формуле (25) производят для восходящей и нисходящей ветви отдельно, а затем определяют разность давлений ΔP_{emp} .

Гравитационное давление от охлаждения теплоносителя в отопительных приборах однотрубных стояков определяют по формуле:

$$[\text{Па}] \quad (26)$$

Q_i – тепловая нагрузка i -того прибора по ходу движения;

$g = 9,81$ - ускорение свободного падения;

β – среднее приращение плотности воды при понижении ее температуры на 1°C , принимаемая по таблице 2;

Таблица 2.

$t_2 - t_0, ^\circ\text{C}$	β	$t_2 - t_0, ^\circ\text{C}$	β
85-65	0,60	115-70	0,68
95-70	0,64	130-70	0,72
105 70	0,66	150-70	0,76

β_1, β_2 – коэффициенты определенные ранее в формуле (14).

c - теплоемкость воды, равная $4,187 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$.

- расход теплоносителя в расчетном стояке.

В общем случае H_i – это расстояние между точкой нагрева теплоносителя и точкой охлаждения каждого прибора стояка.

При определении расстояния между точкой нагрева теплоносителя и точкой охлаждения каждого прибора стояка имеются отличия для схем проточных и с замыкающими участками.

В стояках с присоединением отопительных приборов по проточной схеме за центр охлаждения принимается середина прибора по высоте (рис. 7).

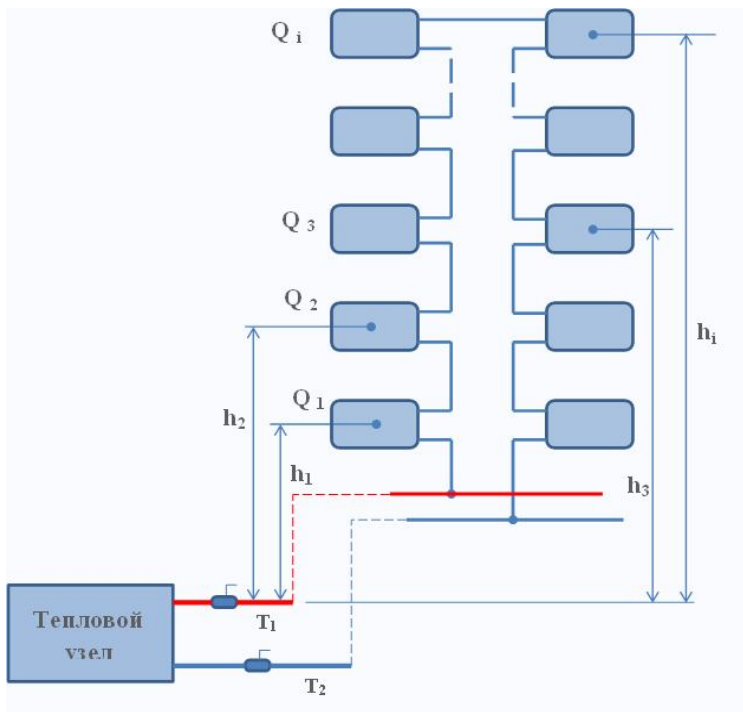


Рис. 7

Если подключение отопительных приборов выполнено с замыкающими участками, то за центр охлаждения принимается нижняя точка переключки замыкающего участка (Рис. 8).

В двухтрубных системах отопления число циркуляционных колец равно числу отопительных приборов, поэтому гравитационное давление для каждого отопительного прибора разное. В наиболее неблагоприятных условиях будет отопительный прибор первого этажа самого удаленного стояка. Для него $\Delta P_{e, пр} = \min$ и $\Delta P_{e, тр} = \max$.

