Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.10.2026 14:55:21
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт сервиса и отраслевого управления
Кафедра Промышленной теплоэнергетики

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Методические указания к курсовой работе
для обучающихся специальности
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
всех форм обучения

Составители:
А.А.Дедун, кандидат технических наук, доцент
П.А.Третьякова, старший преподаватель

Тюмень
ТИУ
2022

Расчет энергетического паспорта: методические указания к курсовой работе для обучающихся специальности 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника /сост. П.А.Третьякова; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2022. – 27 с. – Текст: непосредственный.

Ответственный редактор: к.т.н, доцент А.П. Белкин, заведующий кафедрой Промышленной теплоэнергетики

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры Промышленной теплоэнергетики «01» октября 2022 года, протокол № 3

Аннотация

Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Вентиляция и отопление промышленных предприятий» по специальности 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Методические указания состоят из пояснительной записки, теоретических сведений необходимых для выполнения курсового проекты в соответствии с программой дисциплины и списком рекомендуемой литературы.

Методические указания окажут помощь при выполнении курсового проекта, а также могут пригодиться обучающимся при повторении изученного материала и подготовке к итоговому контролю.

Пояснительная записка

Курсовой проект - вид учебной работы по дисциплине (дисциплинам) профессионального цикла и (или) профессиональному модулю (модулям) профессионального цикла, который реализуется в пределах времени, отведенного на ее (их) изучение.

В процессе выполнения курсового проекта студент совершенствует умения самостоятельно познавать основные достижения современной науки, осваивает современные методы ведения исследовательской деятельности, изучает научную литературу и нормативные акты, развивает творческое мышление и умение аргументировано отстаивать свою точку зрения.

Курсовой проект может стать основой выпускной квалификационной работы. Выполнение курсовой работы проводится с целью:

- систематизации и углубления знаний по дисциплине (дисциплинам) профессионального цикла и (или) профессиональному модулю (модулям) профессионального цикла
- совершенствования умений вести самостоятельную работу;
- совершенствования умения работать с технической и научной литературой;
- совершенствования умений оформлять письменные работы.

Задание к курсовому проекту по дисциплине «Вентиляция и отопление»

Курсовой проект состоит из расчётной и графической частей.
Пояснительная записка содержит следующие разделы:
1. Исходные данные.
2. Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций.
3. Определение тепловой мощности системы отопления.
4. Конструирование системы отопления.
5. Гидравлический расчёт системы отопления.
6. Расчёт поверхности и числа отопительных приборов.
7. Подбор оборудования теплового пункта.

Графическая часть выполняется на листе формата А1 и содержит планы чердака, подвала, второго этажа, аксонометрические схемы главного циркуляционного кольца системы отопления, выполненные в масштабе 1:100.

Исходные данные

Исходные данные для выполнения курсовой работы (проекта) определяются по номеру задания, предложенному преподавателем. Местонахождение здания, климатические характеристики местности принимаются по прил. 1. Номер плана здания и конструкция рассчитываемого наружного ограждения, место ввода теплосети в здание, схема разводки подающих магистралей, тип отопительных приборов и расчётное располагаемое давление в системе отопления приводятся в прил. 1.

Теплотехнические показатели конструктивных элементов наружного ограждения следует принимать по прил. 1.

Температура воздуха в помещениях и количество подаваемого воздуха приводятся в зависимости от назначения помещения здания.

Эскизы наружных ограждений и планы зданий даны в прил. 1.

Все здания имеют неотапливаемый подвал со световыми проёмами в стенах. Уровень земли находится на отметке 1,0 м, а уровень пола подвала – 3,0 м. Нижняя разводка подающих магистралей устраивается в зданиях без чердака, верхняя разводка – в зданиях с чердаком. Подвал используется для размещения оборудования теплового пункта и магистральных трубопроводов системы отопления. Вход в подвал через лестничную клетку. Высота наружных стен при

определении тепловой мощности системы отопления для I этажа равна 3,3 м, для II и III этажей – 3,0 м при толщине перекрытий 0,3 м. Размеры окон в свету принимаются: горизонтальный 1,4 м и 1,8 м согласно масштабу планов здания (прил. 1), вертикальный – 1,7 м. Размеры окна в лестничной клетке 1,4х1,4 м. Независимо от местонахождения здания наружные двери принимаются двойные с тамбуром между ними; размеры дверей 1,2х2,2 м. Внутренние капитальные стены выполняются из кирпича толщиной 0,38 м, перегородки – толщиной 0,1 м.

В курсовой работе (проекте) предусматривается проектирование водяной системы отопления с расчётными температурами 95 – 70 ^{0}С. Система отопления присоединяется через элеватор к тепловой сети с расчётными температурами 150 – 70 ^{0}С.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Климатические параметры района застройки

Вариант	Район застройки	Вариант	Район застройки	Вариант	Район застройки
00	Барнаул	34	Ачинск	68	Смоленск
01	Бийск	35	Курган	69	Ставрополь
02	Рубцовск	36	Курск	70	Тамбов
03	Благовещенск	37	Липецк	71	Бугульма
04	Шимановск	38	Санкт-Петербург	72	Елабуга
05	Архангельск	39	Саранск	73	Казань
06	Онега	40	Дмитров	74	Тверь
07	Астрахань	41	Москва	75	Ржев
08	Белорецк	42	Мурманск	76	Томск
09	Уфа	43	Арзамас	77	Кызыл
10	Белгород	44	Великий Новгород	78	Тула
11	Брянск	45	Боровичи	79	Надым
12	Баргузин	46	Барабинск	80	Салехард
13	Улан-Удэ	47	Новосибирск	81	Сургут
14	Владимир	48	Омск	82	Тарко-Сале
15	Муром	49	Тара	83	Тобольск
16	Волгоград	50	Оренбург	84	Угут
17	Вологда	51	Орел	85	Ханты-Мансийск
18	Воронеж	52	Пенза	86	Ижевск
19	Иваново	53	Пермь	87	Ульяновск
20	Кинешма	54	Владивосток	88	Биробиджан
21	Иркутск	55	Великие Луки	89	Комсомольск-на-Амуре
22	Нальчик	56	Псков	90	Охотск
23	Калининград	57	Ростов-на-Дону	91	Троицкое
24	Калуга	58	Таганрог	92	Хабаровск
25	Петропавловск-Камчатский	59	Рязань	93	Абакан
26	Усть-Камчатск	60	Самара	94	Челябинск
27	Черкесск	61	Екатеринбург	95	Грозный
28	Кемь	62	Саратов	96	Чара
29	Петрозаводск	63	Корсаков	97	Чита
30	Кемерово	64	Курильск	98	Чебоксары
31	Вятка	65	Южно-Сахалинск	99	Ярославль
32	Воркута	66	Владикавказ		
33	Кострома	67	Вязьма		

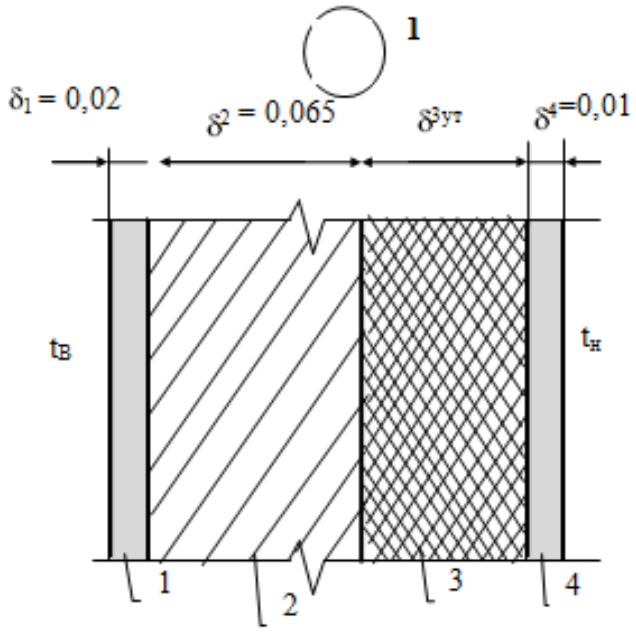
Исходные данные для проектирования системы отопления

Последняя цифра № зачетной книжки	№ плана здания и рассчитываемого наружного ограждения	Место ввода теплосети в здание		Схема разводки подающих магистралей	Тип отопительных приборов	Расчётное располагаемое давление в системе ото- пления, Па
		ось	ряд			
1	1	1	А	Верхняя	Радиатор МС 90-108	8000
2	2	1	В	Нижняя	То же	6000
3	3	3	В	Верхняя	То же	7000
4	4	3	А	Нижняя	То же	5000
5	5	4	А	Верхняя	То же	4000
6	6	4	Б	Нижняя	Конвектор "Комфорт - 20"	6000
7	7	1	Б	Верхняя	То же	8000
8	8	4	Б	Нижняя	То же	5000
9	9	1	В	Верхняя	То же	6000
0	0	2	В	Нижняя	То же	7000

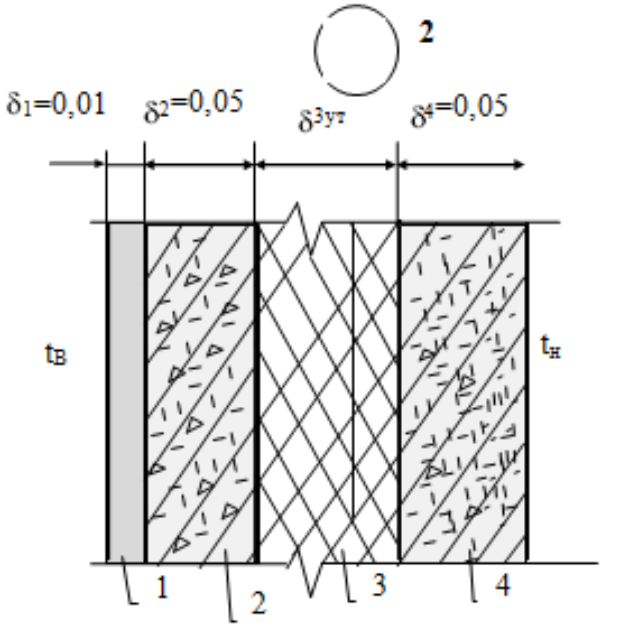
Исходные данные для теплотехнического расчёта наружного ограждения

