Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 22.10.2026 12:14:07
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт

Кафедра инженерных
систем и сооружений

ОСНОВЫ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Методические указания к курсовой работе для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство всех форм обучения

Составитель
Л.А. Пульдас,
кандидат технических наук, доцент

Тюмень
ТИУ
2026

Пульдас Л.А. Основы теплогазоснабжения и вентиляции : методические указания по выполнению курсовой работы для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, всех форм обучения / сост. Л.А. Пульдас. – ТИУ. – 48 с. – Текст : непосредственный.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры инженерных систем и сооружений «___» _____ 202_ года, протокол № __.

Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Основы теплогазоснабжения и вентиляции» предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, всех форм обучения.

В методических указаниях приведен состав курсовой работы, требования по её оформлению, порядок разработки, пояснения по выполнению расчетов, исходная информация для выполнения, библиографический список.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1 Выбор исходных данных 4
2 Теплотехнический расчет наружных ограждений 5
2.1 Исходные данные и расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха 6
2.2 Тепловая защита зданий 8
2.3 Теплотехнический расчет для зимних условий 9
2.4 Расчет тепловой мощности системы отопления. Уравнение теплового баланса здания 12
3 Конструирование систем отопления 17
3.1 Выбор систем отопления жилых зданий 17
3.2 Выбор, размещение и прокладка трубопроводов 17
3.3 Выбор и размещение стояков 18
3.4 Выбор и размещение отопительных приборов 18
3.5 Присоединение трубопроводов к отопительным приборам 19
3.6 Размещение запорно-регулирующей арматуры 19
3.7 Теплоизоляция труб 20
3.8 Конструирование аксонометрических схем систем отопления 21
4 Тепловой расчет отопительных приборов систем водяного отопления 21
4.1 Расчет площади отопительных приборов в однотрубных системах отопления 21
5 Гидравлический расчет систем отопления 23
5.1 Определение располагаемого перепада давления в системах отопления 24
5.2 Метод удельных линейных потерь давления 24
6 Подбор оборудования теплового узла 31
6.1 Тепловой пункт системы отопления с зависимым присоединением, с водоструйным элеватором и пофасадным регулированием 31
Библиографический список 33
Приложение А. Климатические параметры района застройки 34
Приложение Б. План типового этажа 37
Приложение В. Коэффициенты ξ местных сопротивлений (приближенные значения) 47
Приложение Д. Таблица для гидравлического расчета системы трубопроводов водяного отопления 47

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа на тему «Отопление жилого здания» выполняется обучающимися по направлению подготовки 08.03.01 Строительство всех форм обучения.

В курсовой работе решаются основные вопросы проектирования системы отопления жилого здания.

В процессе работы студенты получают навыки практического применения теоретических знаний и решения комплексных инженерных задач по проектированию систем отопления жилых зданий.

Целью данных методических указаний является:

1. научить студентов производить расчет коэффициента сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции;
2. научить определять теплопотери помещений;
3. рассчитывать и подбирать отопительные приборы;
4. производить гидравлический расчет систем отопления
5. подбирать оборудование теплового узла.

Курсовая работа состоит из текстовой части пояснительной записки (объем пояснительной записки от 20 до 30 стр. формата А4) и графической части (в объеме 4 листов формата А3).

1 ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В курсовой работе необходимо запроектировать вертикальную однотрубную тупиковую систему отопления с нижней разводкой для одной секции одноэтажного жилого здания.

Высота этажа в свету принимается 3.0 м; отметка чистого пола подвала –2.200 м.

Теплоноситель в системе отопления - вода с параметрами 95-70 ^{0}С, после смешения в водоструйном элеваторе.

В качестве нагревательных приборов в жилых комнатах, кухнях и на лестничных клетках приняты чугунные радиаторы марки МС140-АО.

Присоединение системы отопления к тепловой сети – зависимое элеваторное (элеватор стальной водоструйный марки 40с10бк).

По приложениям А, Б методических указаний в соответствии с индивидуальным вариантом (две последние цифры номера зачетной книжки) студенты принимают исходные данные для проектирования:

- район застройки,
- климатические характеристики (температура наиболее холодной пятидневки, средняя температура и продолжительность отопительного периода),
- план типового этажа (приложение А, колонка №6),
- параметры теплоносителя наружной тепловой сети.

2 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

В помещениях жилых зданий следует обеспечивать оптимальные или допустимые нормы микроклимата в обслуживаемой зоне.

Основные параметры, характеризующие микроклимат помещений: температура воздуха; скорость движения воздуха; относительная влажность воздуха, оптимальная температура воздуха в помещении [7].

Микроклимат помещения - состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха.

Оптимальные параметры микроклимата - сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.

Допустимые параметры микроклимата - сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

Исходя из технико-экономической целесообразности, комфортные условия должны поддерживаться не во всем объеме помещения, а лишь в местах преимущественной деятельности человека и постоянного его пребывания, т.е. в рабочей зоне высотой 2 м от пола. За расчетное значение $t_в$ принимают температуру воздуха на высоте 1,5 м от пола и на расстоянии 1 м от наружной стены.

Теплотехнический расчет проводится для всех наружных ограждений для холодного периода года с учетом района строительства, условий эксплуатации, назначения здания и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям и помещению.

2.1 Исходные данные и расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха

В качестве исходных данных для выполнения теплотехнического расчета, определения теплозащитных свойств ограждающих конструкций и проектирования систем отопления принимаются термодинамические параметры внутреннего и наружного воздуха и теплофизические характеристики строительных материалов ограждений.

Район строительства характеризуется расчетными параметрами наружного воздуха для холодного и теплого периодов года, которые представлены в приложении А.

В холодный период ($t_н < 8$°С) в качестве исходных данных принимают: расчетную зимнюю температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_{хп}$, °С, с коэффициентами обеспеченности 0,92; среднюю температуру отопительного периода $t_{от}$, °С; продолжительность отопительного периода $z_{от}$, сут.

Холодный (отопительный) период года - период года, характеризующийся средней суточной температурой наружного воздуха, равной и ниже 10 или 8 °С в зависимости от вида здания [1, 4, 6].

При выполнении теплотехнического расчета ограждений важно учитывать назначение и условия эксплуатации помещения, которые определяются температурой $t_{вн}$, °С, и относительной влажностью $\varphi_{вн}$, %, внутреннего воздуха, значения которых регламентируются [10], санитарными нормами, сводами правил (таблица 2.1).

Таблица 2.1

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, $t_{вн}$, °С		Результирующая температура воздуха, $t_{вн}$, °С		Относительная влажность внутреннего воздуха, $\varphi_{вн}$, %	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая не более
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60
	Жилая комната в районах с $t_{хп}$, (обеспеч.0,92) минус 31°С и ниже	21-23	20-24	20-22	19-23	45-30	60
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	не нормируется	не нормируется
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	не нормируется	не нормируется
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	не нормируется	не нормируется
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	не нормируется	не нормируется
	Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	не нормируется	не нормируется

Примечания:

1. В угловых помещениях температура внутреннего воздуха принимается на 2°С выше.

Строительные материалы являются капиллярно-пористыми телами и интенсивно поглощают влагу из окружающей среды. Следовательно, теплофизические характеристики материалов при расчетах строительных ограждений (расчетные коэффициенты теплопроводности λ, Вт/(м °С), и теплоусвоения S, Вт/(м °С)), следует принимать с учетом зоны влажности и влажностного режима помещения. Зона влажности района застройки может быть сухая, нормальная и влажная и определяется по схематической карте территории РФ [8]. Влажностный режим помещения бывает сухой, нормальный, влажный и мокрый.

Для холодного периода в жилых зданиях принимается режим нормальный, для других помещений он выбирается в зависимости от $\varphi_{вн}$, %, [10], (таблица 2.2).

При теплотехническом расчете ограждающих конструкций жилых зданий следует принимать температуру внутреннего воздуха отапливаемых помещений не менее 20 °С, относительную влажность - 50% [10].

Таблица 2.2

Влажностный режим помещения

Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{вн}$, %, при $t_{вн}$ = 12…24°С	Влажностный режим помещения
$\varphi_{вн} \le 50$	Сухой
$50 < \varphi_{вн} \le 60$	Нормальный
$60 < \varphi_{вн} \le 75$	Влажный
$\varphi_{вн} > 50$	Мокрый

С учетом зоны влажности и влажностного режима помещения выбирают условия эксплуатации (А или Б) (таблица 2.3) для ограждающих конструкций [10].

Таблица 2.3

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещения	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б

2.2 Тепловая защита зданий

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в) [4].

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $R_0^{норм}$, (м²·°С)/Вт, следует определять по формуле:

$$R_0^{норм} = R_0^{тр} m_р, \quad (2.1)$$

где R_0^{mp} - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП), °С·сут/год, региона строительства и определять по таблице 2.4;

m_p - коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (2.1) m_p принимается равным 1.

Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, определяют по формуле:

$$ГСОП = (t_в - t_{от}) z_{от}, \quad (2.2)$$

где $t_{от}$, $z_{от}$ - средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по [8] для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С;

$t_в$ - расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий указанных в таблице 2.1 - по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по [4, 10] (в интервале 20-22 °С).

Таблица 2.4

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты *a* и *b*	Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче R_0^{mp}, (м²·°С)/Вт, ограждающих конструкций			
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей
1	2	3	4	5	6
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-
b	-	1,4	2,2	1,9	-

Значения R_0^{mp} для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле [4]:

$$R_0^{mp} = a \cdot ГСОП + b, \quad (2.3)$$

где ГСОП - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, для конкретного пункта;

a и *b* - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий.

2.3 Теплотехнический расчет для зимних условий

При выполнении теплотехнического расчета для зимних условий, прежде всего, необходимо убедиться, что конструктивное решение проектируемого ограждения позволяет обеспечить необходимые санитарно-гигиенические и комфортные условия микроклимата.

Теплотехнический расчет для определения требуемого сопротивления теплопередаче R_0^{mp} и коэффициентов теплопередачи *k*, проводится для наружных стен, перекрытий над подвалами и подпольями, чердачного перекрытия,оконных проемов по формулам (2.4; 2.5).

2.3.1 Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, [4] (таблица 2.7).

Коэффициент теплопроводности принятого наружного ограждения стены k, Вт/(м^2 °С), определяется из уравнения:

$$k = \frac{1}{Rppac}, \quad (2.5)$$

где R_0^{mp} - общее требуемое сопротивление теплопередаче, м$^{2.}$°С/Вт.

Таблица 2.5

Значение нормируемого температурного перепада $\Delta t^н$, °С

Назначение здания	Нормируемый температурный перепад, $\Delta t^н$, °С		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1. Жилые	4,0	3,0	2,0

Таблица 2.6

Значение коэффициента у внутренней поверхности $\alpha_{вн}$

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи, $\alpha_{вн}$, Вт/(м^2°С)
1. Стен, полов, гладких потолков	8,7

Таблица 2.7

Значение коэффициента n, учитывающего положение наружного ограждения по отношению к наружному воздуху

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом),	1
Чердачное перекрытие	0,9
Подвальное перекрытие	0,6

Требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{mp} для наружных дверей (кроме балконных) должно быть не менее значения 0,6 R_0^{mp} для стен зданий, определяемого по формуле 2.4.

$$R_0^{mp} = 0{,}6\frac{n\cdot(t_{вн}-t_н)}{\Delta t_n\cdot\alpha_{вн}},\ (\text{м}^2\ °\text{C})/\text{Вт}. \qquad (2.6)$$

Если температура воздуха двух соседних помещений отличается больше, чем на 3 °С, то минимально допустимое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения (кроме светопрозрачных), следует определять по формуле 2.4, принимая за величину $t_н$ расчетную температуру воздуха в более холодном помещении.

В практике строительства жилых зданий применяется одинарное, двойное и тройное остекление в деревянных, пластмассовых или металлических переплетах, спаренное или раздельное.

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче, R_0^{mp}, для световых проемов определяют в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода (ГСОП), °С· сут. (формула 2.2) [1].

После расчета ГСОП определяется приведенное сопротивление теплопередаче R^{np}, ($м^{2.0}$С)/Вт.

Затем, по таблице 2.8 [1] и значению R_0^{mp}, выбирают конструкцию светового проема с приведенным сопротивлением теплопередаче R^{np} при условии:

$$R^{np} \geq R_0^{mp} \qquad (2.7)$$

Таблица 2.8

Приведенное сопротивление окон и балконных дверей R^{np}

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче, R^{np}, м²°С/Вт	
	в деревянных или ПВХ переплетах	в алюминиевых переплетах
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4	-
Двойное остекление в раздельных переплетах	0,44	0,34*
Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,55	0,46
Однокамерный стеклопакет из обычного стекла	0,38	0,34
Двухкамерный стеклопакет:		
из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,51	0,43
из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54	0,45
из стекла с твердым селективным покрытием	0,58	0,48
из стекла с мягким селективным покрытием	0,68	0,52
из стекла с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,65	0,53
Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах:		
из обычного стекла	0,56	-
из стекла с твердым селективным покрытием	0,65	-
из стекла с мягким селективным покрытием	0,72	-
из стекла с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	-
Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах из обычного стекла	0,68	-
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7	-
Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74	-

Примечание: * - в стальных переплетах.

Коэффициент теплопередачи остекления (светового проема), $k_{ост}$ (расчетный), определяется по формуле:

$$k_{ост} = \frac{1}{R^{np}},\ \text{Вт/(м}^2\ \text{°С)}. \qquad (2.8)$$

Фактический коэффициент теплопередачи остекления (светового проема), $k_{\text{ост}}^{\text{факт}}$, определяется по формуле:

$$k_{\text{ост}}^{\text{факт}} = k_{\text{ост}} - k_{\text{нс}}. \qquad (2.9)$$

Выбрав из сопротивлений теплопередаче максимальное значение (для каждой ограждающей конструкции) (R_0^{mp} или R^{np}), используем это значение для расчета теплопотерь помещений здания.