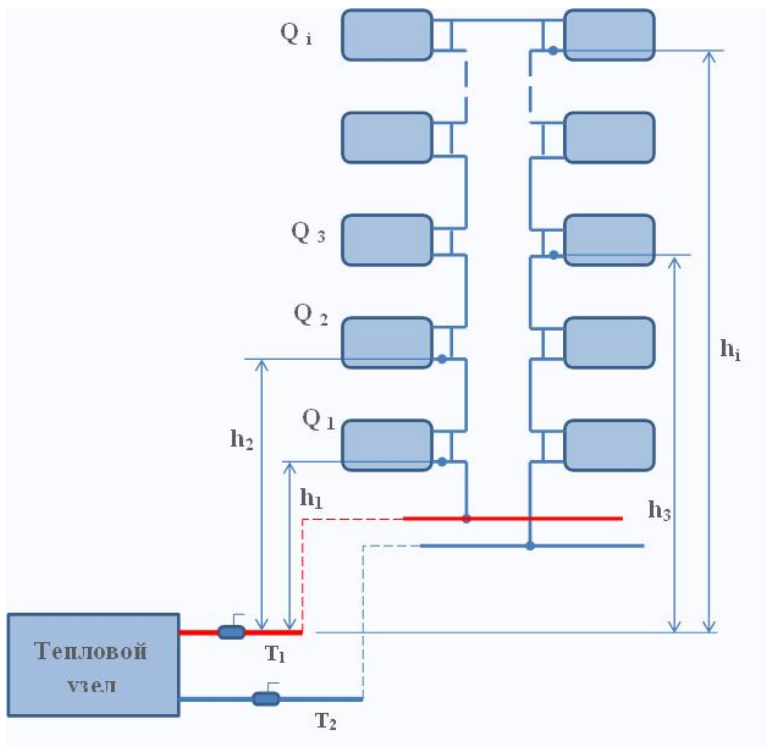


Рис. 8

За нижнюю точку во всех случаях принимают точку на оси подающей магистрали теплового узла.

Расчет по формуле (26) производят для восходящей и нисходящей ветви отдельно, а затем определяют разность давлений $\Delta P_{e\text{пр}}$.

Полное гравитационное давление в стояке определяется как сумма:

$$\Delta P_e = \Delta P_{e_{np}} + \Delta P_{e_{tr}} \quad (27)$$

Для оценки влияния гравитационного давления его надо сравнить с величиной насосного давления.

Гравитационное давление учитывают, если оно составляет не менее 10% от насосного давления для однотрубных систем отопления и 40% для двухтрубных. Если гравитационное давление меньше, то его не учитывают.

Определение величины насосного циркуляционного давления

Величина насосного давления зависит от схемы подключения системы отопления к тепловой сети:

1. При зависимом подключении работа системы отопления зависит от давления в тепловой сети и гравитационного давления в системе отопления. В этом случае насосное давление определяется по таблице приложения П.8.
2. При независимом подключении система отопления работает автономно. Насосное давление в этом случае зависит от потерь давления в системе отопления и гравитационного давления.

Для предварительных расчетов при независимом подключении системы отопления к тепловой сети можно принять потери давления ΔP_{CO} на каждые 10 м длины циркуляционного кольца равными 0,6 м. вод. Ст. или $5884 \approx 6000$ Па.

$$\Delta P_{CO} = 6 \cdot 10^3 \cdot \Sigma I \quad (28)$$

Определив приближенную величину ΔP_{CO} рассчитывают величину насосного давления ΔP_H по формулам (29) или (30).

Для однотрубных систем отопления:

$$\Delta P_H = 1,1 \cdot \Delta P_{CO} - \Delta P_e \quad (29)$$

Для двухтрубных и горизонтальных систем отопления:

$$\Delta P_H = 1,1 \cdot \Delta P_{CO} - 0,4 \Delta P_e \quad (30)$$

Если гравитационное давление незначительное, то его не учитывают и насосное давление будет равно:

$$\Delta P_H = 1,1 \cdot \Delta P_{CO} \quad (31)$$

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Определение потерь давления в главном циркуляционном кольце

На плане расположения магистральных теплопроводов выбирают одну ветвь с максимальной длиной, которая является главным циркуляционным кольцом.

Определяют длину циркуляционного кольца, состоящего из подающей и обратной магистрали теплопроводов Σl . Допускаемая точность при определении длин труб 0,1 м.

Для главного циркуляционного кольца вычерчивается расчетная схема, на которой показывают трубы магистралей со всеми поворотами и ответвлениями, а так же упрощенно присоединенные стояки (Рис. 9).

На схеме определяют участки с постоянным расходом. Участки на схеме это теплопроводы до точек ответвлений (Рис. 9). Для дальнейших расчетов требуется определить расход теплоносителя на каждом участке. Предварительно определим расход теплоносителя в стояках:

(32)

– тепловая нагрузка стояка, являющаяся суммой тепловых потерь в помещениях, обслуживаемых этим стояком.

t_2, t_o – температуры в подающем и в обратном теплопроводе в точке присоединения стояка. Эти температуры заданы в задании на проект.

β_1 - учитывает номенклатурный ряд приборов.

β_2 - учитывает установку прибора у наружной стены.