Наименование материала	Плотность ρ, кг / м^3	Коэффициент теплопроводности λ, Вт / (м С)	
		А	Б
Асбоцементный лист	1800	0,47	0,52
Газобетон	400	0,14	0,15
Тоже	600	0,22	0,26
Железобетон	2500	1,92	2,04
Кладка из глиняного кирпича	1800	0,70	0,81
Тоже	1600	0,58	0,70
Кладка из силикатного кирпича	1800	0,76	087
Маты минераловат. прошивные	125	0,064	0,07
Пенополиуретан	80	0,05	0,05
Перлитобетон	600	0,19	0,23
Плитка облицовочная из туфа	1000	0,24	0,29
Плиты древесноволокнистые	200	0,07	0,08
Плиты минераловат. жёсткие	300	0,087	0,09
Плиты минераловатные мягкие	100	0,06	0,07
Тоже	200	0,076	0,08
Мин. плита «Rockwool»	40		0,038
Штукатурка известково-песчаная	1600	0,70	0,81
Штукатурка сухая	800	0,19	0,21
Эффективный кирпич	1600		0,7
Стен. блоки из газозолобетона	1200		0,22

ПРИМЕЧАНИЯ. *1. На схемах приведены только те элементы конструкций, которые необходимы для теплотехнического расчёта ограждения. 2. Плотность материалов указана вкг / м^3.*

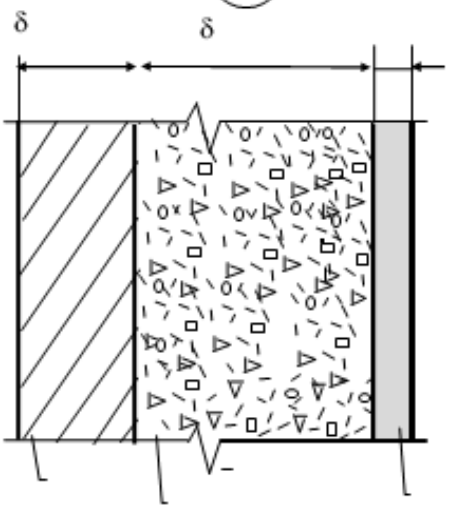


1. Штукатурка известково-песчаная (ρ=1600).
2. Кладка из глиняного кирпича (ρ= 1600).
3. Пенополиуретан (ρ= 80).
4. Асбоцементный лист (ρ= 1800).



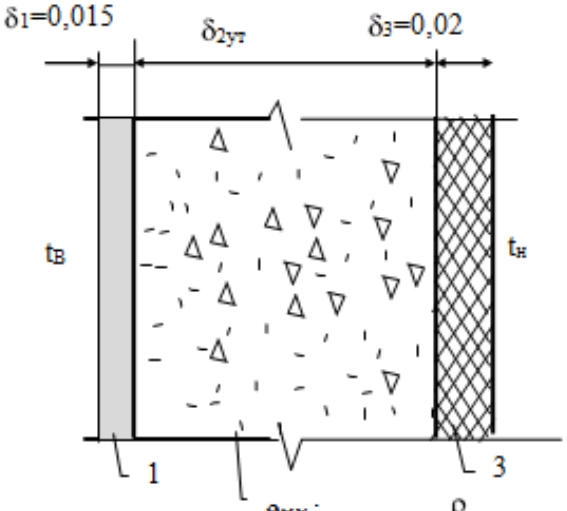
1. Штукатурка известково-песчаная (ρ=1600).
2. Железобетон (ρ= 2500).
3. Маты минераловатные прошивные (ρ= 125).
4. Железобетон (ρ= 2500);

3



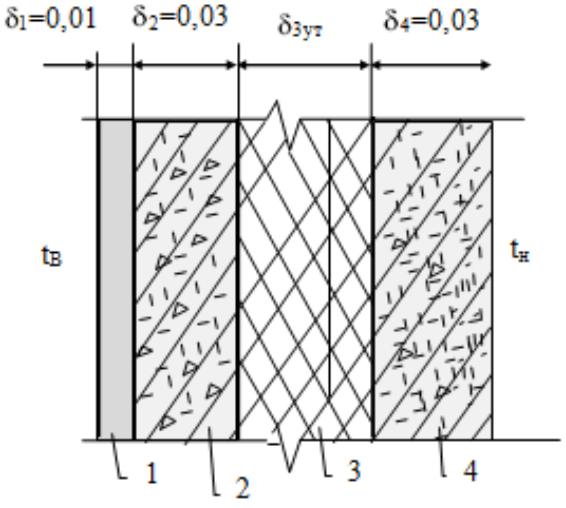
1.Стеновые блоки из газозолобетона (ρ= 1200). $\delta_1 = 0{,}625$
2. Минплита «Rockwool» (ρ= 40).
3.Кладка из силикатного кирпича (ρ = 1800).
$\delta_3 = 0{,}12$

4



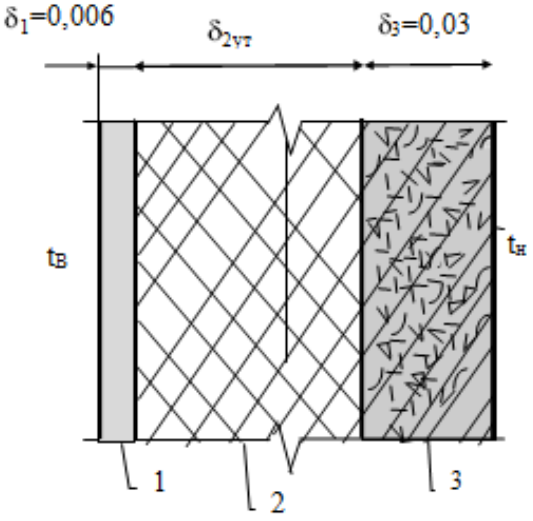
1.Штукатурка известк[illegible] песчаная (ρ=1600).
2.Перлитобетон (ρ = 600).
3.Облицовочная плитка из туфа (ρ= 1000).

5



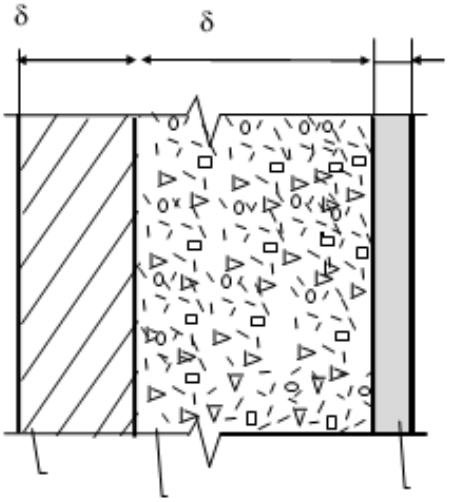
1.Сухая штукатурка (ρ= 800).
2.Железобетон (ρ= 2500).
3.Минераловатные плиты жесткие (ρ= 300).
4.Железобетон (ρ= 2500).

6



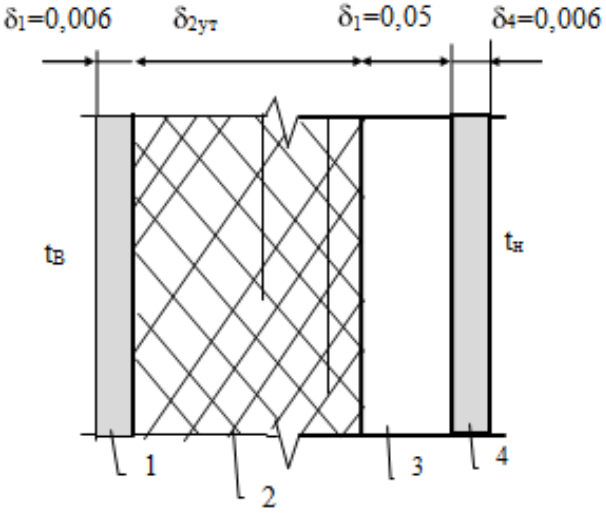
1.Асбоцементный лист (ρ= 1800).
2.Минераловатные плиты мягкие (ρ= 200).
3.Железобетон (ρ= 2500).

7



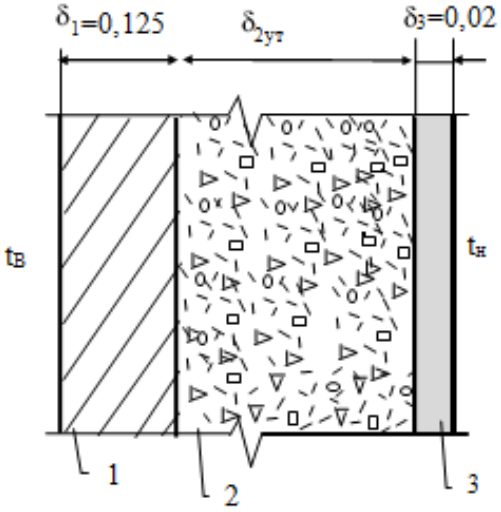
1.Эффективный кирпич (ρ=1600). $\delta_1 = 0,5$
2.Минераловатные плиты мягкие (ρ= 200).
3.Эффективный кирпич (ρ= 1600). $\delta_3 = 0,25$

8



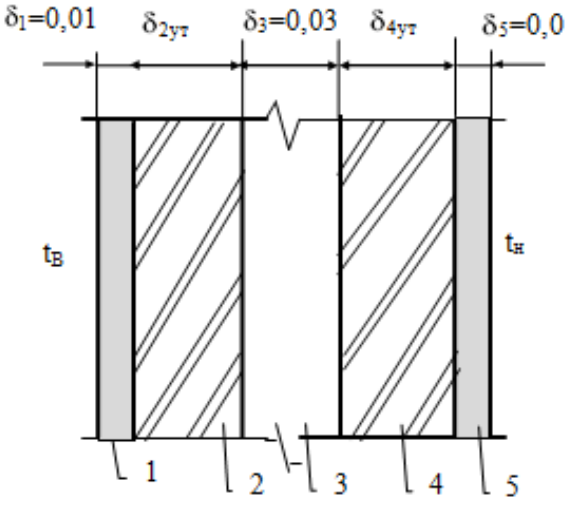
1.Асбоцементный лист (ρ= 1800).
2.Минераловатные плиты мягкие (ρ= 100).
3.Воздушная прослойка.
4.Асбоцементный лист (ρ= 1800).