2.4 Расчет тепловой мощности системы отопления. Уравнение теплового баланса здания

Для компенсации теплопотерь через наружные ограждения здания устраивают системы отопления.

Расчетные теплопотери помещений жилого здания $\sum Q_{тп}$ вычисляют по уравнению теплового баланса:

$$\sum Q_{тп} = \sum Q_{доб} + Q_{и} - Q_{быт}\ , \tag{2.10}$$

$$\sum Q_{доб} = Q_{о} + Q_{об} \tag{2.11}$$

$$Q_{об} = Q_{ор} + Q_{н.дв.} \tag{2.12}$$

где $\sum Q_{доб}$ - суммарные добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции здания, Вт, [1];

$Q_{и}$ - добавочные потери теплоты на инфильтрацию Вт, [1];

$Q_{быт}$ - бытовые тепловыделения, Вт, [1];

$Q_{о}$ - основные потери теплоты через ограждающие конструкции здания, Вт, [1];

$Q_{ор}$ - дополнительные потери теплоты через ограждающие конструкции на ориентацию по сторонам света, Вт;

$Q_{н.дв.}$ - дополнительные потери теплоты на открывание наружных дверей лестничной клетки, Вт.

Методика расчета величин, входящих в формулы (2.10 - 2.12), приводится в разделах 2.3.1 – 2.3.6.

2.4.1 Основные потери теплоты через ограждающие конструкции здания

Основные потери теплоты $Q_{о}$, Вт, через рассматриваемые ограждающие конструкции (стены, окна, двери, чердачное перекрытие, полы над подвалами и подпольями) зависят от разности температуры наружного и внутреннего воздуха и рассчитываются с точностью до 10 Вт по формуле:

$$Q_{о} = A \cdot k \cdot \left(t_{вн} - t_{н}\right) \cdot n, \tag{2.13}$$

где k - коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м^2 °С);

A - расчетная площадь поверхности ограждающей конструкции, м^2;

$t_{вн}$ - расчетная температура воздуха помещения, °С, (таблица 2.1);

$t_{н}$ - расчетная температура наружного воздуха, °С (приложение А);

n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности, по отношению к наружному воздуху (таблица 2.7).

Существуют помещения, в которых отопительные приборы не устанавливаются (коридор, санитарные узлы), но теплопотери в них через пол или потолок имеются. В этих случаях теплопотери данных помещений (или часть их) добавляются к теплопотерям ближайших помещений, имеющих отопительные приборы.

Расчётная площадь ограждающих конструкций А определяется по правилам обмера в соответствии с [4]. При этом необходимо предвари-

тельно вычертить планы и разрез здания в масштабе 1:100. Толщина наружных ограждений должна быть вычерчена в масштабе в соответствии с теплотехническим расчётом.

По общим правилам обмера значения размеров принимаются:

1) площадь окон и дверей – по наименьшим размерам (h_0xb_0) проёмов в свету;

2) площадь потолков и полов – по расстоянию между осями внутренних стен и расстоянию от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен;

3) высота стен первого этажа - по расстоянию от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа при наличии неотапливаемого подвала: т.е.

$$h_{нс} = h_{эт} + \sigma_{пл}\ , \qquad (2.14)$$

где $\sigma_{пл}$ – толщина перекрытия над неотапливаемым подвалом;

4) высота стен промежуточного этажа – по расстоянию между уровнями чистого пола данного и вышележащего этажей:

$$h_{нс} = h_{эт}; \qquad (2.15)$$

5) высота стен верхнего этажа - по расстоянию от уровня чистого пола до верха утеплителя чердачного перекрытия:

$$h_{нс} = h_{эт} + \sigma_{ут}; \qquad (2.16)$$

где $\sigma_{ут}$ – толщина утеплителя, мм;

6) ширина наружных стен $b_{нс}$:

- для не угловых помещений – по расстоянию между осями внутренних стен;

- для угловых помещений – по расстоянию от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен.

Линейные размеры ограждающих конструкций необходимо определять с точностью 0,1 м, а площадь - с точностью 0,1 м^2.

Для лестничных клеток при расчете теплопотерь площадь наружной стены измеряют по высоте от поверхности пола 1 этажа до верха конструкции чердачного перекрытия. Учитывают теплопотери через наружные стены, наружную дверь, оконные проемы, чердачное перекрытие, перекрытие над подвалом.

Для данной курсовой работе толщины ограждающих конструкций жилого трехэтажного здания принимаются следующие:

- толщина наружной стены – 640 мм;

- толщина чердачного перекрытия – 300 мм;

- толщина перекрытия над подвалом – 300 мм.

Размеры оконного проема в свету – 1,47х1,760 м.

Подвал - без оконных проемов.

Размер входной (наружной) двери – 1,474х2,085 м.

Расчеты основных теплопотерь для каждого помещения здания сводятся в таблицу 2.9.

Вычерчиваются планы 1 и подвального этажей здания с указанием размеров между осями. На планах здания все помещения номеруются по ходу часовой стрелки, начиная с помещения, расположенного в верхнем левом углу плана здания. Первая цифра соответствует номеру этажа, две последующие - номеру помещения. Например, для первого этажа - 101, 102, 103 и т.д.

1. Столбец 1 – номера и наименование помещений.

2. Столбец 2 - температура внутреннего воздуха в помещениях.

3.Столбец 3 - условное обозначение ограждения: НС - наружная стена; ДО - окно с двойным остеклением; Пт - потолок (чердачное перекрытие); Пл - пол; ДН - дверь наружная, ЛК - лестничная клетка.

4. Столбец 4 - ориентация каждого вертикального наружного ограждения помещения по сторонам света в зависимости от ориентации фасада здания (приложение А).

5. Столбец 5 - с учетом правил обмера указываются размеры (axb), м, наружных ограждений с точностью до 0,1 м.

6. Столбец 6 - площади наружных ограждений, А, м^2, с точностью до 0,1 м^2.

7. Столбец 7 - расчетная температура наружного воздуха, равную расчетной температуре холодной пятидневки $t_н=t_{хп(0,92)}$, °С (приложение А).

8. Столбец 8 - расчетная разность температур внутреннего и наружного воздуха.

9. Столбец 9-коэффициенты теплопередачи наружных ограждений, *k*.

10. Столбец 10 - коэффициент, учитывающий положение наружного ограждения по отношению к наружному воздуху, *n*.

11. Столбец 11 - результаты расчетов основных теплопотерь для каждого помещения - $Q_{осн}$.

12. Столбец 12 - $\beta_{ор}$ – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери (ориентация по сторонам света).

$\beta_{ор}$ следует принимать в долях от основных потерь в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные стены, двери и окна, обращенные на:

- север (С), восток (В), северо-восток (С-В) и северо-запад (С-З) - в размере: $\beta_{ор}$ = 0,1;

- юго-восток (ЮВ), запад (З) - в размере: $\beta_{ор}$ = 0,05;

- юг (Ю), юго-запад (ЮЗ) – $\beta_{ор}$ = 0.

13. Столбец 13 - $\beta_{н.дв.}$ - коэффициент добавочных теплопотерь, учитывающий тип дверей и высоту здания *H*, м. В жилых зданиях $\beta_{н.дв.}$ следует учитывать только для наружных дверей лестничных клеток, Вт.

Для двойных дверей с тамбурами между ними $\beta_{н.дв.}=0,27H$.

14. Столбец 14 - результаты расчетов добавочных теплопотерь для каждого помещения (итоговая строка для каждого помещения):

- добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции на ориентацию по сторонам света $Q_{доб}$ учитываются только для наружных стен, окон, входных (наружных) дверей [4]:

$$Q_{доб} = Q_{осн} \cdot \beta \text{, Вт,} \qquad (2.14)$$

- добавочные потери теплоты на нагревание холодного воздуха, поступающего при кратковременном открывании наружных входов, не оборудованных воздушно-тепловыми завесами, принимаются в долях от основных потерь через наружные двери в зависимости от типа входных дверей и высоты здания *H*, м:

$$Q_{н.дв.} = Q_{л.кл.}(0{,}27H) \text{,} \qquad (2.15)$$

15. Столбец 15 - суммарные теплопотери с учетом добавочных, Вт, $\sum Q_{об}$ (итоговая строка для каждого помещения).

16. Столбец 16 - добавочные потери теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха, $Q_и$ (итоговая строка для каждого помещения).

В жилых зданиях инфильтрация происходит, главным образом, через окна, балконные двери, наружные двери, открытые проемы, щели, стыки стеновых панелей. Теплопотери на нагрев инфильтрующегося воздуха $Q_и$ в данной курсовой работе не рассчитывают, а принимают в размере 17% от суммарных теплопотерь $\sum Q_{об}$.

17. Столбец 17 - дополнительные бытовые теплопоступления в помещения, $Q_{быт}$ (итоговая строка для каждого помещения).

При расчете тепловой мощности систем отопления необходимо учитывать регулярные бытовые теплопоступления в помещение от электрических приборов, освещения, коммуникаций, материалов, тела человека и других источников. При этом значения бытовых тепловыделений, поступающих в комнаты и кухни жилых домов, следует принимать в количестве 10 Вт на 1м^2 площади пола [1] и определять по формуле:

$$Q_{быт}=10 \cdot A_n \text{, Вт,} \qquad (2.16)$$

где A_n - площадь пола отапливаемого помещения, м^2.

18. Столбец 18 (итоговая строка для каждого помещения) полные теплопотери помещений $\sum Q_{т.п.}$, Вт, для всех ограждений (формула 2.10).

Таблица 2.9

Ведомость расчета теплопотерь и бытовых теплопоступлений

Номер помещения и его назначение	Температура внутреннего воздуха $t_в$, °С	Характеристика ограждения				Расчетная температура наружного воздуха, $t_н$, °С	Расчетная разность температур, $t_{вн}$-$t_н$, °С	Коэффициент теплопередачи ограждения k, Вт/(м^2 °С)	Коэффициент n	Основные теплопотери, $Q_{осн}$=k·A·($t_{вн}$-$t_н$)·n, Вт	Коэффициенты дополнительных теплопотерь, $\beta_{ор}$		Теплопотери (добавочные), Вт $Q_{доб}$	Суммарные теплопотери с учетом добавок, Вт, $\sum Q_{об}$	Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха, Вт, $Q_и$	Бытовые выделения, Вт, $Q_{быт}$=10·$A_п$	Полные теплопотери, Вт, $\sum Q_{т.п.}$
		Наименование	Ориентация	Размеры a x b, м^2	Площадь, A, м^2						на ориентацию	на открывание наружных дверей					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Первый этаж																	
101																	
														Итоговая строка			
102																	
														Итоговая строка			
103 …																	
														Итоговая строка			
Теплопотери всего здания, $\sum Q_{т.п.}$, Вт																	

3 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

3.1 Выбор систем отопления жилых зданий

Система отопления здания должна быть рассчитана на обеспечение в помещениях в течение отопительного периода температуры внутреннего воздуха в пределах оптимальных параметров, установленных [7], при расчетных параметрах наружного воздуха для соответствующих районов строительства [2, 5].

При проектировании систем отопления необходимо обеспечить расчетную температуру и равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость системы, взрывопожарную безопасность и доступность очистки и ремонта [4]. Для жилых зданий необходимо принимать при температуре теплоносителя 95°С однотрубные системы отопления с радиаторами или конвекторами [1, 6].

Вертикальные однотрубные системы обладают лучшей тепловой и гидравлической устойчивостью, чем двухтрубные.

Для жилых зданий рекомендуются вертикальные однотрубные проточно-регулируемые системы водяного с насосной циркуляцией, как более экономичные по расходу металла и регулированию расхода теплоты [5, 6].

3.2 Выбор, размещение и прокладка трубопроводов

Трубопроводы систем отопления следует проектировать из стальных, медных, латунных труб, термостойких труб из полимерных материалов (в том числе металлополимерных), разрешенных к применению в строительстве. Выбор труб для систем отопления следует осуществлять согласно [5, 6] (таблица 3.1).

Таблица 3.1

Трубы систем отопления

Вид теплоносителя	Трубы с наружным диаметром, мм	
	до 60	более 60
Горячая вода	Стальные электросварные,ГОСТ 10704-76 Стальные водогазопроводные, легкие, ГОСТ 3262-75*	Стальные электросварные, ГОСТ 10704-76

На участках стояков, соединений с арматурой и отопительными приборами применяют трубы по ГОСТ 3262-75* обыкновенные водогазопроводные; в элеваторных пунктах - электросварные трубы, ГОСТ 10704-76.

Магистральные трубы систем водяного отопления прокладывают с верхней и нижней разводкой. В системах с нижней разводкой прокладку подающих и обратных теплопроводов следует предусматривать совместную в подвале, в техническом подполье или подпольных каналах.

Магистрали с верхней или нижней разводкой труб, как правило, рекомендуется проектировать тупиковыми, как более экономичные по расходу труб, чем магистрали с попутным движением воды.

Уклоны горизонтальных магистралей, 2÷5 мм на 1 метр трубопровода (0,002÷0,005), служат для обеспечения удаления воздуха из системы и опорожнения системы отопления.

Если подающая и обратная магистрали проложены вместе, то рационально для удобства крепления при монтаже прокладывать их с уклоном 0,002÷0,003 (для жилых и общественных зданий) в одном направлении в сторону теплового узла [2, 7].

3.3 Выбор и размещение стояков

Стояки прокладывают, открыто и располагают, преимущественно, у наружных стен на расстоянии 35 мм от внутренней поверхности стены до оси труб при диаметре ≤ 32 мм.

Конструкция стояков должна обеспечивать унификацию узлов и деталей. Для индустриализации процесса заготовки и уменьшения трудоемкости монтажных работ рекомендуется проектировать однотрубные стояки с односторонним присоединением отопительных приборов и подводками одинаковой длины (l≤500 мм). В угловых помещениях стояки рекомендуют размещать в углах наружных стен во избежание конденсации влаги на внутренней поверхности [7].

Проточные стояки без кранов для регулирования теплоотдачи отопительных приборов применяются в помещениях лестничных клеток и там, где не требуется регулирование теплового режима.