Таблица 3 Значения коэффициента β_1

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, Вт	β_1
120	1,02
150	1,03
180	1,04
210	1,06
240	1,08
300	1,13

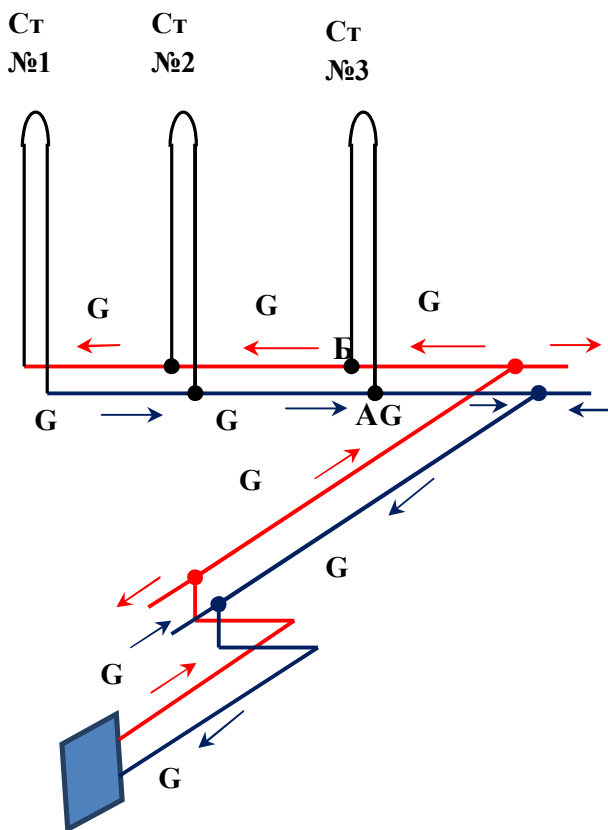


Рис. 9

Таблица 4 значения коэффициента β_2

Отопительный прибор	Значения β_2 при установке прибора	
	У наружной стены, в том числе под световым проемом	У остекленного светового проема
Радиатор: чугунный секционный	1,02	1,07
стальной панельный	1,04	1,1
Конвектор: с кожухом	1,02	1,05
Без кожуха	1,03	1,07

На участках 5 и 6 расход равен расходу в стояке G_{cm1} .

Расход на участках 4 и 7 равен $G_{cm1} + G_{cm2}$.

Расход на участках 3 и 8 равен $G_{cm1} + G_{cm2} + G_{cm3}$.

На участках 2 и 9 расход складывается из расхода левой и правой по схеме ветви.

На участках 1 и 10 расход определится по формуле (30) с заменой тепловой нагрузки на стояк G_{cm} на тепловую нагрузку здания $G_{зд}$. При этом в формулу подставляют тепловую нагрузку на здание равную полным теплопотерям всего здания.

Определение усредненных гидравлических сопротивлений

Для дальнейших расчетов следует предварительно задать диаметры труб. Для этого определяют усредненное гидравлическое сопротивление.

Усредненное гидравлическое сопротивление от местных сопротивлений:

(33)

$\sum l$

– общая длина последовательно соединенных участков главного циркуляционного кольца;

$\Delta P_{\text{р}}$ - располагаемое давление системы отопления;

По таблице приложения П.7 зная определяют скорость движения теплоносителя w (м/сек) с минимальным шумом.

Усредненное гидравлическое сопротивление от трения:

(34)

Эту величину усредненного сопротивления используют для нахождения действительных скоростей теплоносителя и действительных сопротивлений на трение.

По усредненному гидравлическому сопротивлению вычисляют удельную характеристику сопротивления:

(35)

G_{op} – ориентировочный расход теплоносителя в системе отопления вычисляемый по формуле (32) с подстановкой тепловой нагрузки на все здание $Q_{зд} = \Sigma Q_{п}$.

По таблице приложения П.9 по определяем ориентировочный диаметр трубы магистрального подающего и обратного теплопровода после теплового узла.

В таком же порядке вычисляем удельные характеристики сопротивления для остальных участков магистральных теплопроводов, подставляя соответствующие, ранее определенные расходы в формулу (35).

Пользуясь таблицей П.9 и принятыми диаметрами труб на участках интерполя-

Δd , $\frac{\Delta d}{d}$

цией определяем значений , по которым определяем потери давления на участках магистральных теплопроводов по формулам (38) и (39).

Результат заносим в таблицу. Форма таблицы приведена в приложении П.3

Определение потерь давления на магистральных участках циркуляционного кольца по удельным потерям давления

Потери давления на магистральных участка удобнее определять методом *удельных потерь давления*. В этом методе определяется удельное значение потерь

давления на трение $\Delta P_{\text{уч}}$ по усредненной величине гидравлического сопротивления .

В циркуляционное кольцо входят последовательно соединенные участки. Стояк входит в эту последовательную цепь и является особым участком.

Потери давления на каждом участке магистральных теплопроводов $\Delta P_{\text{уч}}$ определяем методом удельных потерь давления по формуле:

$$\Delta P_{\text{уч}} = R_{\text{уч}} \cdot l_{\text{уч}} + z_{\text{уч}} \quad (36)$$

В этой формуле:

$R_{\text{уч}}$ – действительное удельное гидравлическое сопротивление участка, определяемое по величине расхода на участке и принятой скорости из таблицы П.9 приложения;

В этой таблице значения допустимой по шуму скорости и расход дают возможность выбрать диаметр трубопровода.