9



1.Кладка из силикатного кирпича (ρ= 1800).
2.Газобетон (ρ= 400).
3.Штукатурка известково-песчаная(ρ= 1600).

0

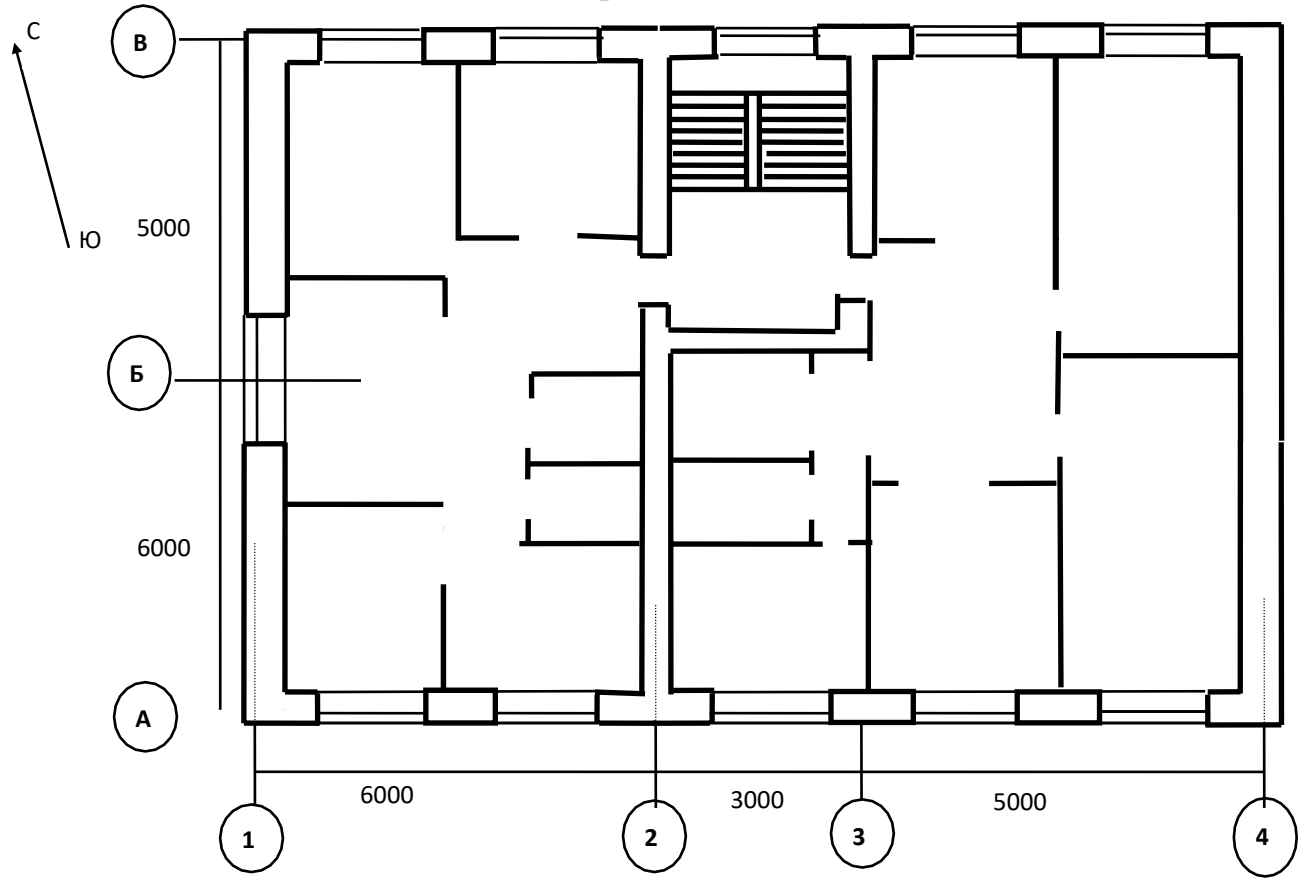


1.Асбоцементный лист (ρ= 1800).
2.Древесноволокнистая плита (ρ= 200).
3.Воздушная прослойка.
4.Древесноволокнистая плита (ρ= 200).
5.Асбоцементный лист (ρ= 1800).

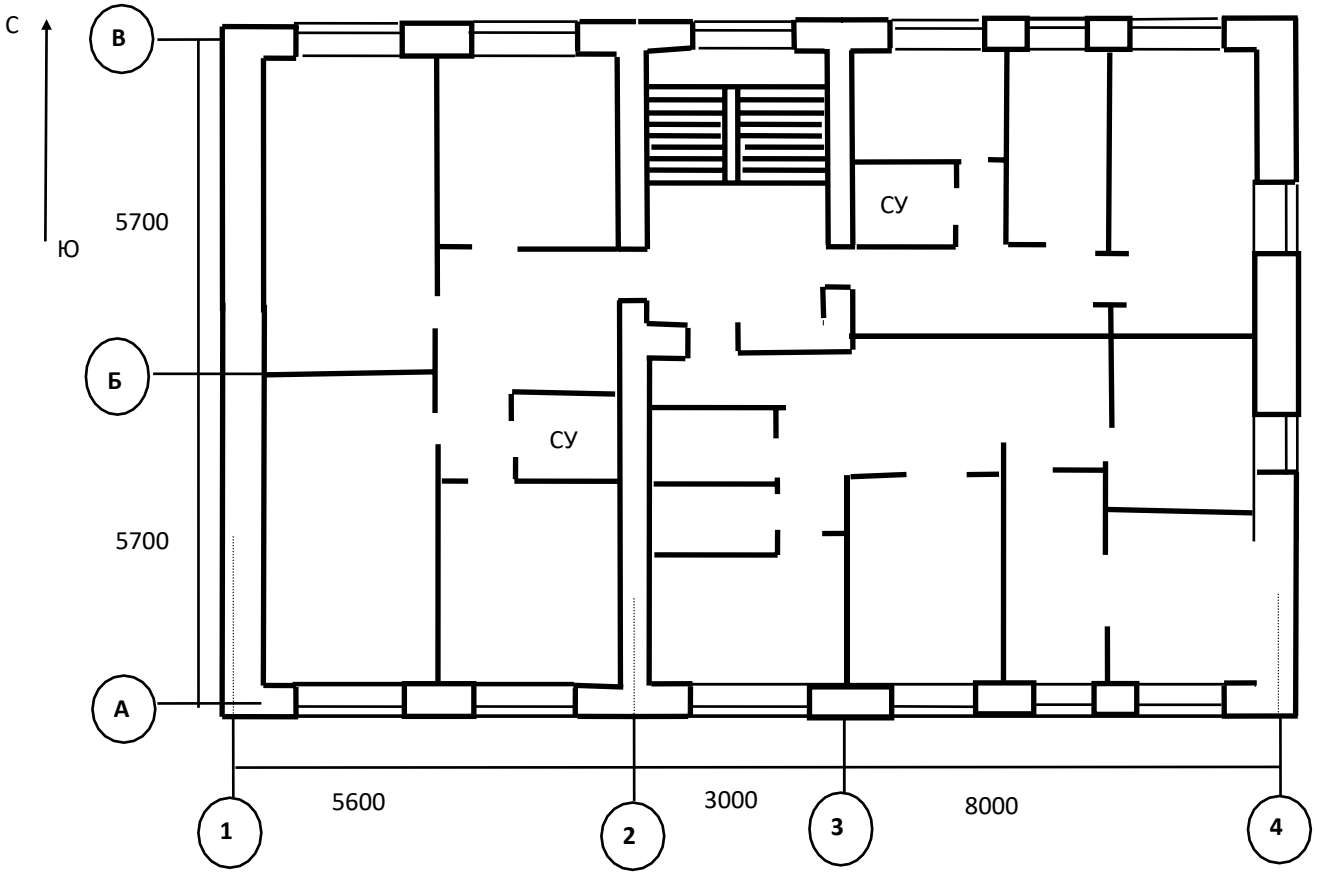
ПРИМЕЧАНИЯ. *1. На схемах приведены только те элементы конструкций, которые необходимы для теплотехнического расчёта ограждения. 2. Плотность материалов указана в кг / м^3.*

Планы зданий.