Для отопления жилых зданий рекомендуются регулируемые стояки и стояки с осевыми и смещенными замыкающими участками.

Эти системы обладают высокой гидравлической и тепловой устойчивостью и имеют хорошие экономические показатели по трудозатратам и расходу металла. Замыкающие участки, уменьшающие гидравлическое сопротивление стояков, предлагается устанавливать со смещением от оси стояка для увеличения количества воды, протекающей через прибор.

3.4 Выбор и размещение отопительных приборов

Конструкцию отопительных приборов необходимо выбирать в соответствии с характером и назначением отапливаемых помещений, зданий и сооружений по [1, 7].

Отопительные приборы следует размещать под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Длину отопительного прибора следует определять расчетом и принимать не менее 50% - в жилых зданиях [4].

В угловых помещениях приборы необходимо размещать на обеих наружных стенах. При таком размещении движение восходящего теплового потока от отопительных приборов препятствует образованию ниспадающих холодных потоков от окон и холодных поверхностей стен и попаданию их в рабочую зону.

Отопительные приборы на лестничных клетках следует размещать на первом этаже. Отопительные приборы не следует размещать в отсеках тамбуров, имеющих наружные двери.

Отопительные приборы лестничных клеток следует присоединять к отдельным магистралям систем отопления по однотрубной проточной схеме. В качестве отопительных приборов лестничных клеток могут применяться ребристые трубы, конвекторы, стальные панели, радиаторы [4-6].

3.5 Присоединение трубопроводов к отопительным приборам

Теплоотдача отопительных приборов в значительной степени определяется принятой схемой присоединения приборов к трубам, системой отопления и схемой подачи теплоносителя в прибор.

Присоединение труб к отопительным приборам может быть односторонним и разносторонним.

Подача теплоносителя в отопительные приборы может осуществляться «сверху-вниз», «снизу-вверх» (рисунок 3.1).

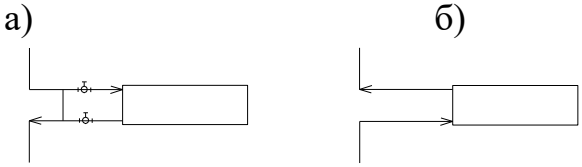


Рисунок 3.1 - Схемы подачи теплоносителя в нагревательные приборы: а) сверху-вниз; б) снизу-вверх.

Схемы «снизу-вверх» и «снизу-вниз» применяют только в однотрубных системах водяного отопления с нижней разводкой. Коэффициент теплопередачи приборов водяного отопления при схеме «сверху-вниз» выше.

3.6 Размещение запорно-регулирующей арматуры

В жилых зданиях у отопительных приборов следует устанавливать автоматические терморегуляторы и регулирующую арматуру.

В помещениях, где имеется опасность замерзания теплоносителя, регулирующая арматура у отопительных приборов должна быть защищена от ее несанкционированного закрытия. [4].

В системах отопления следует предусматривать устройства для удаления воздуха (скопление воздуха в системе нарушает циркуляцию теплоносителя, вызывает шум и коррозию стальных труб) и их опорожнения.

В системах отопления с нижней разводкой удаление воздуха целесообразно предусматривать через ручные краны конструкции Маевского или через автоматические воздуховыпускные краны, установленные в верхних пробках радиаторов верхних этажей. Из современных нагревательных приборов воздухоудаление осуществляется через автоматические воздухоотводчики, предусмотренные в конструкции прибора.

В системах отопления устанавливают муфтовую арматуру - проходные краны и вентили - (резьбовое соединение) - при диаметре труб ≤ 40 мм,

при диаметре ≥ 50 мм - фланцевую арматуру - задвижки - (фланцевое соединение).

Не рекомендуется устанавливать арматуру на подводках к приборам в помещениях гардеробных, душевых, санитарных узлах, кладовых, а также в помещениях, где имеется опасность замерзания теплоносителя (лестничные клетки, тамбуры и т.п.).

Для отключения отдельных частей системы отопления на трубах магистралей используют балансировочные клапана.

В системах отопления следует предусматривать устройства для их опорожнения: в системах отопления с нижней разводкой в зданиях 2 этажа и более; на лестничных клетках, независимо от этажности здания. На каждом стояке следует предусматривать сливную арматуру со штуцерами для присоединения шлангов. В пониженных местах магистралей устанавливают спускные краны для слива теплоносителя [7].

Арматура в тепловом узле здания предназначена для регулирования и отключения систем отопления и оборудования. Задвижки рекомендуют устанавливать на главных подающих и обратных магистралях, до и после водоструйных элеваторов, циркуляционных и смесительных насосов, исполнительных механизмов автоматического регулирования, на обводных линиях [7].

3.7 Теплоизоляция труб

При прокладке в неотапливаемых помещениях (чердаки, технические этажи, подвалы, подполья и др.) и в местах, где возможно замерзание теплоносителя (наружные двери, ворота, открытые проемы и др.), для снижения теплопотерь, подающие и обратные магистрали и участки стояков в местах присоединения к магистралям, покрывают тепловой изоляцией. Тепловая изоляция может быть оберточная (ленты, жгуты и маты), сборная (штучные кольца, скорлупа и сегменты) и литая, наносимая на трубы в заводских условиях. Изоляция трубопроводов снаружи покрывается защитным слоем: асбестовым или алюминиевым листом, или синтетической несгораемой пленкой. В настоящее время используются новые теплоизоляционные материалы (например, «Термафлекс»).

3.8 Конструирование аксонометрических схем систем отопления

Аксонометрическую схему системы отопления выполняют в масштабе 1:100 в проекции под углом 45°С с указанием фактических длин горизонтальных и вертикальных труб. На схеме системы отопления показывают все элементы и узлы системы, трубы, запорно-регулирующую арматуру на магистралях, изгибы труб, компенсаторы, стояки с отопительными приборами, воздухосборники. В практике проектирования аксонометрическую схему вычерчивают отдельно пофасадно, с разработкой стояков в соответствии с наименованием системы отопления [7, 10].

4 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Тепловой расчет системы отопления заключается в определении площади поверхности отопительных приборов. К расчету приступают после выбора типа отопительных приборов, места установки, способа присоединения к трубам системы отопления, вида и параметров теплоносителя, температуры воздуха в отапливаемом помещении.

Поверхность отопительного прибора должна обеспечить необходимый тепловой поток от теплоносителя к воздуху помещения, равный теплопотерям помещения за вычетом теплоотдачи проложенных в них теплопроводов. Методики расчетов и подбора отопительных приборов приведены в [1].

4.1 Расчет площади отопительных приборов в однотрубных системах отопления

Поверхность нагрева отопительных приборов в однотрубных системах отопления рассчитывается с учетом температуры теплоносителя ^{0}С, количества теплоносителя, проходящего через прибор $G_{\text{пр}}$, кг/ч, и величины тепловой нагрузки прибора $Q_{\text{пр}}$, Вт.

Расчет площади каждого отопительного прибора осуществляется в определенной последовательности:

а) Вычерчивается расчетная схема стояка, принимается тип отопительного прибора и место установки, схема подачи теплоносителя в прибор, конструкция узла прибора.

На расчетной схеме проставляются диаметры труб, тепловая нагрузка прибора, $Q_{\text{пр}}$, равная теплопотерям данного помещения, $Q_{\text{пом}}$, Вт.

б) Рассчитывается общее количество воды, кг/ч, циркулирующей по стояку, по формуле [1]:

$$G_{ст} = \frac{\sum_{1}^{n} Q_{пр} \cdot \beta_1^* \cdot \beta_2^* \cdot 3{,}6}{c \cdot (t_Г - t_0)}, \qquad (4.1)$$

где β_1^* - коэффициент учета дополнительного теплового потока, (для данного вида отопительных приборов β_1^*= 1,02);

β_2^* - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительных приборов у наружных ограждений, в том числе под оконными проемами, (для данного вида отопительных приборов β_2= 1,02);

c =4,187 кДж/(кг·^{o}С) удельная массовая теплоемкость воды;

$\sum_{1}^{N} Q_{пр}$ – суммарные теплопотери в помещениях по стоякам, Вт.

Рекомендуемые диаметры трубопроводов узла нагревательных приборов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Рекомендуемые диаметры трубопроводов узла нагревательного прибора

Наименование узла стояка	Диаметр труб D_y, мм		
	стояка	замыкающего участка	подводки
Этажестояк со смещенным обходным участком	15 20 25	15 20 20	15 20 25/20
Этажестояк проточный	15 20	- -	15 20

Тепловая нагрузка $Q_{ст}$, Вт, и общее количество воды $G_{ст}$, кг/ч, циркулирующей по стояку, сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

Сводная таблица расчета расхода воды в стояках

№ ст (пр)	$Q_{ст\ (пр)}$, Вт	$G_{ст\ (пр)}$, кг/ч
1		
2		
3		
	$\sum Q_{ст\ (пр)}$	$\sum G_{ст\ (пр)}$

В курсовой работе проведен оценочный расчет количества секций нагревательных приборов.

Расчетная наружная площадь поверхности отопительного прибора, м^2, определяется по формуле:

$$A_{пр} = \frac{Q_{пр}}{q_{ном}}, \quad (4.2)$$

где $Q_{пр}$ – тепловая нагрузка на прибор, Вт, $Q_{пр}=Q_{пом}$;

$q_{ном}$ – усредненное значение номинальной плотности теплового потока, Вт/м^2:

- для радиаторов чугунных - $q_{ном}$=595, Вт/м^2.

Расчетное количество секций радиаторов по помещению определяется по формуле:

$$N_{пом.,расч} = \frac{A_{пр} \cdot \beta_3}{a_1 \cdot \beta_4}, \quad (4.3)$$

где a_1 – площадь одной секции радиатора марки М140-АО (ГОСТ 8690-75), м^2, a_1 = 0,254 м^2;

β_3 - поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе; $\beta_3 = 0{,}92 + \frac{0{,}16}{A_{пр}}$;

β_4 – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении; β_4 = 1.

При округлении дробного числа элементов приборов любого типа до целого допускается уменьшать их расчетную площадь $A_{пр}$ не более чем на 5% (0,1 м^2). При других условиях принимается ближайший нагревательный прибор.

Результаты расчетов отопительных приборов сведены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3

Результаты расчета отопительных приборов системы водяного отопления

№ стояка	№ помещ.	$Q_{пр}$, Вт	$A_{пр}$, м^2	$N_{пр.,расч}$, секц.	$N_{пр.,факт}$, секц.
1	101				
	102				
	103				

5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Гидравлический расчет проводится по законам гидравлики. Правильный гидравлический расчет предопределяет работоспособность системы отопления. На основе гидравлического расчета осуществляется выбор диаметра труб *d*, мм, обеспечивающий при располагаемом перепаде давления в системе отопления, $\Delta\rho_p$, Па, пропуск заданных расходов теплоносителя *G*, кг/ч, (т.е., обеспечено затекание необходимого количества воды в каждое ответвление, стояк, отопительный прибор).

При гидравлическом расчете системы отопления расчет стояков и магистральных трубопроводов проводится методом удельных потерь давления [1].

5.1 Определение располагаемого перепада давления в системах отопления

Располагаемый перепад давления для создания циркуляции воды $\Delta\rho_p$, Па, в насосной вертикальной однотрубной системе с качественным регулированием теплоносителя с нижней разводкой магистралей, определяется по формуле:

$$\Delta p_p = \Delta p_н + \Delta p_{е.пр} \ , \qquad (5.1)$$

где $\Delta p_н$ - давление, создаваемое циркуляционным насосом, Па;

$\Delta p_{е.пр.}$ - естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в отопительных приборах системы отопления, Па.

$\Delta p_{е.пр.}$, Па, определяется по формуле:

$$\Delta p_{е.пр.} = \frac{\beta \cdot q \cdot 3{,}6}{c \cdot G_{ст}} \cdot \sum^{N} Q_i h_i \ , \qquad (5.2)$$

где Q_i - теплоподача теплоносителя в i-е помещение, Вт;

β - среднее приращение плотности (объемной массы) при понижении температуры воды на 1^0С;

h_i – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения в стояке для i-го прибора и нагревания, м;

c – удельная теплоемкость воды, *c* = 4,187, кДж/(кг·^{0}С);

$G_{ст}$ – расход воды в стояке, кг/ч, (формула 4.1);

N – количество приборов в стояке, входящем в расчетное кольцо, шт.

В насосных системах с нижней разводкой магистрали допускается не учитывать $\Delta p_{е.пр.}$, если оно составляет менее 0,1 $\Delta p_{н}$ [1].

В курсовой работе допускается $\Delta p_{е.пр.}$ не учитывать.

5.2 Метод удельных линейных потерь давления

Последовательность гидравлического расчета методом удельных линейных потерь давления:

а) вычерчивается аксонометрическая схема системы отопления в М 1:100. Для проведения гидравлического расчета выбирается наиболее нагруженное кольцо, которое является расчетным (главным), и второстепенное кольцо. При тупиковом движении теплоносителя главное циркуляционное кольцо проходит через наиболее нагруженный и удаленный от теплового узла стояк;

Рекомендуется систему отопления разделить на две или более части (ветви) одинаковой длины и с примерно равными тепловыми нагрузками.

б) главное циркуляционное кольцо разбивается на расчетные участки, обозначаемые порядковым номером (начиная от наиболее нагруженного и удаленного от теплового узла стояка); указывается расход теплоносителя на участке G , кг/ч, длина участка l , м;

в) для предварительного выбора диаметра труб определяются средние удельные потери давления на трение:

$$R_{ср} = \frac{0{,}65 \cdot j \cdot \Delta p_{p}}{\sum l} \text{ , Па/м,} \qquad (5.3)$$

где j – коэффициент, учитывающий долю потерь давления на магистралях и стояках, j=0,3 –для магистралей, j=0,7 – для стояков;

Σl –суммарная длина трубопроводов (магистралей или стояков), м;

Δp_{p} – располагаемое давление в системе отопления, Па,

Δp_{p}=25 кПа - для теплоносителя $t_г$=95 ^{0}С.