$l_{\text{уч}}$ – длина участка, м;

$z_{\text{уч}}$ - потери давления на местные сопротивления, которые определяются по формуле:

$$z_{\text{уч}} = \Sigma \zeta \cdot (\rho w^2 / 2) \quad (37)$$

ρ – плотность воды с учетом ее температуры, определяется по таблице приложения П.12;

w – принятая скорость движения теплоносителя;

$\Sigma \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, принимаемые для отводов, тройников, запорно-регулирующей арматуры по таблицам П.13 и П.14. Значения коэффициентов местных сопротивлений необходимо указать на расчетной схеме (Рис. 9).

Определение потерь давления в стояке, входящем в циркуляционное кольцо

Большое количество поворотов и ответвлений труб стояка затрудняет определение потерь давления в нем предыдущим методом, поэтому для стояков потери давления определяют *по характеристикам сопротивлений*.

Формула для расчета потерь давления в стояках:

(38)

$G_{уч}$ - расход воды в стояке, кг/ч;

$S_{уч}$ - характеристика гидравлического сопротивления участка, Па/(кг/ч)², выражающая потери давления на участке при единичном расходе воды (1 кг/ч), которая определяется по формуле:

(39)

Для расчета стояк разбивается на характерные трубные участки, которые называют этажестояками.

Для каждого характерного участка этажестояка характеристика сопротивления определяется в соответствии с его эскизом из таблицы приложения П.5.

Следует обратить внимание на то, что высота этажестояка на схемах указана равной 2,8 м. Это расстояние от пола до потолка квартиры. При большей или меньшей высоте квартиры к указанному значению характеристики сопротивления следует добавить или отнять значение характеристики сопротивления прямого участка, которое приведено в этой таблице для 1 м.

Характеристика сопротивления отопительных приборов приводится в приложении П.6 и определяется в зависимости от принятого типа отопительного прибора и схемы присоединения прибора к стояку, указанных в таблице приложения П.5.

Характеристика сопротивления всего стояка определяется суммирование всех этих характеристик.

Полные потери давления в главном циркуляционном кольце ΔP_{CO} равны сумме потерь давления на всех участках магистральных теплопроводов и стояка, входящих в это кольцо.

Получив значение ΔP_{CO} и зная величину гравитационного давления ΔP_e считываем величину требуемого насосного давления ΔP_n по которой можем подобрать подходящий циркуляционный насос.

Увязка циркуляционных колец

Кроме главного циркуляционного кольца с самым удаленным стояком теплоноситель одновременно движется по более коротким участкам труб со стояками, расположенными ближе к тепловому узлу. Эти циркуляционные кольца называют второстепенными. Главное циркуляционное кольцо и второстепенные кольца имеют общие участки теплопроводов и ответвления на свои стояки. В точке Б (Рис. 9) присоединения второстепенного стояка к обратной магистрали потери давления, рассчитанные для главного циркуляционного кольца, могут отличаться от потерь давления при расчете второстепенного циркуляционного кольца. Таким образом образуется «невязка» давлений.

Для расчета невязки достаточно произвести расчет потерь давления во второстепенном стояке и сравнить с потерями давления при прохождении главного циркуляционного кольца.

Невязку определяют по формуле:

(40)

Невязка второстепенных колец должна быть не более 10 – 15%.

Если невязка больше допустимой, то можно изменить диаметр труб стояка или магистральных трубопроводов.

Примечание: Диаметры параллельных участков принимаются одинаковыми.

Подбор допустимой невязки за счет изменения диаметров требует много времени и может не дать удовлетворительного результата. В таких случаях необходи-

мо установить диафрагму – перегородку с нужным отверстием. Диаметр отверстия в диафрагме определяют по формуле:

$$d_{ш} = 3,5 \sqrt{\frac{V}{\sqrt{\Delta P_{ш}}}} \quad (41)$$

Где $\Delta P_{ш}$ — уязвимое падение давления, Па.

- ✓ *Окончание этого расчета является четвертой контрольной точкой выполнения проекта.*

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

- ✓ *Окончание этого расчета является пятой и последней контрольной точкой выполнения проекта.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».Международный стандарт. Принят Межгосударственной Научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС) 11 декабря 1996 г. Введен в действие с 1 марта 1999 г. постановлением Госстроя России от 6 января 1999 г. № 1.

2. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». Приняты Постановлением Госстроя РФ от 11.06.1999г. №45.
3. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Приняты и введены в действие с 1 октября 2003 г. постановлением Госстроя России от 26.06.2003 г. № 113.
4. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». Утвержден и введен в действие с 1 июня 2004 г. совместным приказом ОАО «ЦНИИ-промзданий» и ФГУП ЦНС № 01 от 23 апреля 2004 г.
5. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Приняты и введены в действие с 1 января 2004 г. постановлением Госстроя России от 26.06.2003 г. № 115.
6. В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др.; Внутренние санитарно-технические устройства. В 3ч. Ч.1. Отопление. – 4-е изд., перераб. И доп.-М.: Стройиздат, 1990.-344 с.: ил.- (Справочник проектировщика).
7. Р.В. Щекин, С.М. Корневский и др., справочник по теплоснабжению и вентиляции (издание 4-е, переработанное и дополненное).- Киев, «Будівельник», 1976, стр. 416.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П.1 Форма таблицы для расчета тепловых потерь помещений.

№ помещения	Температура внутреннего воздуха, t_n °C	Характеристика ограждения				$\Delta t = t_e - t_n$ °C	Коэффициент	Коэффициент теплопередачи k Вт/(м ² °C)	Основные теплототери Bm	Добавки		Коэффициент добавок $(1 + \Sigma\beta)$	Теплототери с учетом добавок $\Sigma Q_{доб}$	Бытовые теплопотупления $Q_{быт}$ Вт	Расход тепла на догревание инфильтрирующего воздуха $Q_{инф}$ Вт	Полные теплототери помещения $Q_{п}$ Вт
		Наименование	Ориентация	Размеры $a \times b$	Площадь, A м ²					β_1	β_2					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Таблица П.2 Форма таблицы для теплового расчета отопительных приборов.

Номер помещения	Номер прибора	Тепловая нагрузка			t_v °C	$G_{ст}$ кг/ч	α	$G_{пр}$ кг/ч	$\Delta t_{н.м}$	$t_{вх}$	$t_{ср}$	$\Delta t_{ср}$	ϕ	Q_n	Тип отопительного прибора
		$Q_{п}$	$Q_{тр}$	$Q_{пр}$											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Таблица П.3 Форма таблицы для гидравлического расчета системы отопления.

Исходные данные				Расчетные данные							
№ уч-ка	$Q_{уч}$ Вт	$G_{уч}$ кг/час	$l_{уч}$ м	d_y мм	λ/d м ⁻¹	$A_d \cdot 10^4$ Па/(кг/час) ²	$S_{уч} \cdot 10^4$ Па/(кг/час) ²	$\Sigma \zeta_{уч}$ Па	$R_{уч}$ Па	$\Delta P_{уч}$ Па	ΔP_{CO} Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Таблица П.4 Схемы присоединения отопительных приборов к стоякам.

№ схемы	Схема присоединения
Радиаторы чугунные секционные, стальные панельные типов РСВ, РСГ	
1	
2	
3	
Конвекторы типов «Аккорд», «Коралл», «Прогресс», ребристые и гладкие трубы	
1	
2	
3	
4	

--	--

Таблица П.5 Характеристика сопротивления трубных узлов стояков

№ узла	Наименование узла	Эскиз узла	Диаметр подводки, D_p , мм	Значение $S_{y3} \cdot 10^4$, Па/(кг/ч) ²
1	Присоединение к подающей магистрали		15 20 25	266 / 133 57 / 30 20 / 11
2	Присоединение к обратной магистрали		15 20 25	229 / 96 46 / 19 16 / 6,7
3	Этажестояк с односторонним присоединением прибора		15 20 25	113 23 8
4	Этажестояк с двухсторонним присоединением прибора		15 20 25/20 25	97 21 12 7
5	Подводки в верхнем этаже П-образного стояка		15 20 25	56 12 4
6	Прямая труба длиной 1 м (добавка к узлам 1 ÷ 5)		15 20 25	28,6 5,74 1,72
Примечание: В эскизах сплошными линиями показаны элементы, сопротивление которых включено в S_{y3} . Для узлов 1 и 2 в числителе дано S_{y3} при прямом вентиле, в знаменателе - при проходном кране				

Таблица П.6 Характеристика сопротивления приборных узлов однетрубной системы отопления (при $k = 1,0$)