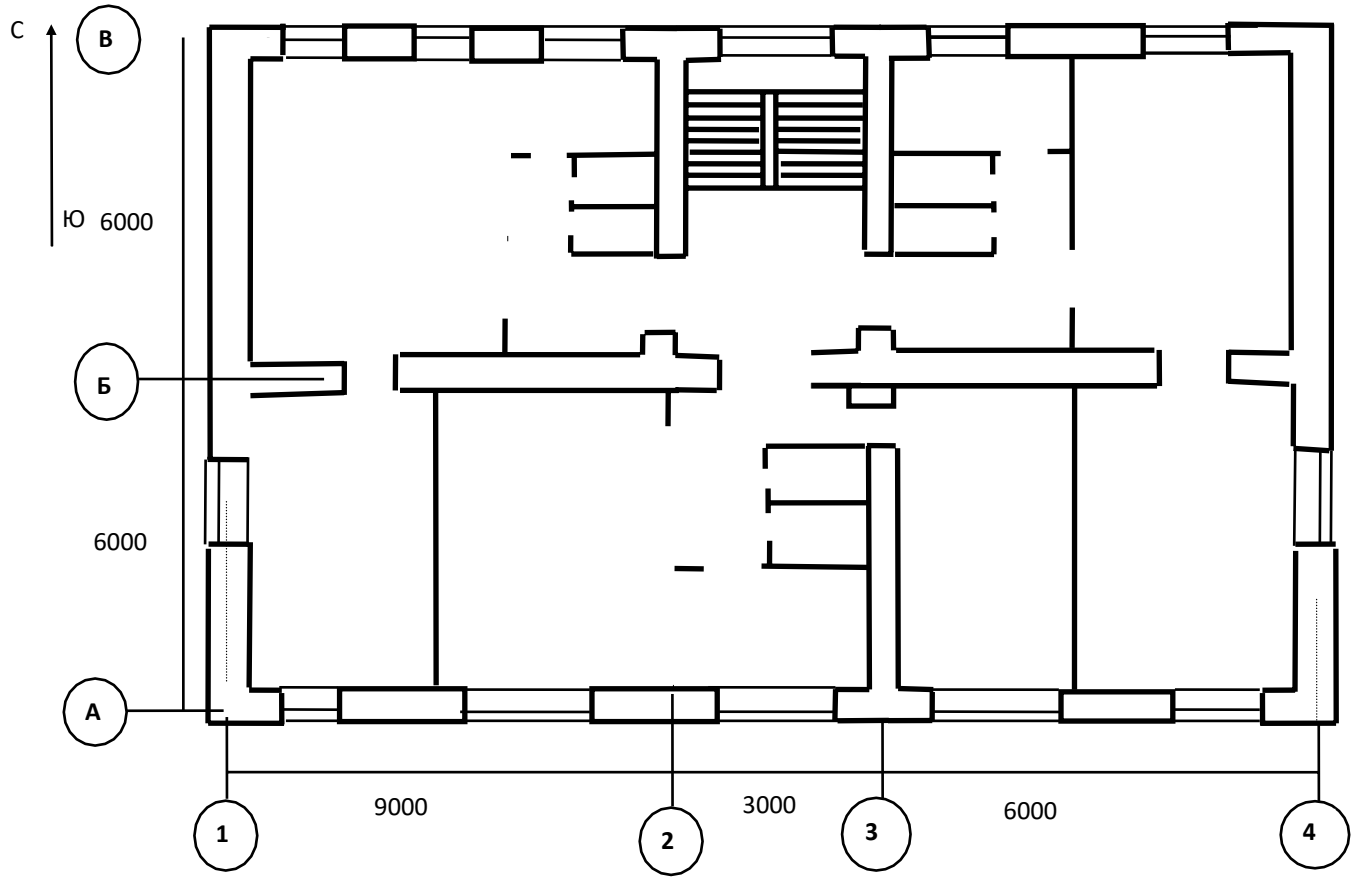
Вариант № 1



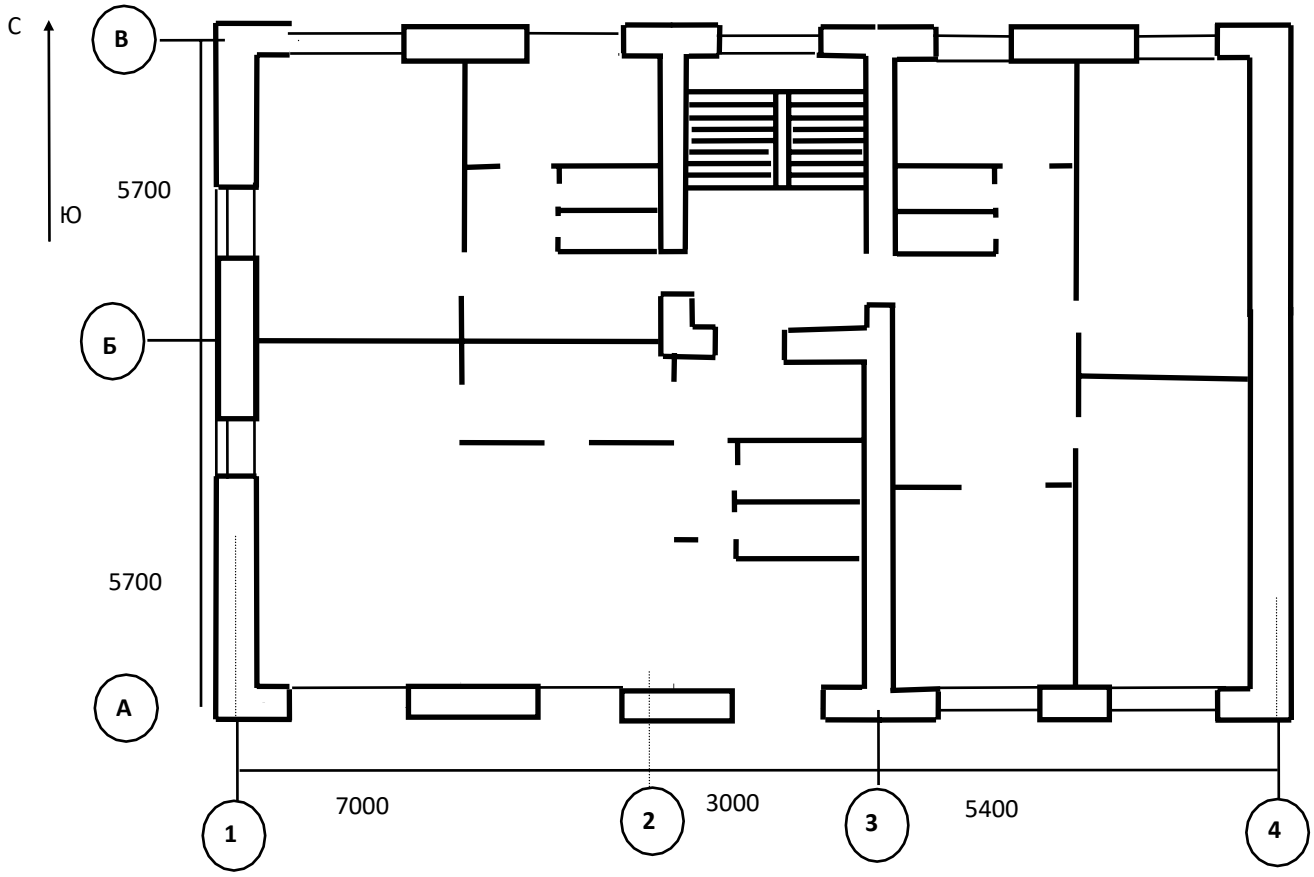
Вариант № 2



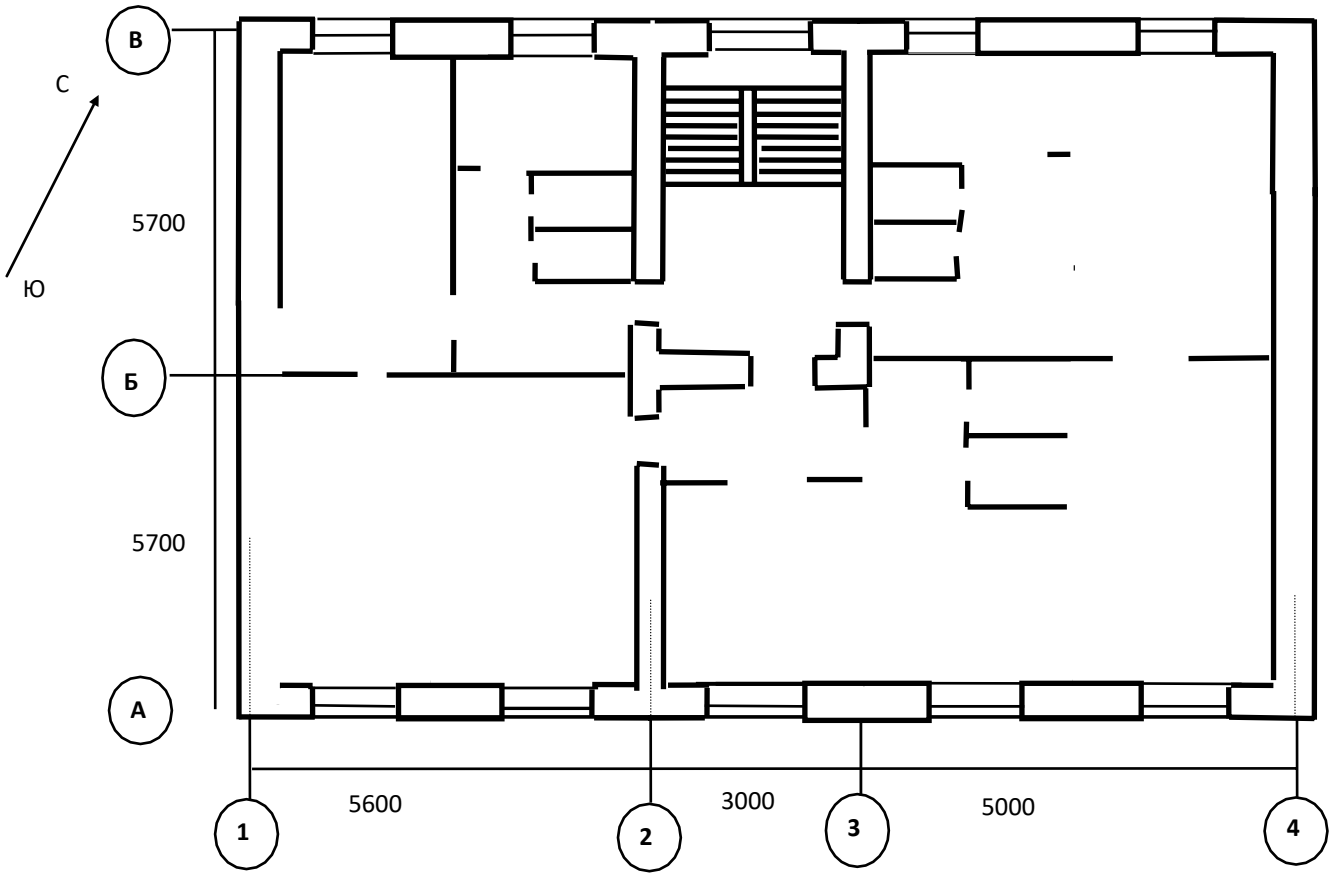
Вариант № 3



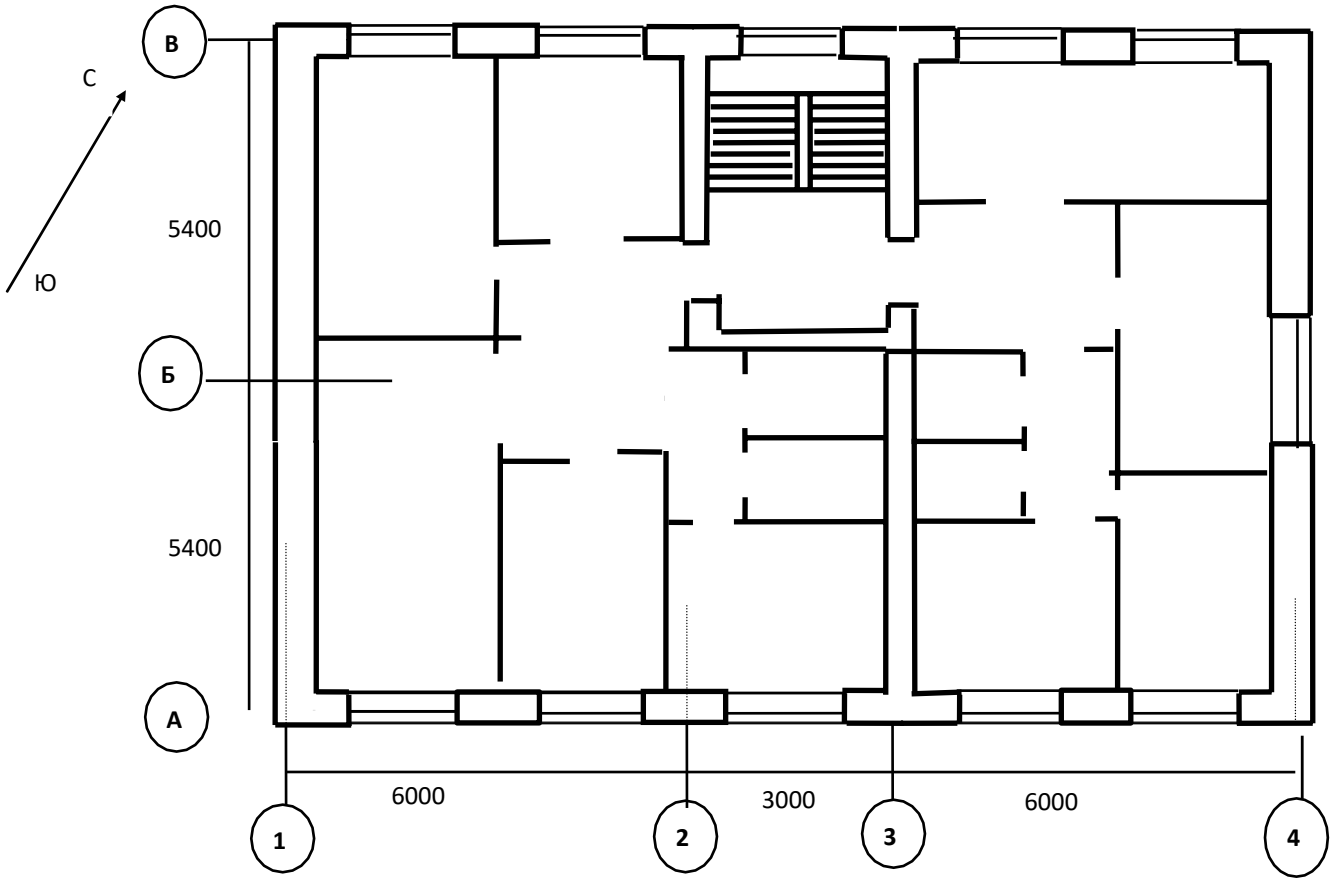
Вариант № 4



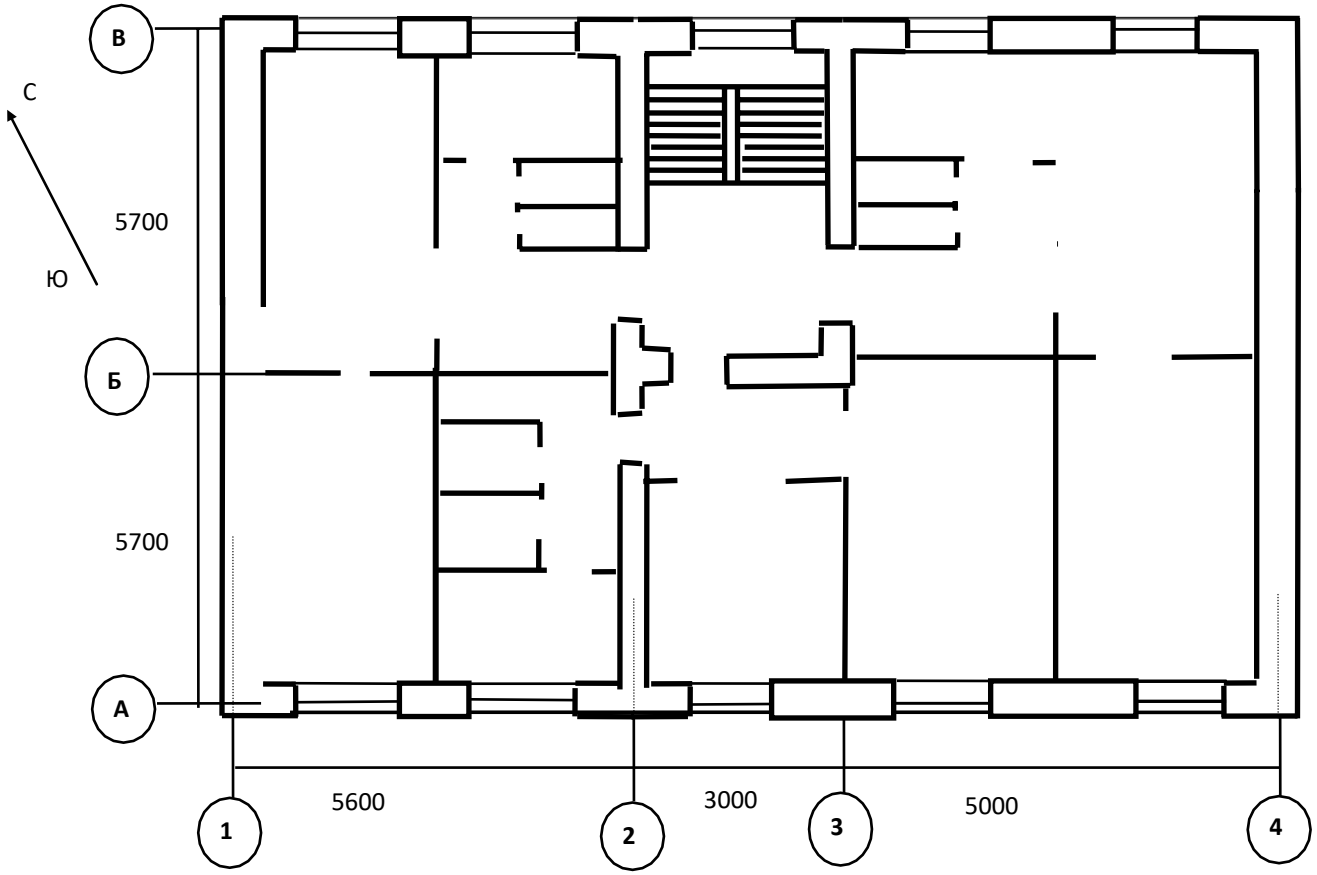
Вариант № 5



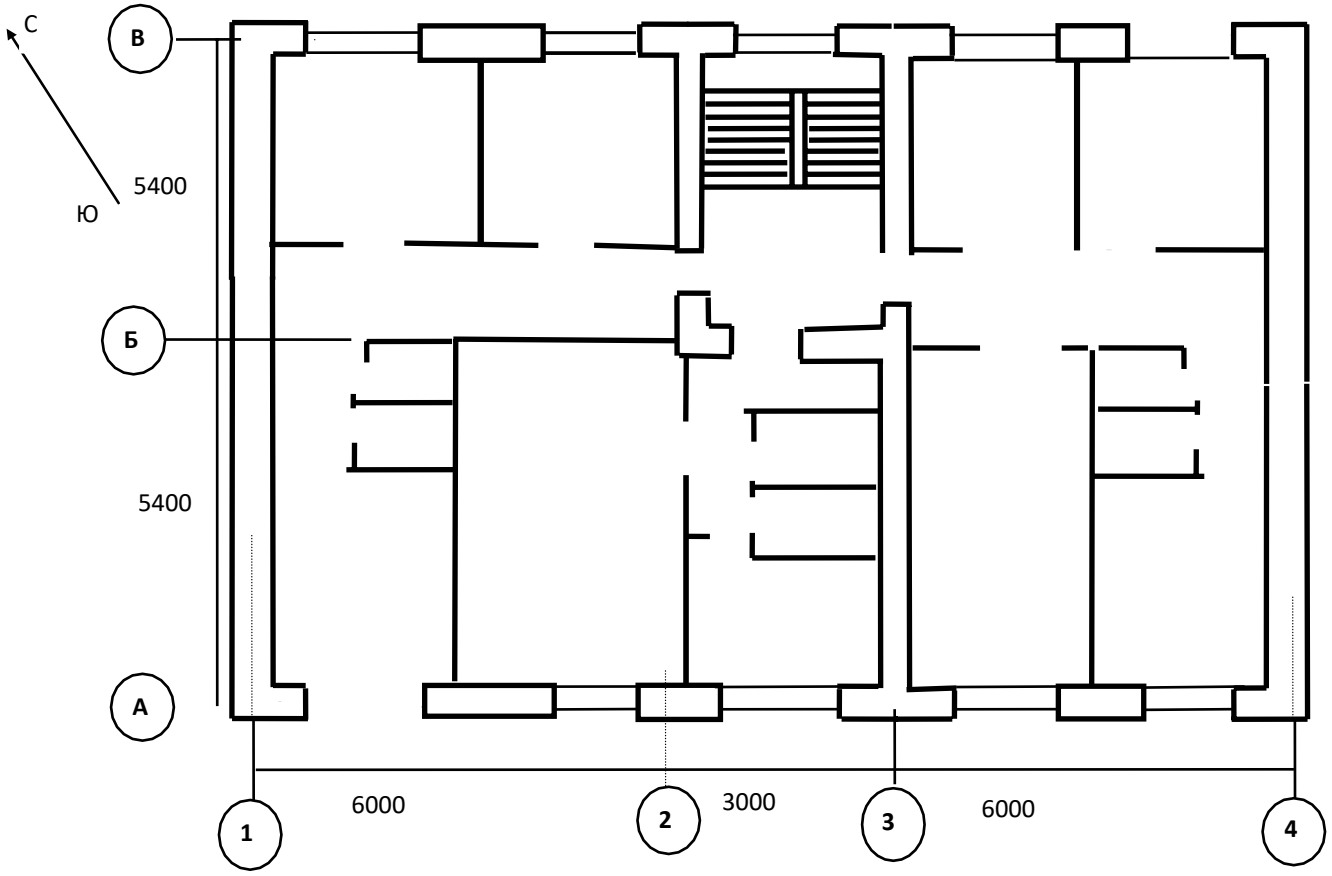
Вариант № 6



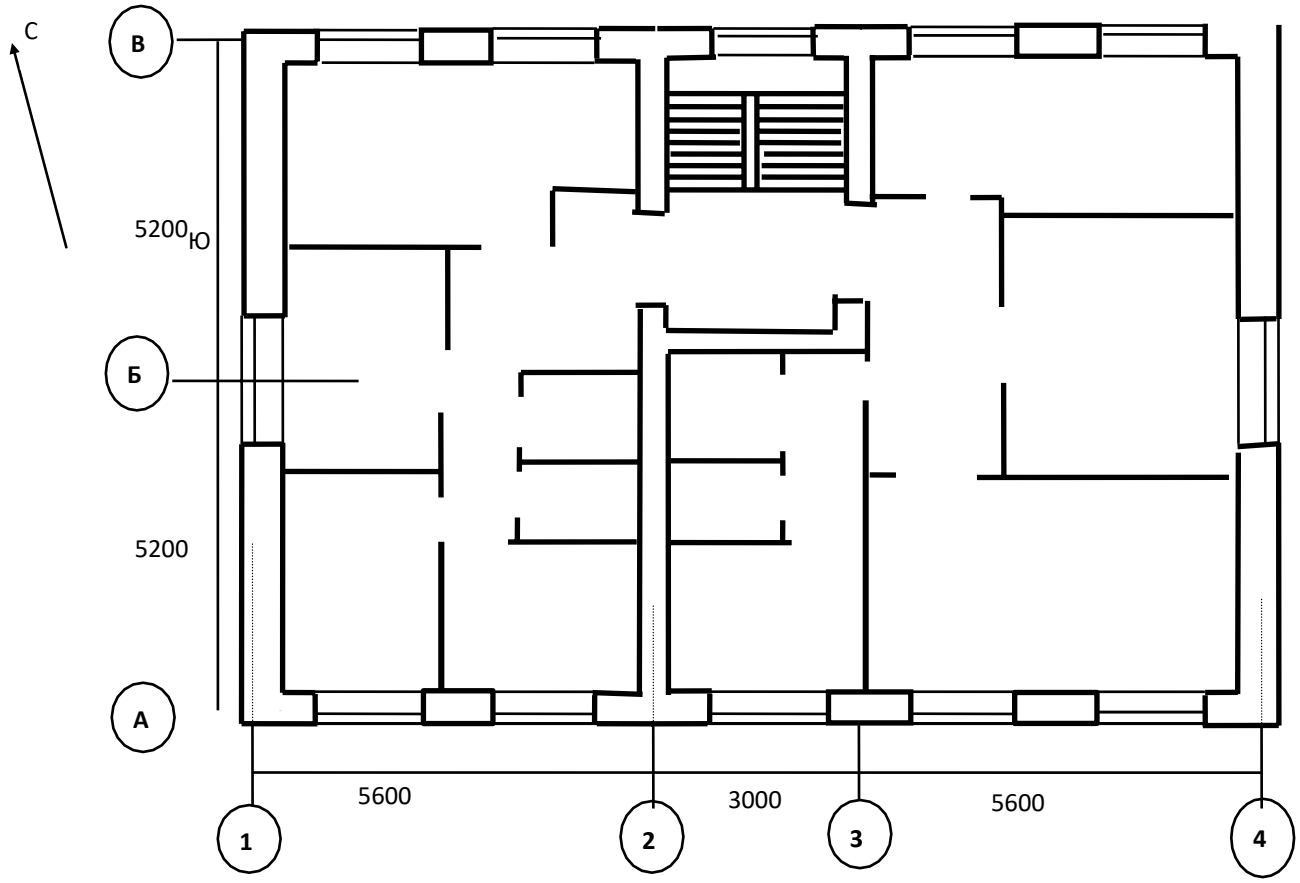
Вариант № 7



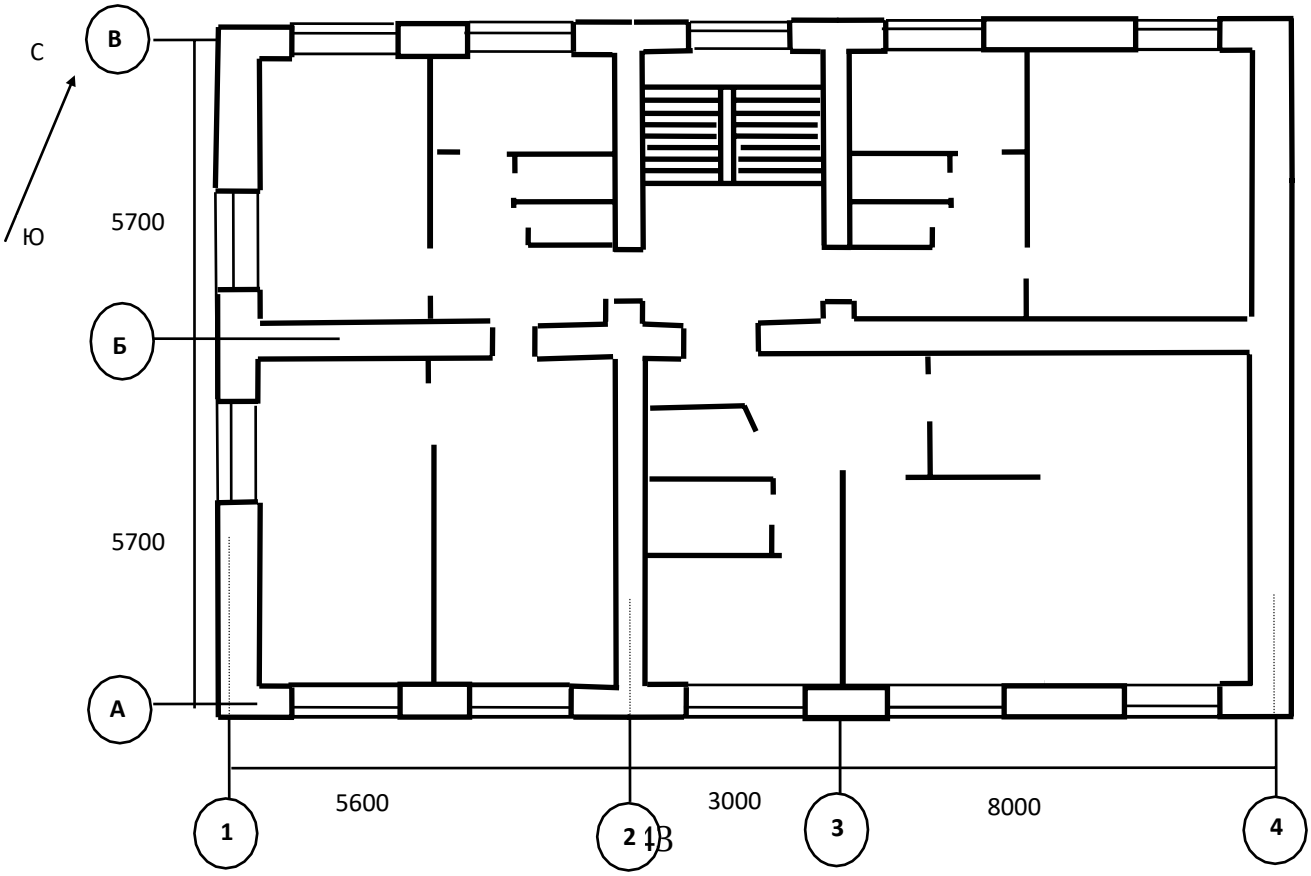
Вариант № 8



Вариант № 9



Вариант № 0



Методические указания
1 Тепловой расчет ограждающих конструкций

Расчет стен:

Термическое сопротивление слоя многослойной конструкции (R, $\frac{м^{2}\cdot^{0}C}{Вт}$), определяется по формуле:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

где δ_i – толщина слоя, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала многослойной конструкции, $\frac{Вт}{м\cdot^{0}C}$

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (R_0, $\frac{м^{2}\cdot^{0}C}{Вт}$), определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + R_1 + R_2 + ... + R_n + \frac{1}{\alpha_н} \quad (2)$$