г) по расходу теплоносителя на участке, G, (приложение Д) находятся: предварительный диаметр труб - d, мм, фактические удельные потери давления на трение на 1 м - R, Па/м, фактическая скорость теплоносителя - υ, м/с. Полученные данные заносятся в таблицу 5.2.

д) определяются потери давления на участках:

$$\Delta p_{расч} = R \cdot l + Z \text{ , Па,} \qquad (5.4)$$

где R – удельные потери давления на трение, Па/м;

l – длина участка, м;

Z – потери давления на местных сопротивлениях, Па,

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\upsilon^2 \cdot \rho}{2} \text{ ;} \qquad (5.5)$$

где ξ – коэффициент, учитывающий местное сопротивление на участке, (приложение В);

ρ – плотность теплоносителя (вода с параметрами 95-70^{0}С), кг/м^3, (ρ=961,8 кг/м^3);

υ - скорость теплоносителя на участке, м/с, (приложение Г);

е) после предварительного выбора диаметров труб выполняется гидравлическая увязка (формула 5.7), которая не должна превышать 15%.

ж) если стояки увязываются, то начинают выполнять расчет второстепенных циркуляционных колец (аналогично), если же нет, то на нужных участках системы отопления устанавливаются балансировочные клапаны.

По результатам расчетов заполняются таблицы 5.2, 5.3.

1. Столбец 1 – номера участков;

2. Столбец 2 – тепловые нагрузки по участкам, *Q*, Вт, в соответствии с аксонометрической схемой;

3. Столбец 3 - расход воды на расчетном участке (или в стояке), *G*, кг/ч, (формула 4.1);

4. Столбец 4 – длина трубопроводов расчетного участка (или стояка), м;

5. Столбец 5 – по расходу теплоносителя на расчетном участке подбираются:

- диаметры трубопроводов d_y, мм;

- в соответствии с таблицей 4.2 по диаметру стояка d_y, мм, подбираются диаметры подводок и замыкающего участка: $d_{y(n)}$, мм; $d_{y(з)}$, мм;

6. Столбец 6 - по расходу теплоносителя на расчетном участке подбираются потери давления на трение R, Па;

7. Столбец 7 - по расходу теплоносителя на расчетном участке подбирается фактическая скорость теплоносителя υ, м/с;

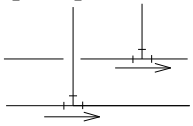
Скорость движения теплоносителя в трубопроводах систем отопления следует принимать в зависимости от допустимого эквивалентного уровня звука в помещении:

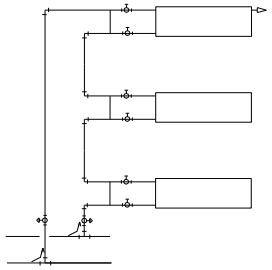
- выше 40 дБА - не более 1,5 м/с в жилых зданиях и помещениях.

8. Столбец 9 - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке (приложение В) (таблица 5.1);

Таблица 5.1

Пример расчета местных сопротивлений на расчетных участках

№ участка, вид местного сопротивления	∑ξ
Например: Участок 3 	2 тройника на проход, ξ=1; $\sum\xi_{уч(3)}$ = 2x1=2

Например: Стояк 3 	1) чугунный радиатор – 3 шт., ξ=1,4; 2) кран регулирующий двойной регулировки – 6 шт., ξ=13; 3) отвод гнутый под углом 90^0 – 6 шт., ξ=0,6; 4) вентиль обыкновенный прямоточный – 2 шт., ξ=3; 5) тройник поворотный на ответвление – 2 шт., ξ=1,5. $\sum\xi_{ст3}$ = 3x1,4+ + 6x13 + 6x0,6 + 2x3 + 2x1,5 = 96,2

9. Столбец 10 - потери давления на местных сопротивлениях, *Z* Па, определяются по формуле 5.5;

10.Столбец 11 - потери давления на участках $\Delta p_{расч}$, Па, определяются по формуле 5.4;

11. Столбец 12 – сумма потерь давления в циркуляционном кольце системы отопления ∑ΔР, Па, определяется суммированием потерь давления на местных сопротивлениях и потерь давления на участках.

После выполнения гидравлического расчета (таблицы 5.2, 5.3) выполняется увязка давлений в стояках и полукольцах.

Производим увязку стояков:

$$A = \frac{\Delta P_{участка} - \Delta P_{стояка}}{\Delta P_{участка}} \cdot 100,\% \qquad (5.7)$$

В случае невозможности увязки потерь давления в курсовой работе предусматривается установка:

- 1 вариант установки - балансировочные вентили серии HYDROCON (Oventrop), установленные на основании стояков. Вентиль выполняет следующие основные функции, а именно: выключение, а также опорожнение и последующее наполнение стояков, а также измерение давлений и настраивание.

- 2 вариант установки - Увязку стояков производим с помощью балансировочных клапанов серии ASV, установленных на основании стояков. Эти клапаны всегда используются парой. На обратном трубопроводе монтируются клапаны ASV-P, на подающем трубопроводе монтируется запорный клапан ASV-M.

Использование клапанов серии ASV позволяет разделить систему на независимые по давлению зоны и осуществлять поэтапный пуск их в эксплуатацию. Клапан ASV-M может быть использован только в качестве запорной арматуры и для присоединения импульсной трубки от клапанов ASV-P. Клапан ASV-P оснащен дренажным краном для слива теплоносителя и может перекрывать поток.

Таблица 5.2

Ведомость гидравлического расчета основного кольца системы отопления

№ уч.	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	∅, мм	R, Па	V, м/с	Rl, Па·м	∑ξ	Z, Па	$\Delta p_{расч}$= Rl+ Z, Па	∑ΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Участок 1											
Стояк 2											
Участок 2											
Стояк 3											
Участок 3											
…											

Увязка стояков производится с помощью балансировочных клапанов.

Таблица 5.3

Ведомость гидравлического расчета второстепенного кольца системы отопления

№ уч.	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	∅, мм	R, Па	V, м/с	Rl, Па·м	∑ξ	Z, Па	ΔP= Rl+ Z, Па	∑ΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Участок 1											
Стояк 2											
Участок 2											
Стояк 3											
Участок 3											
…											

Увязка полуколец производится с помощью балансировочных клапанов.

6 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО УЗЛА

Индивидуальные тепловые пункты (ИТП), встроенные в обслуживаемые ими здания, следует размещать в отдельных помещениях с самостоятельным входом.

Основным назначением теплового узла (ТП) при централизованном теплоснабжении (группового – ЦТП, индивидуального - ИТП, местного МТП) является трансформация параметров теплоносителя тепловой сети (давления $\Delta P_{т.с}$, Па, и температуры τ_1, °С) на параметры, требующиеся для систем отопления ($\Delta P_{с.о}$, t_1).

Системы отопления зданий следует присоединять к тепловым сетям:

- непосредственно при совпадении гидравлического и температурного режимов тепловой сети и местной системы;
- через элеватор при необходимости снижения температуры воды в системе отопления и располагаемом напоре перед элеватором, достаточном для его работы;
- через смесительные насосы при необходимости снижения температуры воды в системе отопления и располагаемом напоре, недостаточном для работы элеватора, а также при осуществлении автоматического регулирования системы.

Высоту помещений от отметки чистого пола до низа выступающих конструкций перекрытия (в свету) рекомендуется принимать не менее, м: для наземных ЦТП - 4,2; для подземных - 3,6; для ИТП - 2,2.

При размещении ИТП в подвальных и цокольных помещениях, а также в технических подпольях зданий допускается принимать высоту помещений и свободных проходов к ним не менее 1,8 м [3].

6.1 Тепловой пункт системы отопления с зависимым присоединением, с водоструйным элеватором и пофасадным регулированием

Тепловой пункт с пофасадным регулированием обеспечивает корректировку теплового режима отопления фасада здания в зависимости от отклонения температуры воздуха помещения, изменения температуры наружного воздуха, величины солнечной радиации на наружную стенку и влияния инфильтрации. За счет регулирования повышаются комфортные условия в отапливаемых помещениях и обеспечивается сокращение расхода теплоты на отопление от 4 до 15%. Регулирование теплоотдачи отопительных приборов на фасадах производится за счет изменения количества теплоносителя. Для чего используется регулятор температуры (тип РТК-2216-ДП), имеющий датчик сопротивления.

Датчики внутренней температуры размещают на каждом фасаде и устанавливают на первом $t_в^н$, °С, и на верхнем $t_в^в$, °С, этажах на внутренней стенке на высоте 1,5 м от пола. Датчики температуры наружного воздуха $t_н$, °С, на каждом фасаде устанавливаются на высоте не менее 2 м от земли с

защитным кожухом от солнечной радиации. Датчики $t_в^н$ и $t_в^в$ регулируют дефицит или избыток теплоты и дают команду регуляторам температуры на каждой фазе. При этом происходит открытие или закрытие прохода и соответственно перераспределение расходов теплоносителя в зависимости от потребности в теплоте обоих фасадов. Общий расход теплоносителя на вводе остается постоянным, что обеспечивает гидравлическую и тепловую устойчивость системы отопления и тепловых сетей. При фасадном регулировании в зависимости от схемы присоединения в качестве смесительного устройства могут применяться насос или водоструйный элеватор.

Основное оборудование теплового узла: водоструйный элеватор; прибор учета тепла; грязевик; ручной насос; входная арматура; сливная арматура; воздуховыпускная арматура; контрольно-измерительные приборы [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. М.: Минрегион России, 2013 г., 82 с.

2. СП 131.13330.2025 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. М.: Минрегион России, 2013 г., 88 с.

3. СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2013 г., 62 с.

4. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. М.: Минстрой России, 1997 г., 84 с.

5. СП 54.13330.2022 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012 г., 62 с.

6. СП 73.13330.2016 Внутренние санитарно-технические системы зданий. Актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85. М.: Минрегион России, 2013 г., 40 с.

7. ГОСТ 30494-2011 ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2011 г., 82 с.

8. ГОСТ 21.602-2003 СПДС. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования. М.: Госстрой России, 2003 г., 38 с.

9. Махов Л.Н. Отопление: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе бакалавриата по направлению 270800 «Строительство» (профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция») / Л. М. Махов. - Москва: Издательство АСВ, 2015. - 400 с.

10. Орлов К.С. Материалы и изделия для санитарно-технических устройств и систем обеспечения микроклимата: учебник для студентов средних специальных учебных заведений по специальности 2914 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств и вентиляции / К.С. Орлов. - Москва: Инфра-М, 2013 г., 181 с.

Приложение А

Климатические параметры района застройки

Вариант	Район застройки	Температура,°С, наиболее холодной пятидневки, $t_{хп}$ обеспеченностью 0,92	Продолжительность, сут. средняя температура воздуха, ^{0}С, периода со средней суточной температурой воздуха ≤ 8^0С воздуха		№ варианта планировки	Параметры теплоносителя	Ориентация
			продолжительность, сут.	средняя температура, °С			
1	2	3	4	5	6	7	8
00	Барнаул	-36	213	-7,5	1	150-70	С
01	Бийск	-35	213	-7,6	2	150-70	СЗ
02	Рубцовск	-35	206	-7,9	3	150-70	СВ
03	Благовещенск	-33	210	-10,7	4	150-70	Ю
04	Шимановск	-38	233	-12,5	5	150-70	ЮЗ
05	Архангельск	-33	250	-4,5	6	150-70	ЮВ
06	Онега	-32	243	-4,0	7	150-70	В
07	Астрахань	-21	164	-0,8	8	140-70	З
08	Белорецк	-34	231	-6,5	9	150-70	С
09	Уфа	-33	209	-6,0	10	150-70	СЗ
10	Белгород	-23	191	-1,9	1	140-70	СВ
11	Брянск	-24	199	-2,0	2	150-70	Ю
12	Баргузин	-41	240	-11,7	3	150-70	ЮЗ
13	Улан-Удэ	-35	230	-10,3	4	150-70	ЮВ
14	Владимир	-28	213	-3,5	5	150-70	В
15	Муром	-30	214	-4,0	6	150-70	З
16	Волгоград	-22	176	-2,,3	7	140-70	С
17	Вологда	-32	228	-4,0	8	150-70	СЗ
18	Воронеж	-24	190	-2,5	9	150-70	СВ
19	Иваново	-30	219	-3,9	10	150-70	Ю
20	Кинешма	-31	221	-4,1	1	150-70	ЮЗ
21	Иркутск	-33	232	-7,7	2	150-70	ЮВ
22	Нальчик	-18	168	0,6	3	130-70	В
23	Калининград	-19	188	1,2	4	130-70	З
24	Калуга	-27	210	-2,9	5	140-70	С
25	Петропавловск-Камчатский	-18	250	-1,7	6	130-70	СЗ
26	Усть-Камчатск	-28	277	-4,0	7	150-70	СВ