Отопительный прибор	Диаметр под-водки d_n , мм	Обозначения	Характеристика сопротивления элемента узла S_{10^4} , Па/(кг/ч) ²				
			№ схемы присоединения по табл. 9.10				
			1	2	3	4	5
Конвекторы 15 КП, «Прогресс-15»	15	S_{np}	57	57	-	114	36
		S_n	97 / 129	97 / 129	-	161 / 193	88 / 120
		S_n	107 / 139	107 / 139	-	171 / 202	103 / 135
Конвекторы «Прогресс-20», «Аккорд» и прибор «Коралл»	20	S_{np}	11,5	11,5	-	23	7,2
		S_n	25 / 35	25 / 35	-	44 / 54	23 / 32
		S_n	19 / 30	19 / 30	-	38 / 48	28 / 37
Ребристые и гладкие трубы	15	S_{np}	29	0	29	0	29
		S_n	118 / 150	134 / 166	215 / 246	231 / 262	897 / 129
		S_n	128 / 160	144 / 176	224 / 256	240 / 271	112 / 144
Ребристые и гладкие трубы	20	S_{np}	5,7	0	5,7	0	5,7
		S_n	31 / 40	36 / 45	60 / 70	64 / 74	25 / 35
		S_n	35 / 44	40 / 49	64 / 74	68 / 78	30 / 40
Конвекторы «Универсал», «Ком форт»	20	S_{np}	11,5	-	1,45	11,5	-

20», «Ритм» (без регулирующих кранов)		S_n	15 / 25	-	5,1 / -	15 / 25	-
Конвекторы «Универсал С»	20	S_{np}	-	-	-	23	-
		S_n	-	-	-	44 / 54	-
Конвектор высокий «КВ»	20	$S_{np} + S_n$	-	166	-	-	-
Радиаторы чугунные и панельные типа РСВ1	15	$S_{np} + S_n$	87 / 119	-	87 / 119	-	-
		$S_{np} + S'_n$	100 / 131	-	100 / 131	-	-
Радиаторы чугунные и панельные типа РСВ1	20	$S_{np} + S_n$	22 / 31	-	22 / 31	-	-
		$S_{np} + S'_n$	26 / -	-	26 / -	-	-

Таблица П.7 Допустимая скорость движения воды w м/сек в трубах систем отопления.

Допустимый уровень звука, дБа	Значения скорости при большем из коэффициентов местного сопротивления арматуры на трубах, примыкающих к помещению				
	До 5	10	15	20	30
25	1,5/-	1,1/0,7	0,9/0,55	0,75/0,5	0,6/0,4
30	1,5/-	1,5/1,2	1,2/1,0	1,05/0,8	0,85/0,65
35	1,5/-	1,5/1,5	1,5/1,1	1,2/0,95	1,0/0,8
40	1,5/-	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,5	1,3/1,2
45 и более	1,5/-	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,4

Таблица П.8 Насосное циркуляционное давление в элеваторной системе водяного отопления, кПа при $p_1 - p_2 = 150$ кПа.

Расчетная температура воды в системе, °C		Насосное давление Δp_n при температуре воды t_f °C, и коэффициенте смешения u					
		$t_f = 115$		130		150	
t_r	t_o	u	ΔP_n	u	ΔP_n	u	ΔP_n

85	65	1,50	22	2,25	15	3,25	12
95	70	0,8	36	1,4	23	2,20	16
105	70	0,29	65	0,71	39	1,29	25
115	70	-	-	0,33	62	0,78	37

Таблица П.9 Динамические характеристики труб насосных систем водяного отопления.

ГОСТ	Диаметр трубы, мм		Удельное динамическое давление $A \cdot 10^4$, Па (кг/ч) ²	Приведенный коэффициент гидравлического трения (среднее значение) λ/d_B , м ⁻¹	Расход воды при скорости 1 м/с G , (кг/ч)/(м/с)	Удельная характеристика сопротивления $S_{уд} \cdot 10^4$, Па / м (кг/ч) ²
	условного прохода	внутренний				
3262 75*	10	12,6	26,50	3,60	425	95,40
	15	15,7	10,60	2,70	690	28,62
	20	21,2	3,19	1,80	1250	5,74
	25	27,1	1,23	1,40	2000	1,72
	32	35,9	0,39	1,0	3500	0,39
	40	41	0,23	0,80	4650	0,18
	50	53	0,082	0,55	7800	0,045
10704-76 *	50	49	0,113	0,60	6600	0,068
	65	70	0,0269	0,40	13400	0,0108
	80	82	0,0142	0,30	18400	0,0043
	100	100	0,00642	0,23	27600	0,00148
	125	125	0,00265	0,18	43000	0,00048
	150	149	0,00135	0,15	61000	0,00020

Таблица П.10 Теплоотдача открыто проложенных теплопроводов систем водяного отопления

$t_r - t_b$ °C	d_y (мм)	q (Вт/м)	Теплоотдача 1 м трубы Вт/м, при $t_r - t_b$ °C через 1 °C									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	10	В	15	16	17	17	18	18	20	21	21	22
		Г	22	23	23	24	25	26	28	28	29	30