где R_1, R_2, R_3, R_4– термическое сопротивление отдельных слоёв конструкции, $\frac{м^{2}\cdot^{0}C}{Вт}$;

$\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\frac{Вт}{м^{2}\cdot^{0}C}$;

$\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий, $\frac{Вт}{м^{2}\cdot^{0}C}$ (Приложение Б).

Коэффициент теплопередачи наружного ограждения

$$K = \frac{1}{R_O};\ Вт/м^{2}\cdot^{O}C \quad (3)$$

Расчет дверей:

Требуемое сопротивление

$$R_Д = 0{,}6\frac{n(t_В - t_Н)}{\Delta t^{Н}\cdot\alpha_{ВН}};\ м^{2}\cdot^{O}C/Вт \quad (4)$$

где $t_В$ - расчетная температура внутреннего воздуха, ^{0}С, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий ГОСТ 12.1.005-88;

$t_Н$ - расчетная зимняя температура, ^{0}С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху (Приложение В);

Δt^H - нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции. °С. (Приложение Г);

$\alpha_{ВН}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения. Вт/(м$^2\cdot^0$С), (Приложение Б);

Расчет окна:

В курсовом проекте принимаем следующие значения сопротивлений (Приложение Д).

Расчет крыш выполняется аналогично расчету наружных стен

Расчет полов:

Полы над подпольями и подвалами рассчитываются аналогично расчету стен.

Расчет полов, расположенных непосредственно на грунте производится делением пола на зоны по 2 м от наружной стены.

Правила расчета зон:

Термическое сопротивление теплопередаче полов, соприкасающихся не с воздухом, а с грунтом, определяется приближенно. В теплотехническом отношении полы подразделяются на: утепленные и неутепленные на грунте или лагах. При строительстве жилых и общественных зданий применяют только утепленные полы Известно, что температурное поле грунта под полом различно: чем ближе к наружной стенке, тем температура грунта ниже. Принято такие полы разграничивать на четыре зоны шириной 2 м, начиная от наружной поверхности стены во внутрь здания с условно постоянной температурой в каждой зоне.