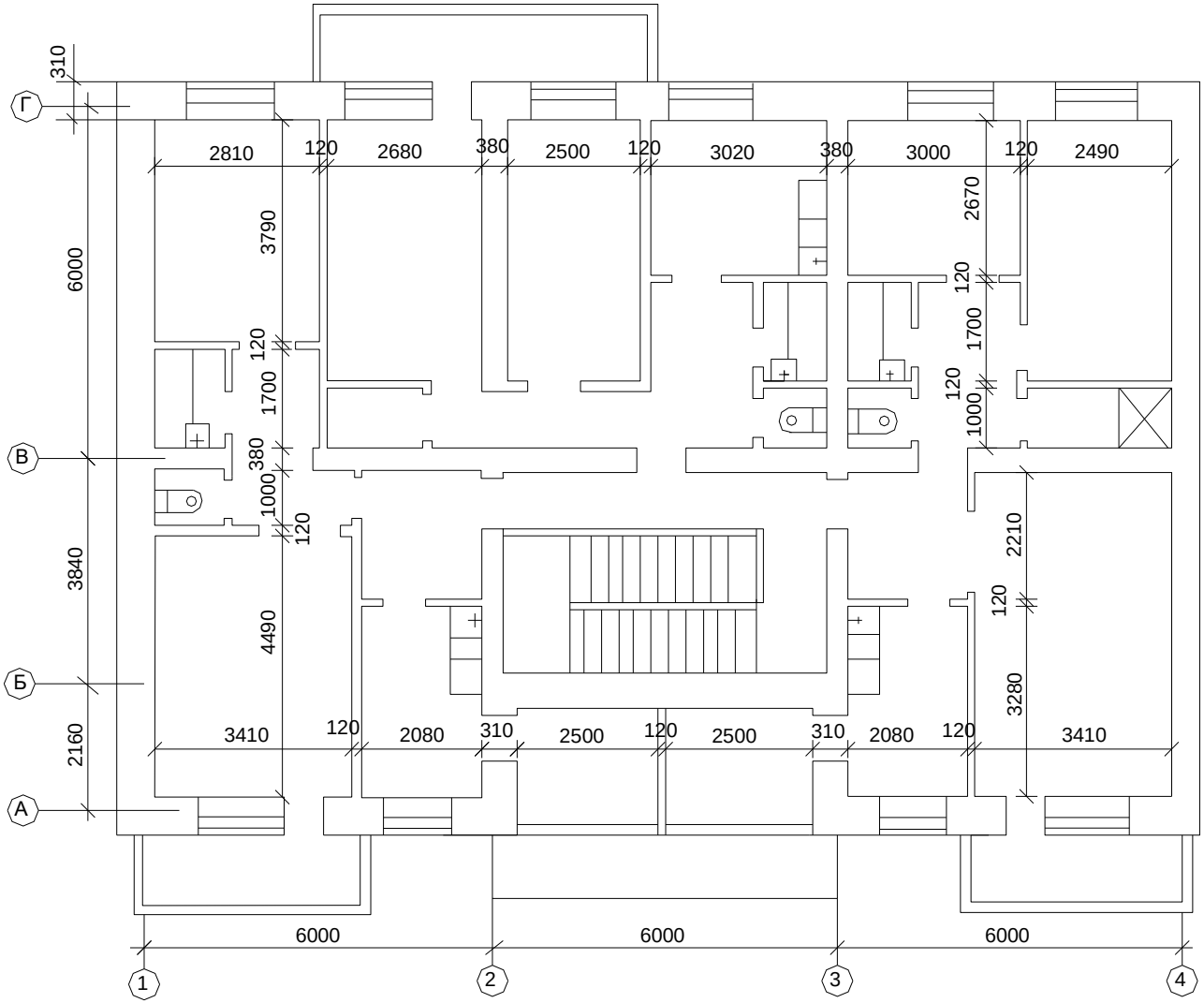
27	Черкесск	-18	169	0,6	8	130-70	Ю
28	Кемь	-28	255	-3,5	9	150-70	ЮЗ
29	Петрозаводск	-28	235	-3,2	10	150-70	ЮВ
30	Кемерово	-39	227	-7,3	1	150-70	В
31	Вятка	-33	231	-5,4	2	150-70	З
32	Воркута	-41	306	-9,1	3	150-70	С
33	Кострома	-31	222	-3,9	4	150-70	СЗ
34	Ачинск	-36	232	-7	5	150-70	СВ
35	Курган	-36	212	-7,6	6	150-70	Ю
36	Курск	-24	194	-2,3	7	150-70	ЮЗ
37	Липецк	-27	202	-3,4	8	150-70	ЮВ
38	Санкт-Петербург	-24	213	-1,3	9	150-70	В
39	Саранск	-30	209	-4,5	10	150-70	З
40	Дмитров	-28	216	-3,1	1	150-70	С
41	Москва	-25	205	-2,2	2	150-70	СЗ
42	Мурманск	-30	275	-3,4	3	150-70	СВ
43	Арзамас	-32	216	-4,7	4	150-70	Ю
44	Великий Новгород	-27	221	-2,3	5	150-70	ЮЗ
45	Боровичи	-29	220	-2,8	6	150-70	ЮВ
46	Барабинск	-39	230	-9	7	150-70	В
47	Новосибирск	-37	221	-8,1	8	150-70	З
48	Омск	-37	216	-8,1	9	150-70	С
49	Тара	-38	229	-8,2	10	150-70	СЗ
50	Оренбург	-32	195	-6,1	1	150-70	СВ
51	Орел	-25	199	-2,4	2	150-70	Ю
52	Пенза	-27	200	-4,1	3	150-70	ЮЗ
53	Пермь	-35	225	-4,5	4	150-70	ЮВ
54	Владивосток	-23	198	-4,3	5	140-70	В
55	Великие Луки	-27	208	-1,5	6	150-70	З
56	Псков	-26	206	-1,3	7	150-70	С
57	Ростов-на-Дону	-19	166	-0,1	8	140-70	СЗ
58	Таганрог	-18	165	0	9	140-70	СВ
59	Рязань	-27	208	-3,5	10	150-70	Ю
60	Самара	-30	203	-5,2	1	150-70	ЮЗ
61	Екатеринбург	-32	221	-5,4	2	150-70	ЮВ
62	Саратов	-25	188	-3,5	3	150-70	В
63	Корсаков	-20	232	-2,7	4	130-70	З
64	Курильск	-15	223	0,4	5	130-70	С
65	Южно-Сахалинск	-22	227	-4,4	6	140-70	СЗ

66	Владикавказ	-13	169	0,7	7	130-70	СВ
67	Вязьма	-27	217	-2,8	8	150-70	Ю
68	Смоленск	-25	209	-2	9	150-70	ЮЗ
69	Ставрополь	-18	168	0,5	10	130-70	ЮВ
70	Тамбов	-28	201	-3,7	1	150-70	В
71	Бугульма	-33	221	-5,8	2	150-70	З
72	Елабуга	-32	209	-5,2	3	150-70	С
73	Казань	-31	208	-4,8	4	150-70	СЗ
74	Тверь	-29	218	-3,0	5	150-70	СВ
75	Ржев	-28	217	-2,7	6	150-70	Ю
76	Томск	-39	233	-7,9	7	150-70	ЮЗ
77	Кызыл	-47	225	-15	8	150-70	ЮВ
78	Тула	-27	207	-3	9	130-70	В
79	Надым	-45	278	-11,5	10	150-70	З
80	Салехард	-43	285	-11,5	1	150-70	С
81	Сургут	-43	257	-9,9	2	150-70	СЗ
82	Тарко-Сале	-47	274	-12,6	3	150-70	СВ
83	Тобольск	-39	232	-7,9	4	150-70	Ю
84	Угут	-42	251	-9,1	5	150-70	ЮЗ
85	Ханты-Мансийск	-40	247	-8,8	6	150-70	ЮВ
86	Ижевск	-33	219	-5,6	7	150-70	В
87	Ульяновск	-31	212	-5,4	8	150-70	З
88	Биробиджан	-32	219	-10,4	9	150-70	С
89	Комсомольск-на-Амуре	-35	223	-10,8	10	150-70	СЗ
90	Охотск	-32	274	-9,6	1	150-70	СВ
91	Троицкое	-31	217	-9,7	2	150-70	Ю
92	Хабаровск	-29	204	-9,5	3	150-70	ЮЗ
93	Абакан	-37	232	-7,9	4	150-70	ЮВ
94	Челябинск	-34	218	-6,5	5	150-70	В
95	Грозный	-17	159	0,9	6	130-70	З
96	Чара	-45	263	-15,8	7	150-70	С
97	Чита	-38	238	-11,3	8	150-70	СЗ
98	Чебоксары	-32	217	-4,9	9	150-70	СВ
99	Ярославль	-31	221	-4	10	150-70	Ю