	15	B	20	21	21	22	23	24	24	25	26	28	
		Г	26	28	29	30	31	32	34	35	36	37	
	20	B	23	24	25	26	28	29	31	32	34	35	
		Г	32	34	35	36	38	39	41	42	43	44	
	25	B	31	32	34	35	36	37	38	41	42	43	
		Г	39	41	43	44	45	47	49	51	52	53	
	32	B	39	41	43	44	45	47	50	51	52	54	
		Г	47	50	52	54	56	58	60	63	64	67	
	40	B	51	53	56	58	60	63	65	67	69	72	
		Г	53	56	58	60	63	65	67	69	72	74	
	50	B	56	58	60	63	65	67	69	72	74	77	
		Г	65	67	69	73	77	78	81	84	87	90	
	40	10	B	22	23	24	24	25	25	27	28	28	29
			Г	31	32	32	34	35	36	37	38	39	41
		15	B	28	30	30	31	32	34	34	35	36	37
			Г	38	39	41	42	43	44	44	46	47	49
20		B	36	37	38	39	41	42	43	44	45	46	
		Г	46	47	50	52	53	55	57	58	59	60	
25		B	44	46	47	49	51	52	53	55	56	58	
		Г	57	59	63	65	66	68	71	72	74	75	
32		B	56	58	60	61	64	65	67	68	71	73	
		Г	74	77	79	81	84	86	89	92	94	96	
40		B	64	66	68	70	72	74	77	78	80	82	
		Г	77	79	80	84	86	88	89	92	94	97	
50		B	79	82	85	87	88	93	95	97	100	103	
		Г	93	95	99	101	105	107	110	113	115	П8	
50		10	B	30	30	31	32	32	34	35	35	36	37
			Г	41	42	43	44	45	46	47	49	50	50
	15	B	38	38	39	41	41	43	44	44	45	46	
		Г	50	51	52	53	56	57	58	59	60	61	
	20	B	47	49	50	51	52	53	54	56	57	58	
		Г	60	61	64	65	66	68	70	71	73	74	
	25	B	59	60	62	64	65	67	68	70	72	73	
		Г	73	74	76	79	80	82	85	86	88	91	
	32	B	74	76	78	80	82	84	86	88	91	92	
		Г	91	92	94	96	99	101	103	106	108	112	
	40	B	85	86	88	91	93	96	97	99	101	103	
		Г	100	102	106	108	110	113	116	118	121	124	
	50	B	106	108	111	114	117	120	123	125	128	131	
		Г	122	125	129	132	135	138	141	144	148	151	

Продолжение таблицы П.10

60	10	B	38	38	39	41	42	42	43	44	44	45
		Г	52	52	53	54	56	57	58	59	60	62
	15	B	47	49	50	51	52	53	55	55	56	57

	20	Г	63	65	66	67	69	70	71	73	74	75	
		В	59	61	63	64	65	66	67	68	70	72	
	25	Г	77	79	80	81	83	85	86	88	89	92	
		В	74	76	78	79	81	83	85	86	88	89	
	32	Г	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	
		В	94	96	98	100	102	105	106	108	110	113	
	40	Г	114	115	118	121	123	125	128	130	132	135	
		В	107	109	111	114	116	119	121	123	125	128	
	50	Г	127	129	132	135	137	141	143	145	149	151	
		В	134	137	141	143	146	149	152	156	158	162	
70	10	Г	155	157	160	164	167	171	174	177	182	185	
		В	46	48	49	49	50	51	52	52	53	55	
	15	Г	63	64	65	66	67	68	70	71	73	73	
		В	59	60	61	63	64	65	66	67	68	70	
	20	Г	77	79	80	81	82	84	86	87	89	91	
		В	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87	
	25	Г	93	95	96	97	100	102	103	105	107	108	
		В	93	94	96	97	100	101	103	107	107	109	
	32	Г	113	114	116	118	121	123	125	128	128	131	
		В	117	119	121	123	125	128	130	133	135	137	
	40	Г	138	141	143	145	148	151	153	156	159	162	
		В	132	135	137	140	143	145	148	151	152	154	
	50	Г	155	157	160	163	166	168	172	174	178	180	
		В	165	167	171	174	178	180	185	187	191	194	
	80	10	Г	187	191	194	198	202	205	208	213	215	218
			В	56	57	58	58	59	60	61	63	64	65
		15	Г	75	75	78	79	80	81	82	84	85	86
			В	71	72	73	74	75	77	78	79	81	81
		20	Г	92	93	94	96	98	100	101	101	102	105
			В	88	89	92	93	94	96	98	99	101	102
25		Г	109	111	114	115	117	120	121	123	125	127	
		В	110	113	114	116	119	120	122	124	125	128	
32		Г	134	136	138	141	143	145	146	149	151	153	
		В	139	142	144	146	149	151	153	156	158	162	
40		Г	164	166	170	172	174	178	180	182	186	188	
		В	158	160	165	166	169	173	174	177	180	182	
50		Г	184	186	189	192	195	198	201	204	208	210	
		В	196	200	203	207	210	214	217	221	224	228	
			Г	223	227	230	235	238	242	246	250	253	257