Для таких конструкций определяют термическое сопротивление теплопередаче отдельных зон полов на лагах $R_{пл}$, (м$^2\cdot^0$С)/Вт:

$$I\ зона - R_{пл}^I = \frac{1}{0.85}(R_I + \Sigma R_к) \quad (5)$$

$$II\ зона - R_{пл}^I = \frac{1}{0.85}(R_{II} + \Sigma R_к) \quad (6)$$

$$III\ зона - R_{пл}^I = \frac{1}{0.85}(R_{III} + \Sigma R_к) \quad (7)$$

$$IV\ зона - R_{пл}^I = \frac{1}{0.85}(R_{IV} + \Sigma R_к) \quad (8)$$

где R_I, R_{II}, R_{III}, R_{IV} - значения термического сопротивления теплопередаче отдельных зон неутепленных полов. (м$^2\cdot^0$С)/Вт. соответственно численно равные 2,2; 4,3; 8,6; 14,2.

$\sum R_к$ - сумма значений термического сопротивления теплопередаче утепляющего слоя полов на лагах. (м$^2\cdot^0$С)/Вт

В курсовом проекте представить расчет ограждающих конструкций для 2 -4 помещений.

2 Расчет теплопотерь через ограждающие конструкции

Потери тепла в здании происходят через ограждающие конструкции: наружные стены, окна, двери, пол, потолок. При расчете тепловых потерь следует учитывать потери тепла вследствие вентиляции воздуха через поры и неплотности ограждающих конструкций и теплопоступления от людей, освещения, электрических приборов и т.п. в жилых комнатах.

$$Q_p = Q_{огр} + Q_{вент} - Q_{быт},\ Вт \quad (9)$$

Основные потери теплоты определяем, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции для помещений по формуле:

$$Q_{огр}^{осн} = A \cdot k \cdot \Delta t \cdot n,\ Вт \quad (10)$$

где А– площадь ограждающей конструкции, $м^2$;

k– коэффициент теплопередачи ограждения, $Вт/м^2 \cdot К$;

$\Delta t = t_в - t_н$– температурный напор, равный разности расчетных температур внутреннего и наружного воздуха, К;

n – коэффициент, учитывающий положение наружного ограждения по отношению к наружному воздуху (Приложение В).

Кроме того, определяют добавочные потери теплоты β через ограждающие конструкции, принимаемые в следующих случаях:

1) в зависимости от ориентирования здания относительно сторон света:

на север, восток, северо-восток, северо-запад - β=0,1

на запад, юг, юго-запад, юго-восток - β=0,05

2) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами при высоте здания Н - β=0,27 Н,

3) для помещений с температурой наружного воздуха $t_н$= - 30°С и ниже для пола принимаем β=0,05.

Таким образом, основные и добавочные потери теплоты определяются по формуле:

$$Q_{огр} = A \cdot k \cdot \Delta t \cdot n \cdot (1 + \sum \beta),\ Вт \quad (11)$$

Тепловые потери вследствие вентиляции воздуха через наружные ограждения определяются по формуле:

$$Q_{инф} = 0{,}28 \cdot c \cdot (t_в - t_н) \cdot A_{пола} \cdot \rho_{н.в},\ Вт \quad (12)$$

где с=1,005 кДж/кг·К – удельная теплоемкость воздуха;

$А_{пола}$– площадь пола помещения, $м^2$;

$\rho_{н.в}$ - плотность наружного воздуха;

$$\rho_{н.в} = \frac{353}{273 + t_н},\ кг/м^3 \quad (13)$$

Технологические и бытовые теплопоступления в помещение определяем следующим образом, причем только в жилых комнатах:

$$Q_{быт} = 21 \cdot A_{пола},\ Вт \quad (14)$$

где $А_{пола}$- площадь пола помещения, $м^2$.

Для помещений первого этажа рассчитываем теплопотери через пол, наружные двери, наружные стены, окна и балконные двери. Для помещений последнего, 2-го этажа, определяем потери тепла через наружные стены, окна, балконные двери и потолок. При нахождении площадей ограждающих конструкций учитываем толщину пола на 1-ом этаже и толщину перекрытия па последнем, 2-ом, а также толщину стен в угловых комнатах [7].

Результаты расчета заносятся в таблицу.

Ограждение	F, м^2	R	n	$t_в$, °С	$t_н$, °С	Q, Вт	сторона света	β	Qосн, Вт	Qинф, Вт	Qобщ, Вт
Этаж 1											
Тамбур											
НС											
О											
ПЛ											
ДВ											
ПТ											

Где НС – стена наружная; О – окно; ПЛ – пол; ДВ – дверь; ПТ – перекрытие.

3 Расчет теплопотерь по укрупненным показателям

Теплопотери здания по укрупненным измерителям

Ориентировочное значение теплопотерь через ограждающие конструкции здания определяют при оценке нагрузок тепловых сетей и станций по формуле:

$$Q_{зд} = aqV_н(t_В - t_н) \quad (15)$$

где *a* – коэффициент учета района строительства здания:

$$a = 0{,}54 + 22/(t_В - t_н) \quad (16)$$

q – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м³·К), [ккал/(ч·м³·^{0}С)], соответствующая расчетной разности температуры для основных помещений $t_В - t_н = 18 - t_н$

$V_н$ - объем отапливаемой части здания по внешнему обмеру, м^3 (высоту отсчитывают от поверхности земли).

Удельная тепловая характеристика гражданского здания q, Вт/(м^3·К), может быть ориентировочно найдена по формуле (без множителя 1,16 при расчете в ккал/ч):

$$q = 1{,}16\frac{(1+2d)A + S}{V_н} \quad (17)$$

где d – доля остекления стен;

A и S – площадь соответственно наружных стен и здания в плане, м^2.

4 Определение площади поверхности нагревательных приборов

Для поддержания в помещении требуемой температуры необходимо, чтобы количество тепла, отдаваемое нагревательными приборами, установленными в помещении, соответствовало расчетным теплопотерям помещения.

Количество тепла Q, Вт, отдаваемого прибором, пропорционально площади поверхности его нагрева $F_{пр}$, коэффициенту теплопередачи прибора k и разности температур теплоносителя $t_{ср}$ в приборе и омывающего его воздуха помещения $t_в$

Исходя из этого, можно написать:

$$Q_{расч} = F_{пр} k (t_{ср} - t_в) \quad (18)$$

Откуда

$$F_{пр} = \frac{Q_{расч}}{k(t_{ср} - t_в)} \quad (19)$$

Коэффициент теплопередачи нагревательных приборов k принимается в данном курсовом проекте, равным 9,5.

Средняя температура теплоносителя в приборе при водяном отоплении равна:

$$t_{ср} = \frac{(t_{вх} + t_{вых})}{2} \quad (20)$$

где $t_{вх}$ – температура теплоносителя при входе в прибор, ^{0}C;

$t_{вых}$ - температура теплоносителя на выходе из прибора, ^{0}C.

В системах парового отопления $t_{ср}$ принимают в зависимости от давления пара. При давлении $Р_{изб} < 0,07$ МПа $t_{ср} = 100$ ^{0}C, при $Р_{изб} \geq 0,07$ МПа $t_{ср} = t_{изб}$ при соответствующем давлении.

При учете дополнительных факторов, влияющих на теплопередачу приборов, формула:

$$F_{пр} = \frac{Q_{расч}}{k(t_{ср} - t_в)} \quad (21)$$

принимает общий вид:

$$F_{пр} = \frac{Q_{расч}}{k(t_{ср} - t_в)} \beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4 \quad (22)$$

где β_1- коэффициент, учитывающий охлаждение воды в трубах;

β_2 - коэффициент, учитывающий способ установки прибора;

β_3 - коэффициент, учитывающий способ подводки теплоносителя к нагревательному прибору и относительный расход воды через прибор;

β_4 - коэффициент, учитывающий число секций в приборе.

Коэффициенты, учитывающие соответственно охлаждение воды в трубах, способ установки прибора, способ подводки теплоносителя к на-

гревательному прибору и относительный расход воды через прибор, число секций в приборе принимаются по Приложению Е.

Относительный расход воды g, кг/(ч·экм), определяется по формуле:

$$g = \frac{7{,}98(\Delta t_T - 10)}{\Delta t_{пр} - 17{,}4} \quad (23)$$

где Δt_T - разность средних температур теплоносителя в нагревательном приборе и окружающего воздуха, ^{0}C;

$\Delta t_{пр}$ - перепад температур теплоносителя в отдельном приборе, ^{0}C.

Площадь поверхности нагрева $F_{пр}$ приборов, экм (эквивалентный квадратный метр), определяются по формуле:

$$F_{экм} = \frac{Q_{расч}\beta_1\beta_2}{q_{экм}} \quad (24)$$

где $q_{экм}$ - теплоотдача 1 экм, (Вт/экм).

Теплоотдачу 1 экм $q_{экм}$, Вт/экм, определяют по формуле:

$$q_{экм}=9{,}28(\Delta t_T-10)\beta_3 z \quad (25)$$

где z – поправочный коэффициент, зависящий от схемы подачи воды в прибор (для схемы «сверху – вниз» z=1; «снизу – вниз» z=0,9 и при схеме подачи «снизу – вверх» z=0,78).

После нахождения $F_{экм}$ число секций в радиаторах определяется по формуле:

$$n=F_{экм}\beta_4/f_{экм} \quad (26)$$

где $f_{экм}$ - площадь поверхности нагрева одной секции радиатора, принятого к установке, экм, равняя 0,31 экм.

При округлении числа секций в радиаторе до целого числа расчетную площадь поверхности нагрева можно уменьшить не более чем на 0,1 экм.

Результаты расчета заносятся в таблицу:

№	$t_в$, ^{0}C	$Q_{расч}$, Вт	$t_{ср}$, ^{0}C	$\Delta t_т$, ^{0}C	$\Delta t_{пр}$, ^{0}C	g, кг/ч	β1	β2	β3	β4	z	$q_{экм}$, Вт/экм	$A_{экм}$	n	k, Вт/м^{2}К	$F_{пр}$, экм

5 Расчет тепловой нагрузки и расхода воды в стояках

Значения тепловой нагрузки стояков определяем по результатам расчета тепловых потерь помещений. Расход воды в проточных стояках находим по формуле:

$$G_{cm} = \frac{3{,}6 \cdot Q_{cm} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_\Gamma - t_O)}, \ кг/ч \qquad (27)$$

где $Q_{ст}$ – тепловая нагрузка на стояк, Вт;

β_1=1,03 – поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь приборов, принятых к установке;

β_2=1,02 – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери вследствие размещения отопительного прибора у наружного ограждения;

c = 4,197 кДж/кг·°С – удельная теплоемкость воды;

$t_г$ = 95°С – температура греющей воды;

$t_о$ =70°С – температура обратной воды.