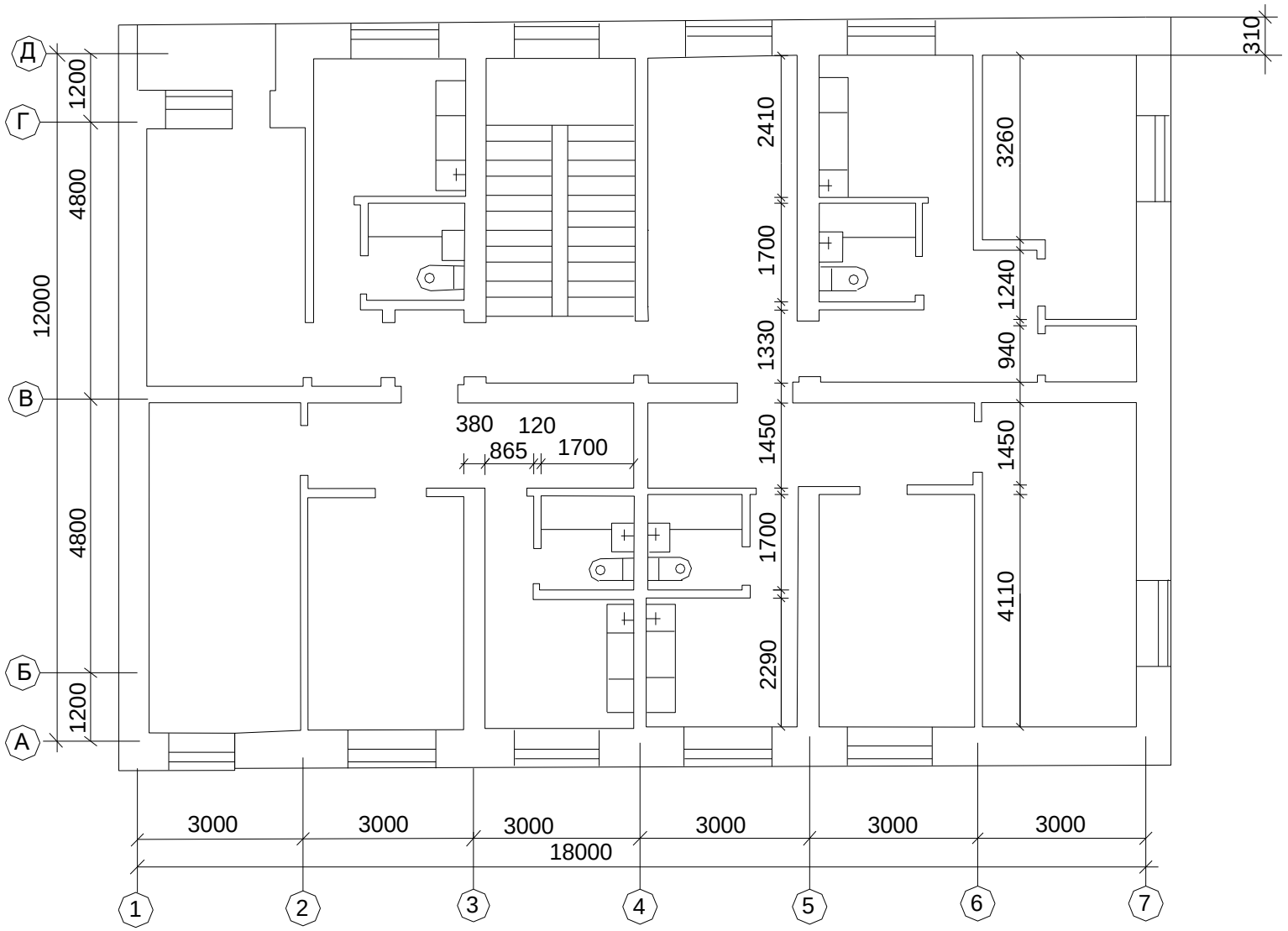
Приложение Б

Вариант №1

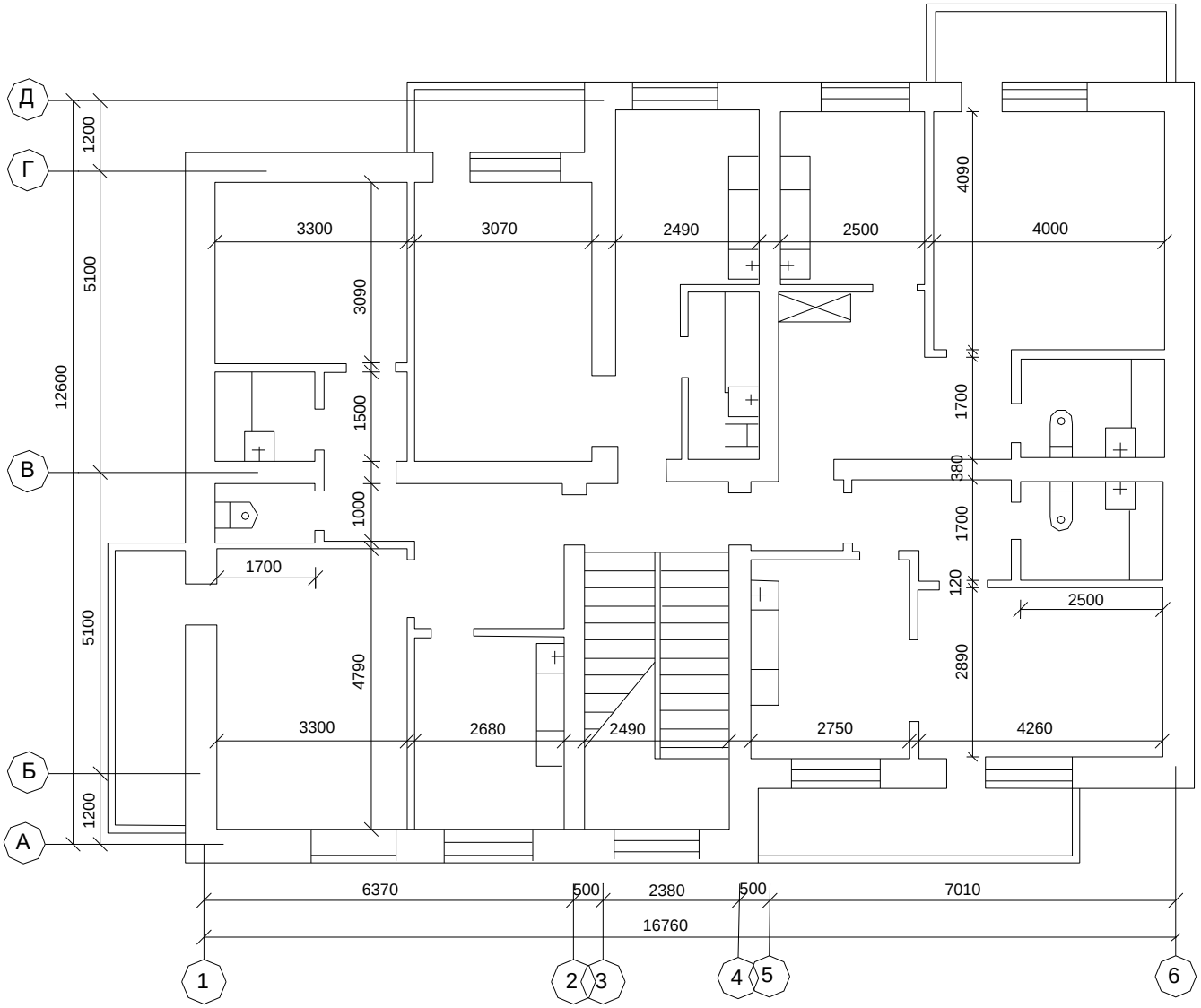
План типового этажа



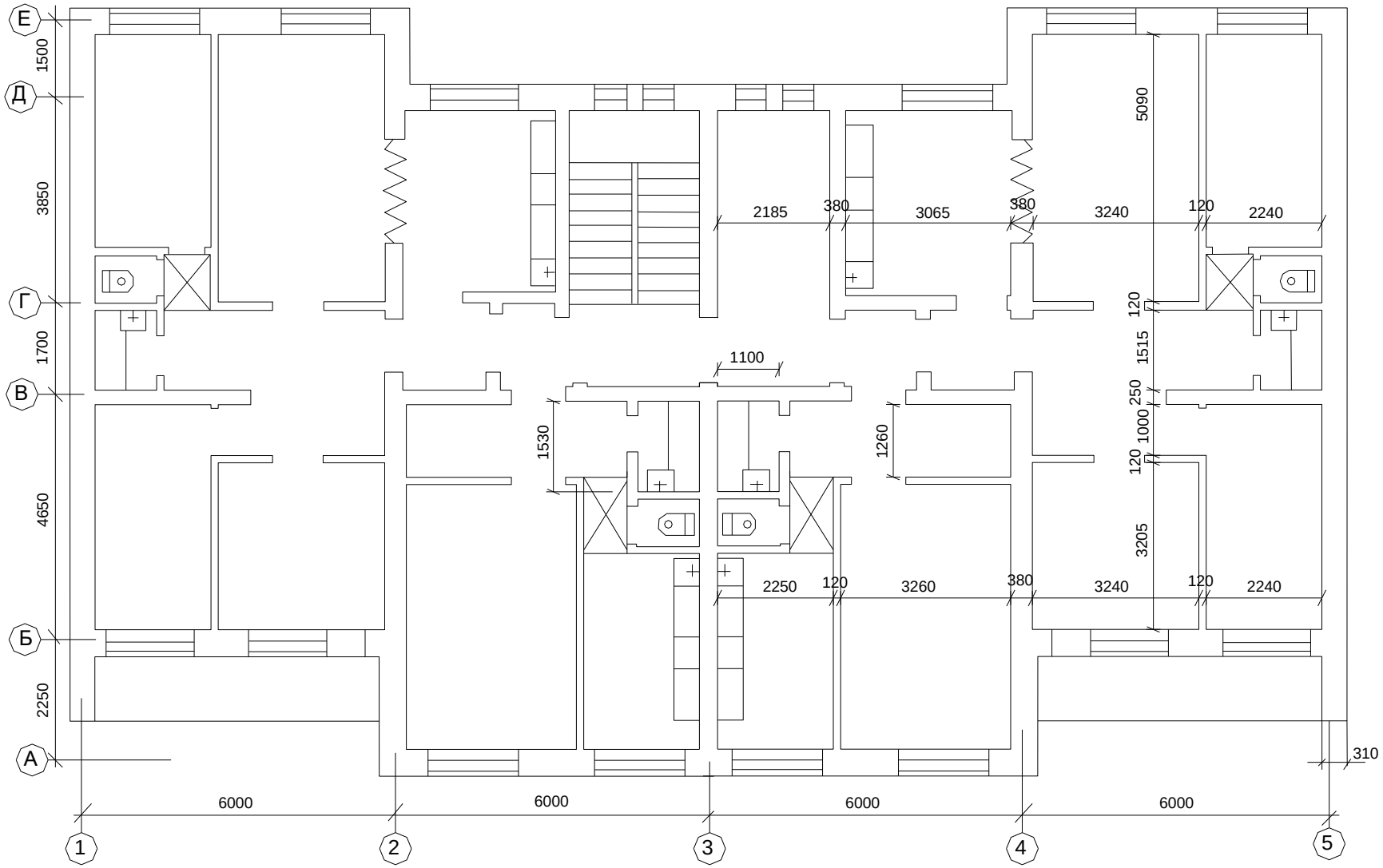
План типового этажа Вариант №2



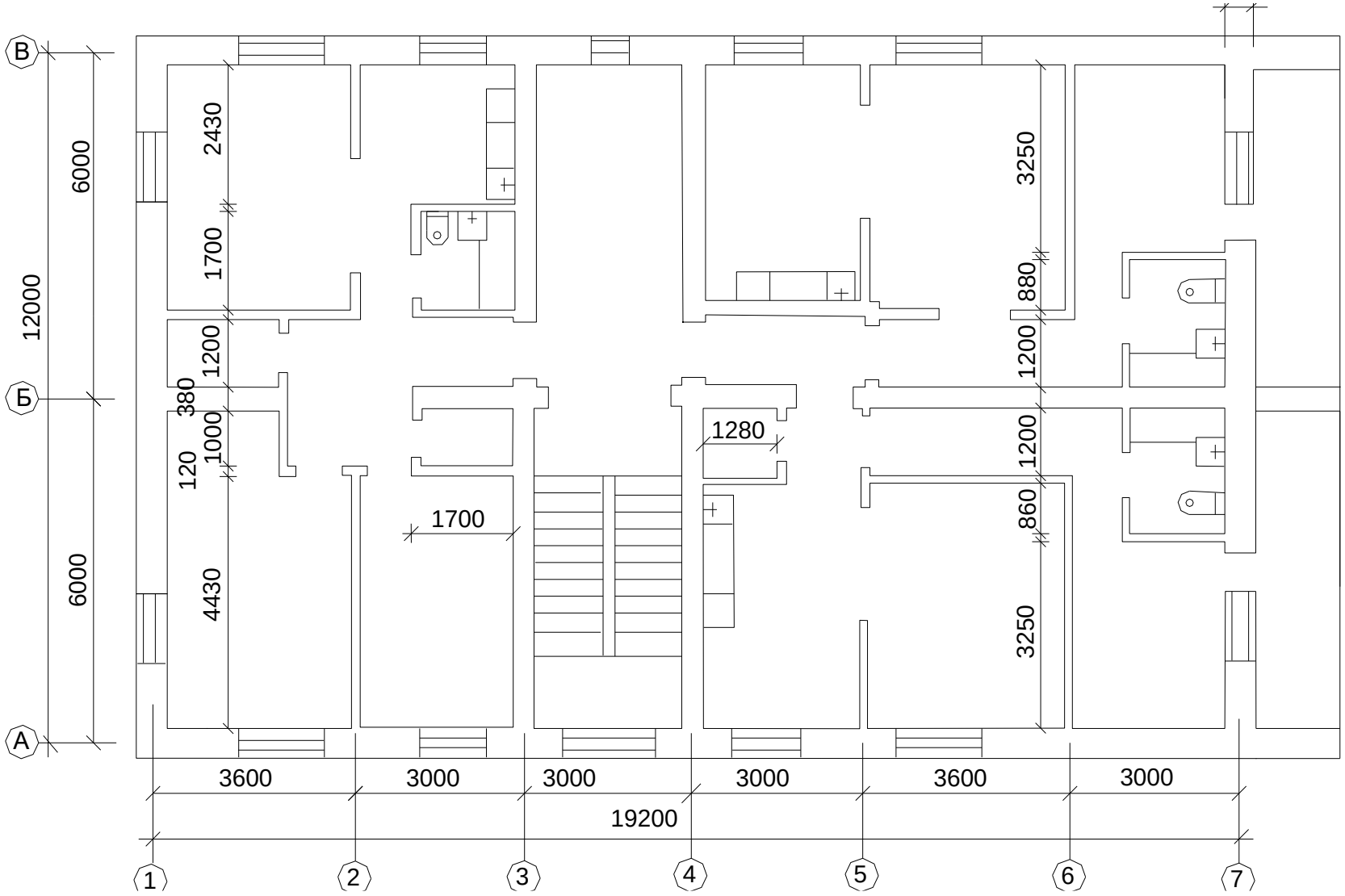
План типового этажа Вариант №3

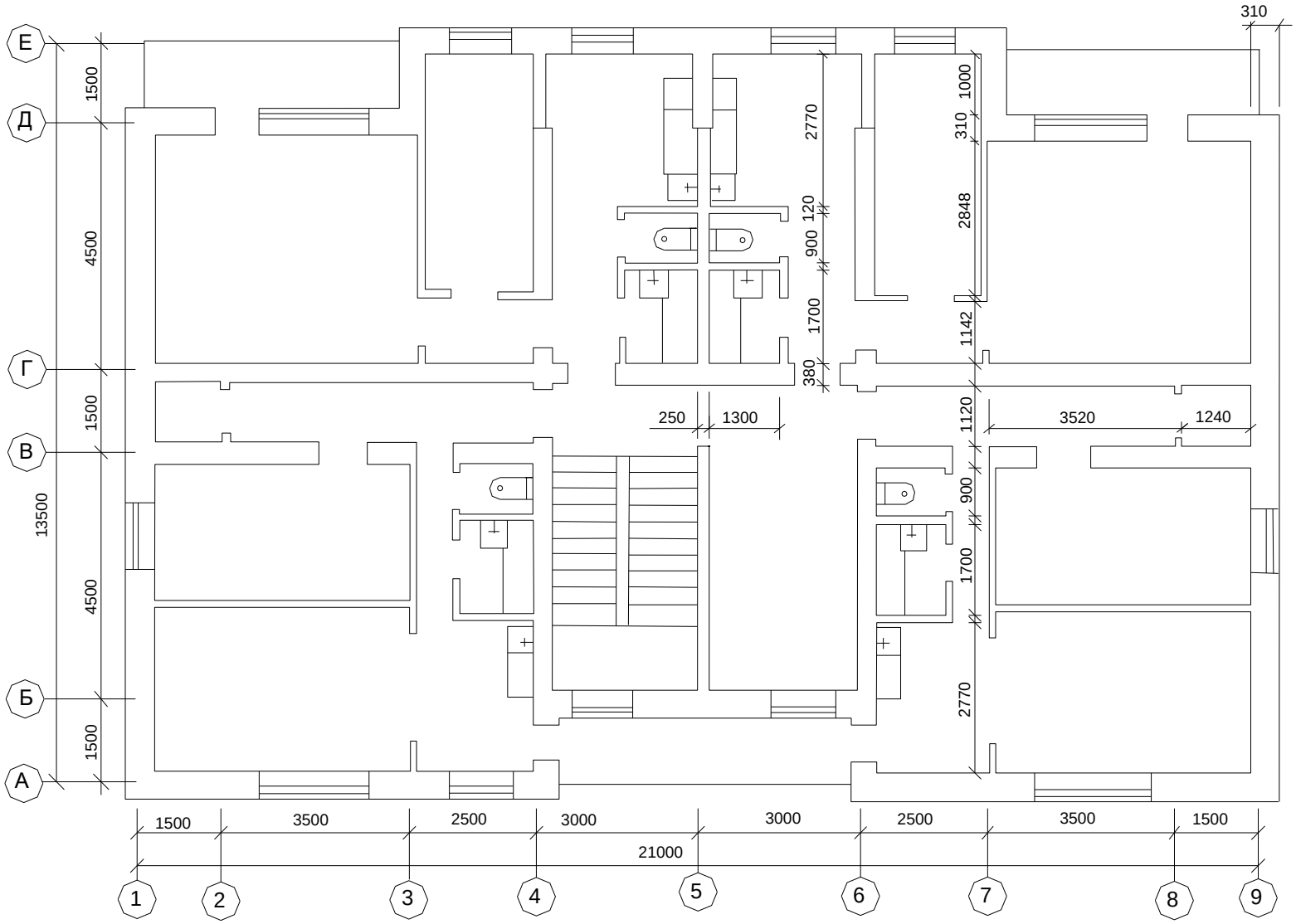


План типового этажа Вариант №4

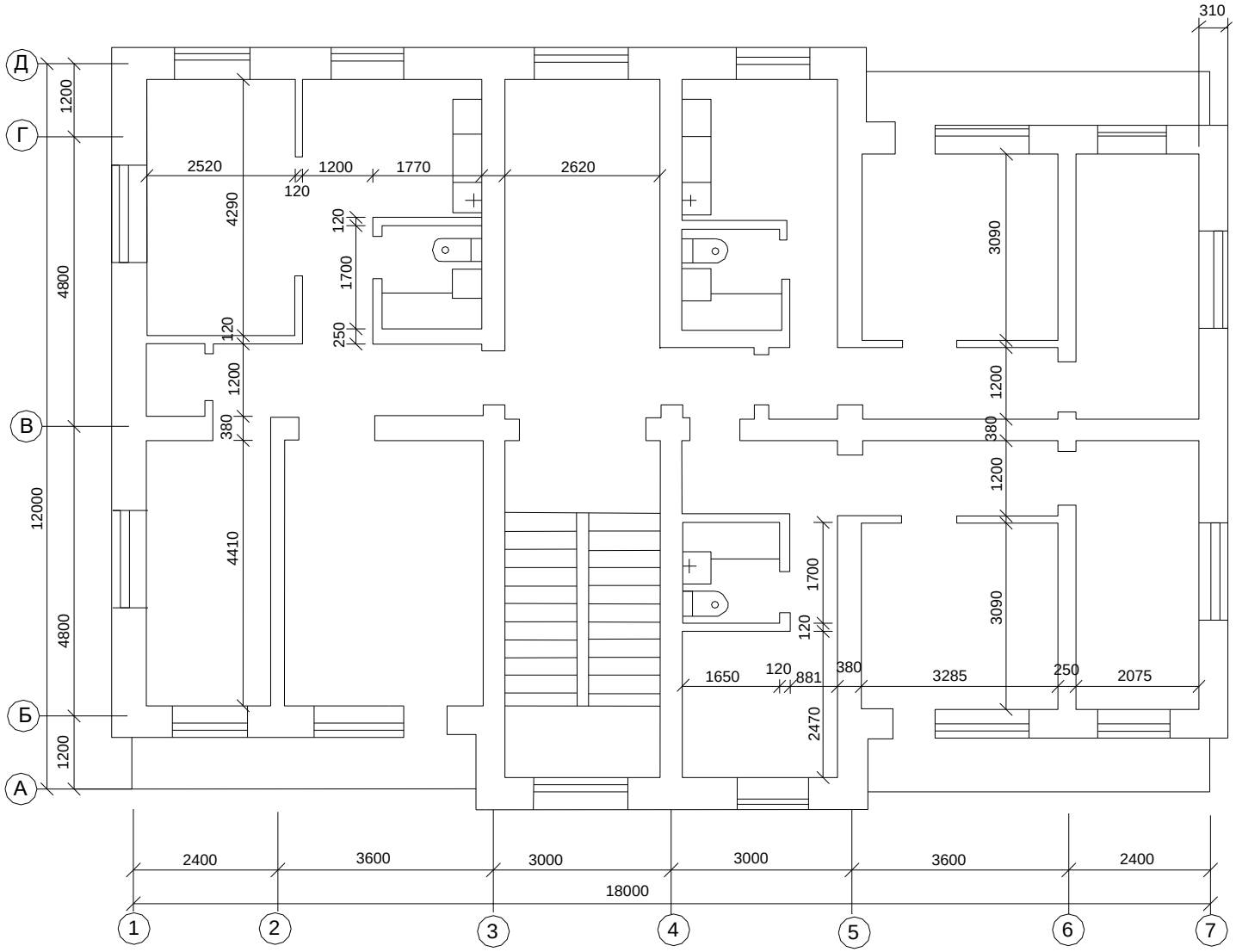


План типового этажа Вариант №5

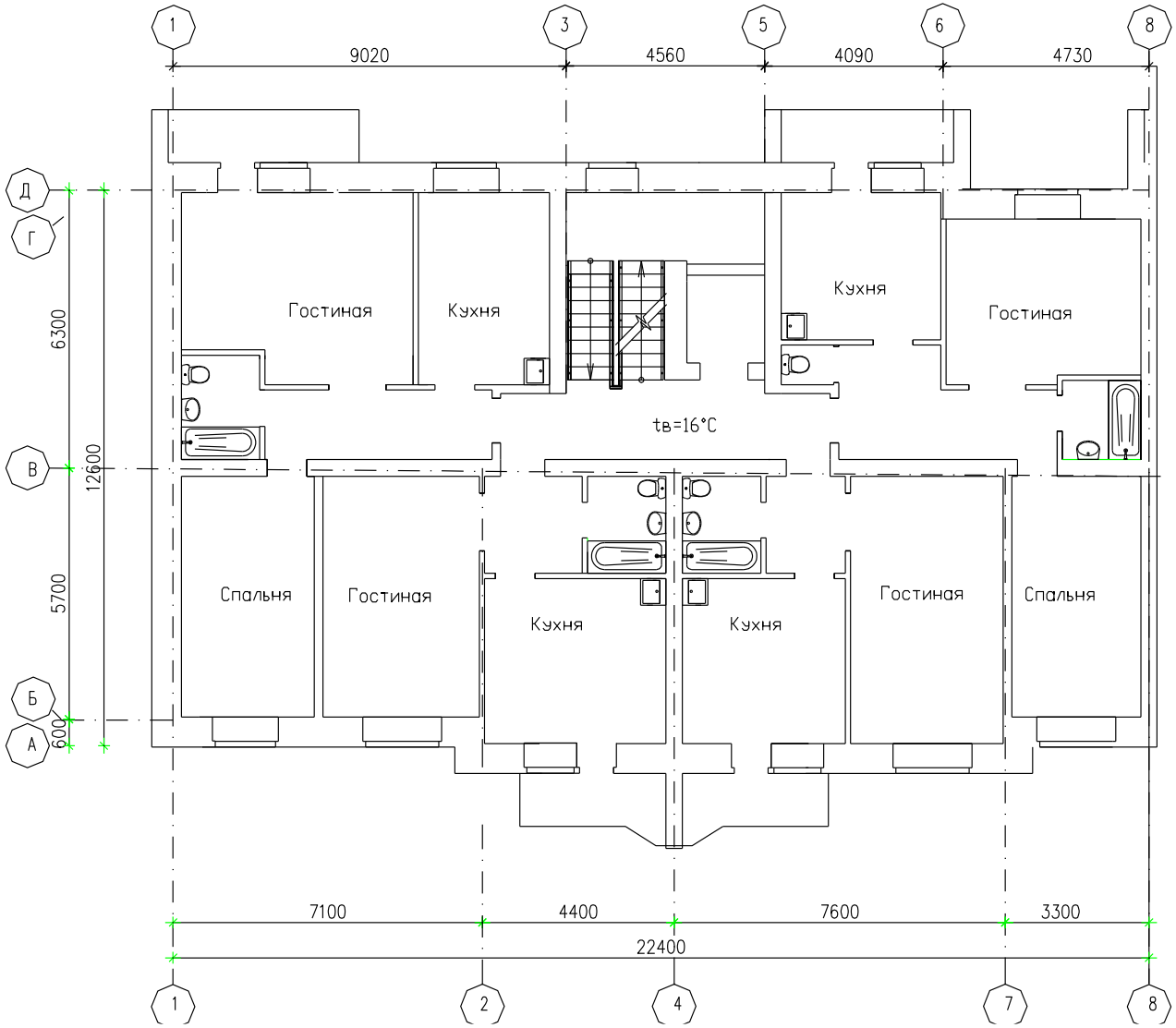



Е
Д
Г