Продолжение таблицы П.10

90	10	В	65	66	67	68	70	71	72	72	73	74
----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

	15	Г	87	88	91	91	93	93	95	96	97	99
		В	82	84	86	87	88	89	91	92	93	94
	20	Г	107	108	110	112	114	115	117	119	120	122
		В	103	106	107	108	110	112	114	115	116	118
	25	Г	128	131	132	135	137	138	141	143	144	146
		В	130	131	134	136	137	138	139	142	146	148
	32	Г	156	158	160	163	164	167	170	172	175	177
		В	164	166	168	171	173	175	179	181	184	186
	40	Г	191	194	196	200	201	204	208	212	214	216
		В	186	188	190	194	196	200	202	206	208	212
50	Г	214	217	220	223	227	229	232	236	238	242	
	В	231	235	238	243	246	250	253	257	260	264	
		Г	260	265	270	272	275	280	284	288	293	296
100	10	В	75	77	78	79	80	81	82	83	84	85
		Г	101	102	103	105	106	107	108	110	112	113
	15	В	95	97	99	100	100	101	102	103	105	106
		Г	122	124	126	128	129	131	134	135	136	138
	20	В	120	122	123	124	127	129	130	132	134	136
		Г	149	152	155	156	158	159	162	164	166	169
	25	В	149	150	152	154	157	159	162	164	166	167
		Г	180	182	186	188	191	194	195	199	200	203
	32	В	188	191	193	196	199	202	204	206	209	212
		Г	222	224	228	231	235	237	239	243	246	250
	40	В	214	217	220	223	227	230	233	236	239	242
		Г	246	250	253	257	260	265	267	271	274	278
	50	В	268	272	275	279	284	287	292	295	299	303
		Г	300	305	309	314	318	322	327	330	335	339
110	10	В	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96
		Г	113	115	116	118	119	120	122	124	125	126
	15	В	108	109	110	111	113	115	116	117	118	120
		Г	139	140	142	144	145	147	149	151	153	154
	20	В	136	137	139	140	142	144	146	148	150	152
		Г	169	171	173	175	177	180	182	184	187	189
	25	В	169	172	174	176	178	180	182	184	187	189
		Г	205	208	211	214	216	219	221	224	227	230
	32	В	207	210	212	216	218	222	224	226	229	232
		Г	244	246	251	254	258	260	262	266	269	274
	40	В	235	239	242	245	249	253	256	259	262	265
		Г	271	275	278	282	286	291	293	297	300	304
	50	В	295	299	302	306	312	315	321	324	327	330
		Г	330	335	339	345	349	354	359	362	368	370

Продолжение таблицы П.10

120	10	В	98	99	100	101	102	104	105	106	107	108
		Г	128	130	131	133	135	136	138	140	141	143
	15	В	122	123	124	126	128	129	130	132	134	135
		Г	156	158	160	162	164	166	168	170	172	173
	20	В	154	156	157	159	160	162	164	166	168	170
		Г	191	193	195	198	200	202	205	207	209	212
	25	В	192	194	197	199	201	204	206	208	211	213
		Г	233	235	238	241	244	247	249	252	255	257
	32	В	226	229	231	234	237	240	242	244	247	251
		Г	266	269	273	276	280	282	284	288	291	295
	40	В	257	260	263	266	270	274	277	280	283	286
		Г	295	300	302	307	310	315	317	321	325	329
	50	В	321	326	329	333	338	341	347	350	354	358
		Г	360	366	369	375	379	383	388	391	397	401
130	10	В	97	100	101	102	103	104	105	106	107	108
		Г	131	132	133	135	136	137	138	141	143	144
	15	В	123	125	128	129	129	130	130	132	134	135
		Г	159	160	163	165	166	168	171	173	174	176
	20	В	156	158	159	160	163	166	167	169	171	173
		Г	194	197	200	201	203	204	208	210	212	215
	25	В	194	194	197	200	202	204	208	210	212	213
		Г	234	236	241	242	246	249	250	255	256	259
	32	В	244	248	249	253	256	259	261	264	267	270
		Г	289	290	295	298	303	304	306	311	314	319
	40	В	278	281	284	288	292	295	300	302	305	308
		Г	320	324	327	331	334	340	342	347	350	354
	50	В	348	352	355	360	365	369	374	378	382	386
		Г	390	395	400	405	409	414	419	422	428	432

Составитель

Должиков Виктор Николаевич

Инженерное оборудование зданий и сооружений

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16. Тираж 50 экз.

Объем 3 уч.-изд.л.

Новосибирский государственный аграрный университет

630039, Новосибирск, ул.Добролюбова, 160