Расчет тепловой нагрузки и расхода воды в системе отопления 1 (главное циркуляционное кольцо):

№уч	Qуч,Вт	Gуч, кг/ч

Расчет тепловой нагрузки и расхода воды в стояках системы отопления 1

№ст	Qст,Вт	Gуч, кг/ч

6 Гидравлический расчет системы отопления

Система отопления представляет собой разветвленную закольцованную сеть труб и отопительных приборов, заполненных водой. Вода в течение отопительного периода находится в постоянном круговороте, при этом нагретая вода распределяется по трубам к отопительным приборам, а охлажденная вода от приборов отводится в тепловую сеть.

Гидравлический расчет заключается в подборе диаметров труб d мм, необходимого для подачи нужного количества воды в приборы системы G кг/ч. Потери давления при перемещении воды определяют гидравлические сопротивления системы.

Перед гидравлическим расчетом должна быть выполнена пространственная схема системы отопления в аксонометрической проекции.

В системе отопления расчетное давления для создания циркуляции воды Δр, Па, определяется:

$$\Delta p=\Delta p_н+\Delta p_е, \text{ Па} \quad (28)$$

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

$\Delta p_е$– естественное циркуляционное давление, Па.

Насосное давление $\Delta p_н$=(10-30) кПа.

где $\Delta p_н$– давление тепловой сети, Па, принимаемое 10 кПа;

Естественное циркуляционное давление определяем по формуле:

$$\Delta P_{е.} = 0{,}13 \cdot g \cdot n \cdot h \cdot \Delta t, Па \quad (29)$$

где g= 9,81 м/с^2– ускорение свободного падения

n= 2 – количество этажей

h= 3,6 м – высота этажа

Δt – разность температур внутри и снаружи здания ($t_в$= 18^{o}C, $t_н$ – по заданию).

Поскольку естественное циркуляционное давление составляет меньше 10% от насосного, то в расчетах принимается $\Delta p_р=\Delta p_н$=10 кПа.

Существует 2 способа гидравлического расчета систем отопления:

1. Расчет методом сложения характеристик. При нем, при заданных диаметрах определяется расход теплоносителя.
2. Расчет систем отопления по удельным потерям давления. Им и воспользуемся.

Гидравлический расчет системы водяного отопления по удельным потерям давления на трение:

При расчете по этому способу линейные потери давления от трения R, Па/м, и местные потери давления *Z,* Па, в системе Отопления $\Delta p_{с.о.}$, Па, находят по формуле:

$$\Delta p_{с.о} =k\Sigma(Rl+Z) \quad (30)$$

где k - переводной коэффициент (для СИ – k=1,0; для МКГСС - k=0,102);

l- длина труб, м.

$$Z=\Sigma\xi\cdot \upsilon^2\cdot\rho/2 \quad (31)$$

где υ – скорость движения воды в трубе, м/с;

ρ – плотность воды, кг/м³;

ξ – потери давления, Па.

Рассмотрим последовательность выполнения гидравлического расчета.

1. На аксонометрической схеме выбирается главное циркуляционное кольцо. В двухтрубных системах водяного отопления оно проходит при тупиковой разводке магистралей - через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного и удаленного от теплового центра стояка, а

при попутном движении воды, в магистралях - через нижний прибор наиболее нагруженною среднего стояка; в однотрубных системах отопления при тупиковой схеме - через наиболее нагруженный и удаленный от теплового центра стояк, а при попутном движении через наиболее нагруженный средний стояк.

2. Главное циркуляционное кольцо разбивается на расчетные участки, обозначаемые порядковым номером (по движения теплоносителя, начиная от узла ввода); указывается расход теплоносителя G, кг/ч, длина участка l, м, диаметр труб, мм. При гидравлическом расчете стояков вертикальной однотрубной системы каждый проточный и проточно-регулируемые стояки, состоящие из унифицированных узлов, рассматриваются как один общий расчетный участок. При наличии нетиповых стояков, стояков регулируемых с замыкающими участками приходится производить разделение на участки с учетом распределения потоков воды в трубах каждого приборного узла.

3. Для предварительного выбора диаметра труб определяется вспомогательная величина - среднее значение удельной потери давления от трения $R_{ср}$, Па, на 1 метр трубы:

$$R_{ср} = \frac{\Delta p_p}{l} \qquad (32)$$

где $\Delta p_{\text{р}}$ - располагаемое давление в принятой системе отопления, Па;

l - общая длина главною циркуляционного кольца, м,

Для системы отопления с насосной циркуляцией доли потери на местные сопротивления равны b=0,35, на трение b= 0,65.

4. Определяется расход теплоносителя на участке, кг/ч:

$$G = \frac{\text{Q}_{\text{тп}} \cdot \beta_1'' \cdot \beta_2'' \cdot 3{,}6}{(\text{t}_{\text{г}} - \text{t}_0) \cdot \text{c}} \qquad (33)$$

где $\text{Q}_{\text{тп}}$ - тепловая нагрузка на расчетном участке, Вт;

β_1'', β_2'', с - то же, что и в формуле 27.

5. По величине $\text{R}_{\text{ср}}$, Па/м, расходу теплоносителя на участке G, кг/ч, и по предельно допустимым скоростям движения теплоносителя (0,2 – 1,5 м/с) находится предварительный диаметр труб d_y. мм; фактические удельные потери давления R, Па/м, фактическая скорость теплоносителя V, м/с, (Приложение 3).

Следить за ограничением максимальной скорости теплоносителя:

Для магистралей и ответвлений не менее 0,2 м/с, не более 1,5 м/с для того, чтобы происходило затекание теплоносителя в прибор.

6. После определения потерь давления на трение на участках Rl, Па. выбираются коэффициенты местных ссопротивлений по Приложению 3 на этих участках Σξ. Затем по известным скоростям движения теплоносителя v и Σξ для каждого участка, рассчитывается величина потерь давления на местные сопротивления Z, Па, по формуле 31. Местные сопро-

тивления на границе двух участков относят к участку с меньшим расходом теплоносителя.

7. Все данные заносятся в таблицу

Система отопления №1 главное циркуляционное кольцо:

№уч	Q, Вт	Δt $=t_1-t_0$	lуч, м	G, кг/ч	R, Па	dуч, мм	υ, м/с	Σξ, Па	Rl, Па	Z, Па	Rl+Z, Па	Σ(Rl+Z), Па

8. После предварительного выбора диаметров труб циркуляционною кольца выполняется гидравлическая увязка Σ(Rl+Z) с располагаемым давлением Δp_p. При этом выполняться условие $0{,}9\cdot\Delta p_p \le \Sigma(Rl+Z)$ т. е. должно быть приблизительно 5-10% запаса давления Величина невязки *A,* %, вычисляется по формуле:

$$A = \frac{\Delta P_p - \sum(Rl + Z)}{\Delta P_p} \cdot 100,\% \qquad (34)$$

9. Если указанное условие выполняется, тогда приступают к увязке расходуемых давлений во второстепенных циркуляционных кольцах через промежуточные стояки с давлением в главном циркуляционном кольце без учета общих участков.

Для этого вначале определяется располагаемый перепад дав пения для циркуляционного кольца через второстепенный (промежуточный) стояк, который должен равняться известным потерям давления на участках основного (главного) циркуляционного кольца $\sum(Rl + Z)_{осн}$, Па, с поправкой на разность естественного циркуляционного давления во второстепенном $\Delta p_{с\ вт}$ Па, и основном $\Delta p_{с\ осн}$ Па, стояках:

Для двухтрубной системы:

$$\Delta p_{р.с.} = \sum(Rl+Z)_{осн} \qquad (35)$$

10. Затем для предварительного выбора диаметра труб второстепенного циркуляционного кольца (стояка) определяется среднее значение удельной потери давления от трения на 1 погонный метр Па:

$$R_{ср} = \frac{(1-b)\Delta P_{р.ст}}{\sum l_{ст}} \qquad (36)$$

где $\sum l_{ст}$ — длина участка увязанного стояка, м.

11. После подбора диаметров труб стояка, проверяется выполнение следующего условия, потери давления в рассматриваемом стояке должны быть меньше располагаемого давления $\Delta p_{р.\ ст.}$

Величина невязки А, определяется по формуле, %:

$$A = \frac{\Delta P_p - \sum(Rl + Z)}{\Delta P_p} \cdot 100,\% \qquad (37)$$

∑(Rl+Z) - суммарные потери давления на участках рассматриваемого стояка, Па.

Невязка потерь давления в циркуляционных кольцах (без учета потерь давления в общих участках) не должна превышать 15% при тупиковой схеме и 5% при попутной схеме движения теплоносителя.

В двухтрубных вертикальных и горизонтальных однотрубных системах отопления потери давления в циркуляционных кольцах через верхние приборы (ветви) следует принимать не менее естественного давления в них при расчетных параметрах теплоносителя.

Для увязки потерь давления могут применяться составные стояки из труб различного диаметра.

При невозможности увязки потерь давления предусматривается установка диафрагмы (дроссельной шайбы) диаметром, мм:

$$d = 3{,}5\sqrt{\frac{G_{ст}}{\sqrt{\Delta p_{ш}}}}, мм \qquad (38)$$

где $G_{ст}$– расход воды стояка, кг/ч;

$\Delta p_{ш}$– требуемая потеря давления, Па.

Диафрагмы диаметром менее 5 мм не устанавливаются. Диафрагмы устанавливаются у крана на подземной части стояка, в месте присоединения к подающей магистрали.

Учебное издание

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Методические указания к курсовому проекту

Составитель
ТРЕТЬЯКОВА Полина Александровна

Ответственный редактор
А.П. Белкин, заведующий кафедрой ПТ

В авторской редакции

Подписано в печать 20.02.2022. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 2,75.
Тираж 30 экз. Заказ № 18-921.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.