В
Б
А
1
2
3
4
5
6
7
8
9
1500
4500
1500
4500
1500
13500
1500
3500
2500
3000
3000
2500
3500
1500
21000
310
1000
310
2848
2770
120
900
1700
380
1142
250
1300
1120
3520
1240
900
1700
2770

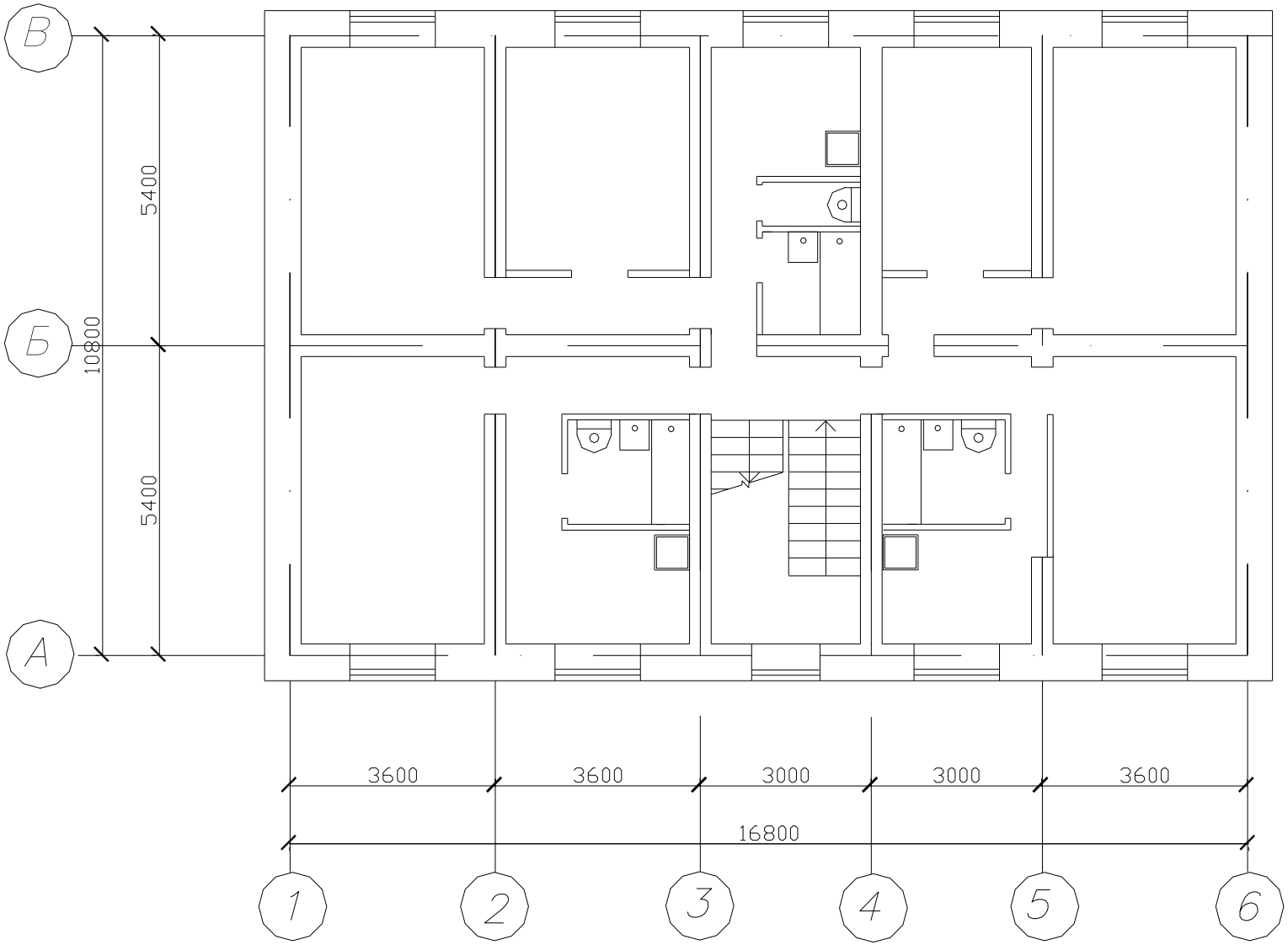
План типового этажа Вариант №7



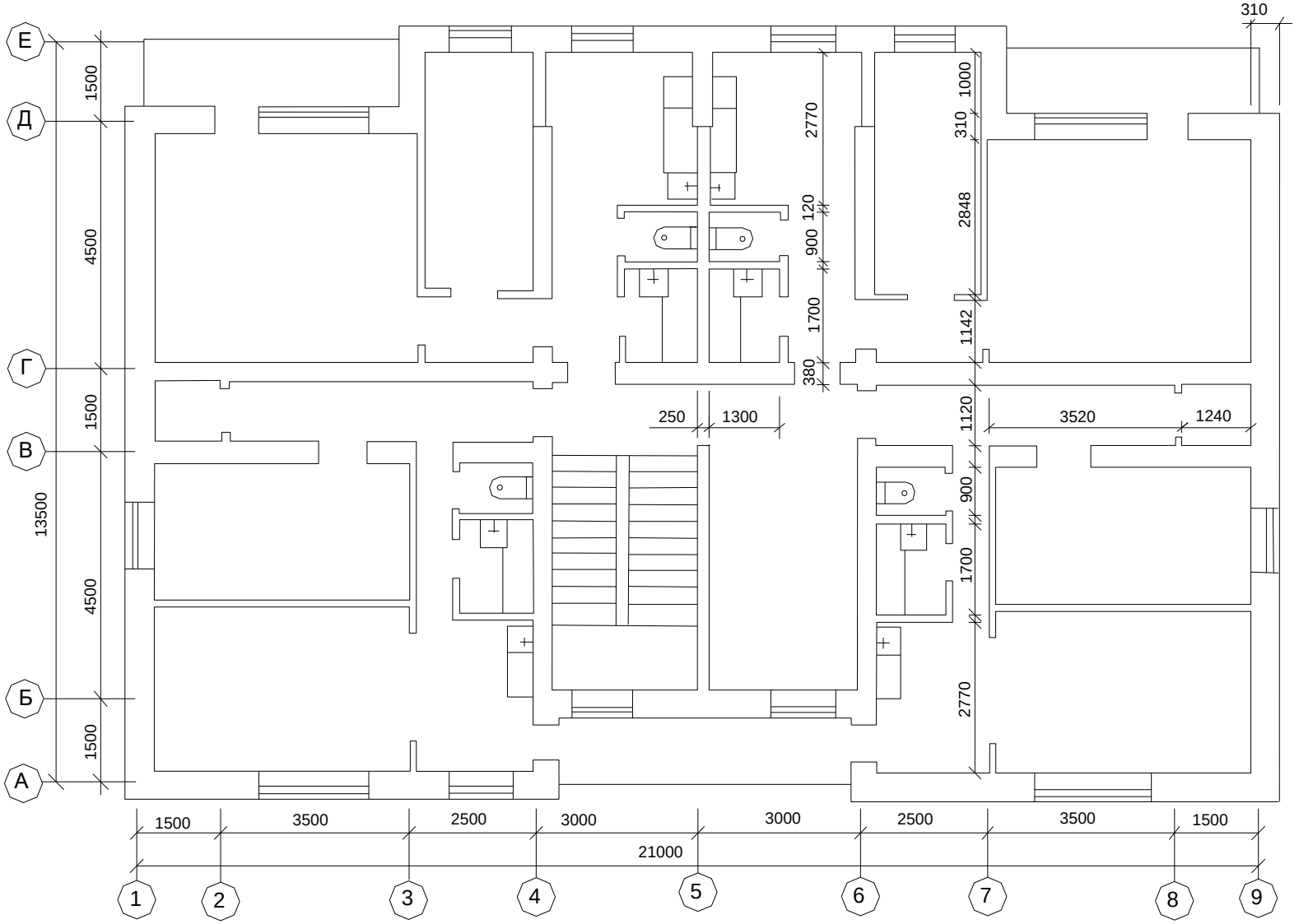
План типового этажа Вариант №8



План типового этажа Вариант №9



План типового этажа Вариант №10



Приложение В

Коэффициенты ξ местных сопротивлений (приближенные значения)

Местное сопротивление	Значения ξ при условном						
	10	15	20	25	32	40	50 и бо-
Радиаторы чугунные	2	2	2	2	2	2	2
Тройники: проходные (схема I)	1	1	1	1	1	1	1
поворотные на ответвление (схема II)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
на противотоке (схема III)	3	3	3	3	3	3	3
проходные (схема IV)	2	2	2	2	2	2	2
Вентили: обыкновенные	20	16	10	9	9	8	7
прямоточные	3	3	3	3	2,5	2,5	2
Краны: проходные	5	4	2	2	2	-	-
двойной регулировки с цилиндрической пробкой	5	4	2	2	2	-	-
Отводы: 90° и утка	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
двойные узкие	2	2	2	2	2	2	2
широкие	1	1	1	1	1	1	1

Приложение Д

Таблица для гидравлического расчета системы трубопроводов водяного отопления при перепадах температуры воды в системе отопления 95-70^{0}С и $k_ш$=0,2 мм

Потери давления на трение на 1 м, Па, R	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704-76 *) условным проходом, мм								
	15	20	25	32	40	50	65	80	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,8	5,0	26,2	81	123	177	337	771	1223	2131
	0,009	0,021	0,037	0,038	0,038	0,045	0,056	0,063	0,073
0,85	5,3	27,8	83,2	126	182	349	798	1265	2204
	0,01	0,023	0,038	0,039	0,039	0,046	0,058	0,065	0,076
0,9	5,6	29,4	83,2	129	188	360	824	1305	2274
	0,010	0,024	0,038	0,040	0,040	0,048	0,060	0,068	0,078
0,95	5,9	31,1	85,3	130	194	372	849	1345	2343
	0,011	0,025	0,039	0,041	0,041	0,049	0,062	0,070	0,080
1,00	6,2	32,7	87,5	132	199	383	874	1384	2410
	0,011	0,027	0,040	0,041	0,043	0,051	0,063	0,072	0,083
1,10	6,9	36,0	89,7	135	211	404	919	1455	2534
	0,013	0,029	0,041	0,042	0,045	0,054	0,067	0,075	0,087

1,2	7,5	39,2	91,9	138	222	425	965	1527	2658
	0,014	0,032	0,042	0,043	0,047	0,057	0,070	0,079	0,091
1,3	8,1	42,5	94,1	138	231	442	1009	1596	2777
	0,015	0,035	0,043	0,043	0,049	0,059	0,073	0,083	0,095
1,4	8,7	45,8	96,2	144	241	461	1051	1662	2892
	0,016	0,037	0,044	0,045	0,052	0,061	0,076	0,086	0,099
1,5	9,4	49,0	98,4	150	250	479	1092	1727	3003
	0,017	0,040	0,045	0,047	0,054	0,064	0,079	0,089	0,103
1,6	10,0	52,3	101	155	260	497	1131	1789	3110
	0,018	0,043	0,046	0,048	0,056	0,066	0,082	0,093	0,107
1,7	10,6	55,3	101	161	268	514	1170	1849	3214
	0,028	0,045	0,046	0,050	0,057	0,068	0,085	0,096	0,110
1,8	11,2	56,5	103	166	277	530	1207	1908	3316
	0,021	0,046	0,047	0,052	0,059	0,071	0,088	0,099	0,114
1,9	11,9	57,8	105	171	286	547	1244	1965	3414
	0,022	0,047	0,048	0,053	0,061	0,073	0,090	0,102	0,117
2,0	12,5	59,0	106	176	294	562	1279	2021	3510
	0,025	0,048	0,049	0,055	0,063	0,075	0,093	0,105	0,120
2,2	13,7	61,4	109	186	311	591	1344	2124	3689
	0,025	0,050	0,050	0,058	0,067	0,079	0,098	0,110	0,127
2,4	15,0	62,7	115	1%	325	621	1410	2227	3867
	0,028	0,051	0,053	0,061	0,070	0,083	0,102	0,115	0,133
2,6	16,2	65,1	119	204	340	649	1473	2326	4038
	0,030	0,053	0,055	0,063	0,073	0,086	0,107	0,120	0,139
2,8	17,5	66,3	125	212	354	676	1534	2422	4202
	0,032	0,054	0,057	0,066	0,076	0,090	0,111	0,125	0,144
3,0	18,7	67,6	130	221	368	702	1593	2514	4361
	0,034	0,055	0,059	0,069	0,079	0,093	0,116	0,130	0,150
3,2	20,0	68,8	134	229	381	727	1650	2603	4515
	0,037	0,056	0,062	0,071	0,082	0,097	0,020	0,135	0,155
3,4	21,2	71,2	139	237	394	752	1705	2690	4664
	0,039	0,058	0,064	0,074	0,084	0,100	0,124	0,139	0,160
3,6	22,5	72,5	144	244	407	776	1758	2774	4809
	0,041	0,059	0,066	0,076	0,087	0,103	0,128	0,144	0,165
3,8	23,7	73,7	148	252	419	799	1811	2855	4950
	0,044	0,060	0,068	0,078	0,090	0,106	0,131	0,148	0,170
4,0	25,0	74,9	152	259	431	822	1862	2935	5087
	0,046	0,061	0,070	0,081	0,092	0,109	0,135	0,152	0,175
4,5	28,1	74,0	163	277	461	874	1978	3119	5404
	0,052	0,060	0,075	0,086	0,099	0,H6	0,144	0,161	0,185
5,0	31,2	78,2	173	294	486	925	2094	3300	5717
	0,057	0,064	0,079	0,091	0,104	0,123	0,152	0,171	0,196
5,5	34,4	82,6	181	308	512	975	2204	3474	6015
	0,063	0,067	0,083	0,0%	0,110	0,130	0,160	0,180	0,206
6,0	35,6	86,8	190	323	537	1022	2310	3639	6300
	0,065	0,071	0,087	0,101	0,115	0,136	0,168	0,188	0,216

6,5	36,7	90,3	198	338	561	1067	2411	3798	6573
	0,067	0,074	0,091	0,105	0,120	0,142	0,175	0,196	0,226
7,0	37,8	94,1	207	352	584	1111	2509	3950	6855
	0,069	0,077	0,095	0,109	0,125	0,148	0,182	0,204	0,235
7,5	38,8	97,8	215	365	607	1153	2603	4098	7089
	0,071	0,080	0,099	0,114	0,130	0,153	0,189	0,212	0,243
8,0	39,0	101	223	378	628	1194	2694	4240	7335
	0,073	0,083	0,102	0,118	0,135	0,159	0,196	0,219	0,252
8,5	40,5	105	230	391	649	1233	2782	4379	7573
	0,074	0,086	0,106	0,122	0,139	0,164	0,202	0,227	0,260
9,0	41,6	108	238	403	670	1271	2868	4513	7804
	0,076	0,088	0,109	0,126	0,143	0,169	0,208	0,234	0,268
9,5	42,1	112	245	415	689	1309	2951	4644	8029
	0,077	0,091	0,112	0,129	0,148	0,174	0,214	0,240	0,276
10,0	42,7	115	252	427	709	1345	3033	4771	8248
	0,078	0,094	0,116	0,133	0,152	0,179	0,220	0,247	0,283
11,0	44,3	121	265	449	745	1413	3185	5011	8661
	0,081	0,099	0,122	0,140	0,159	0,188	0,231	0,259	0,297
12,0	45,9	127	278	470	780	1480	3335	5246	9065
	0,084	0,103	0,127	0,146	0,167	0,197	0,242	0,271	0,311
13,0	47,0	132	290	491	815	1545	3480	5472	9453
	0,086	0,108	0,133	0,153	0,174	0,206	0,253	0,283	0,324
14,0	48,1	138	302	511	848	1607	3618	5689	9827
	0,088	0,113	0,139	0,159	0,182	0,214	0,263	0,294	0,337
15,0	49,7	143	314	531	880	1668	3752	5898	10187
	0,091	0,117	0,144	0,165	0,188	0 222	0,272	0,305	0,350
16,0	48,8	148	325	549	910	1725	3882	6101	10536
	0,090	0,121	0,149	0,171	0,195	0,230	0,282	0,316	0,362
17,0	50,4	153	336	568	940	1781	4008	6298	10874
	0,093	0,125	0,154	0,177	031	0,237	0,091	0326	0373
18,0	52,0	158	346	585	969	1836	4129	6489	11202
	0,096	0,129	0,159	0,182	038	0,244	0,300	0336	0384
19,0	53,6	163	356	602	998	1889	4248	6674	11521
	0,098	0,133	0,164	0,188	0,214	0,251	0308	0345	0395
20,0	55,2	168	366	619	1025	1941	4364	6855	11832
	0,101	0,137	0,168	0,193	0,219	0,258	0,317	0355	0,406
22,0	58,0	176	385	650	1077	2038	4582	7197	12421
	0,106	0,144	0,177	032	0Д31	0,271	0,333	0372	0,426
24,0	60,9	185	403	681	1128	2134	4795	7531	12995
	0,112	0,151	0,185	0,212	0,241	034	0348	0390	0,446
26,0	63,6	193	421	711	1176	2226	5000	7851	13545
	0,117	0,157	0,193	0,221	0,252	036	0363	0,406	0,465
28,0	66,2	201	438	739	1224	2314	5197	8160	14075
	0,122	0,164	031	0,230	032	0308	0,377	0,422	0,483
30,0	68,8	208	454	767	1269	2399	5387	8457	14586
	0,126	0,170	0,209	0,239	0,272	0,319	0391	0,438	0401

32,0	71,3	216	470	794	1313	2482	5571	8744	15080
	0,131	0,176	0,216	0,247	0,281	0,330	0,405	0,452	0,518
34,0	73,7	223	486	819	1355	2562	5749	9023	15559
	0,135	0,182	0,223	0,255	0,290	0,341	0,417	0,467	0,534
36,0	76,0	230	500	844	1396	2639	5922	9294	16024
	0,140	0,187	0,230	0,263	039	0351	0,430	0,481	0450
38,0	78,3	236	515	869	1437	2715	6090	9557	16476
	0,144	0,193	0,236	0,271	0308	0361	0,442	0,495	0,566
40,0	80,5	243	529	893	1476	2788	6254	9814	16917
	0,148	0,198	0,243	0,278	0,316	0,371	0,454	0,508	0481
45,0	85,5	258	562	948	1567	2960	6639	10417	17956
	0,157	0,211	0,258	035	0336	0,394	0,482	0,539	0,616
50,0	90,6	273	594	1002	1656	3127	7011	11000	18956
	0,166	0,223	0,273	0,312	0,355	0,416	0,509	0,569	0,651
55,0	95,4	287	625	1053	1740	3286	7365	11553	19907
	0,175	0,234	0,287	0,328	0,373	0,437	0,535	0,598	0,683
60,0	99,9	300	654	1102	1821	3438	7703	12082	20816
	0,184	0,246	0,300	0,343	0,390	0,458	0,559	0,625	0,714
65,0	104	314	682	1149	1899	3583	8028	12590	21687
	0,192	0,256	0,313	0,358	0,407	0,477	0,583	0,651	0,744
70,0	108	326	709	1195	1973	3723	8340	13078,2	22526
	0,199	0,266	0,326	0,372	0,423	0,496	0,606	0,677	0,773
75,0	112	338	735	1239	2045	3859	8641	13549	23335
	0,207	0,276	0,338	0,386	0,438	0,514	0 628	0,701	0,801
80,0	116	350	760	1281	2115	3989	8933	14005	24118
	0,214	0,286	0,349	0,399	0,453	0,531	0,649	0,725	0,828
85,0	120	361	785	1322	2182	4116	9215	14446	24876
	0,221	0,295	0,361	0,412	0,467	0,548	0,669	0,748	0,854
90	124	373	809	1362	2248	4239	9490	14875	25613
	0,228	0304	0,371	0,424	0,481	0364	0,689	0,770	0,879
95	127	383	832	1401	2312	4359	9756	15292	26329
	0,235	0,313	0,382	0,436	0,495	0,580	0,708	0,791	0,904
100	131	394	855	4439	2374	4476	10015	15698	27026
	0,241	0,321	0392	0,448	0308	0396	0,727	0,813	0,928
110	137	413	897	1510	2492	4697	10511	16473	28359
	0,253	0338	0,412	0,470	0,534	0,625	0,763	0,852	0,973
120	144	433	939	1580	2606	4912	10989	!7222	29645
	0,265	0,353	0,431	0,492	0,558	0,654	0,798	0,891	1,018
130	150	451	979	1647	2716	5118	11449	17940	30878
	0,287	0,368	0,449	0,513	0,582	0,681	0,832	0,928	1,060
140	156	469	1017	1711	2822	5317	11890	18631	32065
	0,38	0,383	0,467	0,533	0,604	0,708	0,863	0,964	1,101
150	162	486	1054	1773	2924	5508	12317	19298	33209
	0,298	0397	0,484	0,552	0,626	0,733	0,894	0,999	1,140
160	168	503	1090	1833	3022	5693	12729	19942	24317
	0,309	0,411	0,500	0,571	0,647	0,758	0,924	1,032	1,178

Учебное издание

ОСНОВЫ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

Методические указания к курсовой работе для обучающихся
по направлению 08.03.01 Строительство
всех форм обучения

ПУЛЬДАС Людмила Александровна

В авторской редакции

Подписано в печать _____. Формат 60х90 1/16. Печ.л. _____
Тираж 100 экз. Заказ № _____

Издательский центр
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет»
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

Типография издательского центра
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52