Задание 1.

Построить годовой график продолжительности отопительной нагрузки с учетом горячего водоснабжения для жилого многоквартирного трехэтажного здания объемом 5000 м^3 при температуре внутри помещения $t_{\text{вн}} = 20$ °С. Нормируемую удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий принять согласно СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий (СНиП 23-02-2003). Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной или ниже расчётной, принять по СП 131.13330.2020 Строительная климатология (СНиП 23-01-99*). Расчет произвести для климатических условий города, выбранного по варианту согласно последней цифре зачетной книжки из таблицы 1.

Таблица 1.

Вариант	Город	Вариант	Город
1	Москва	6	Нижний Новгород
2	Санкт-Петербург	7	Челябинск
3	Новосибирск	8	Самара
4	Екатеринбург	9	Омск
5	Казань	0	Красноярск

Для расчета принять, что системы горячего водоснабжения спроектированы для 20 человек, имеют ванные комнаты, и присоединены по закрытой схеме, а температура холодной воды составляет $t_{\text{хвс}} = 5$ °С. Расчетные среднесуточные расходы горячей воды потребителями принять согласно СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий (СНИП 2.04.01-85*).

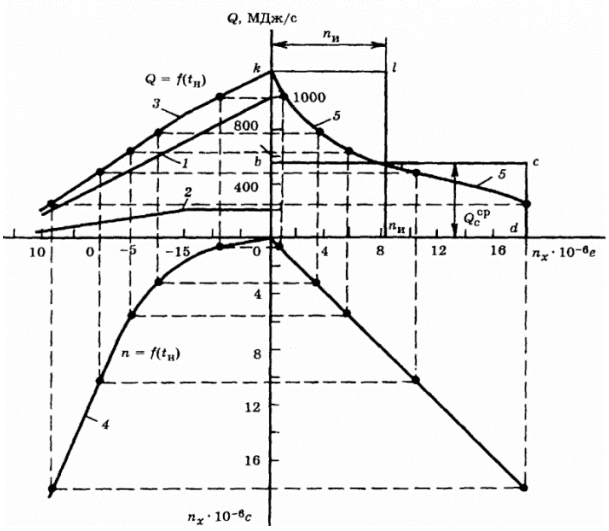


Рисунок 1 – Пример построения графика продолжительности нагрузки.

Пользуясь графиком, подсчитать годовой расход теплоты на отопление и горячее водоснабжение, а также коэффициент использования максимума отопительной нагрузки за отопительный период.

Построить также графики расхода теплоносителя при температурных графиках 150/70, 150/70 со срезкой на 130 и 95/70.

Задание 2.

Дана тепловая сеть, состоящая из 12 тепловых камер, трех тепловых потребителей и источника тепловой энергии. Ортогональные расстояния между тепловыми камерами 200 м, а расстояния отводов на источник тепла и потребителей тепловой энергии равны 50 м. Температурный график тепловой сети 150/70. Коэффициент местного сопротивления для всех трубопроводов принять равным 1. Расчетный напор в обратном трубопроводе на источнике принять 15 м.

Необходимо определить расчетный располагаемый напор на выходе из источника, а также диаметры всех трубопроводов при условии, что удельные линейные потери напора не должны превышать 80 Па/м.

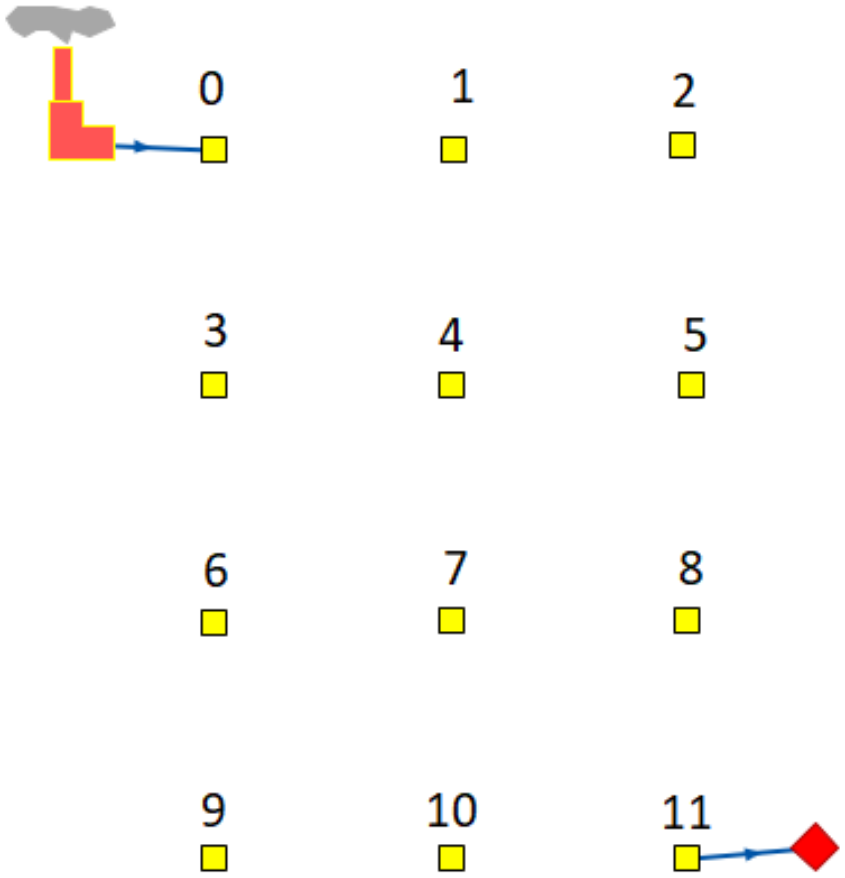


Рисунок 2 – Схема тепловой сети.

В качестве потребителей тепловой сети выбираются обобщенные потребителя, нагрузка которых задается расходом. Тепловая нагрузка на потребителях определяется следующим образом: для потребителя подключенного к тепловой камере номер 11 тепловая нагрузка установлена в размере 2 Гкал/ч; в систему также добавляются два потребителя присоединенные к тепловым узлам соответствующим двум последним цифрам номера зачетной книжки с тепловой нагрузкой равной цифре в Гкал/ч (для цифры 2 это потребитель номер 2 с нагрузкой 2 Гкал/ч, а для цифры 0 это

потребитель номер 10 с нагрузкой 10 Гкал/ч) на расстоянии 50 м от тепловой камеры. Требуемый напор для обобщенных потребителей задается 10 м.

Далее производится трассировка расчетной схемы тепловой сети для разветвленного варианта. Например, для последних цифр зачетной книжки 2 и 7 окончательная схема будет выглядеть как представлено на рисунке ниже.

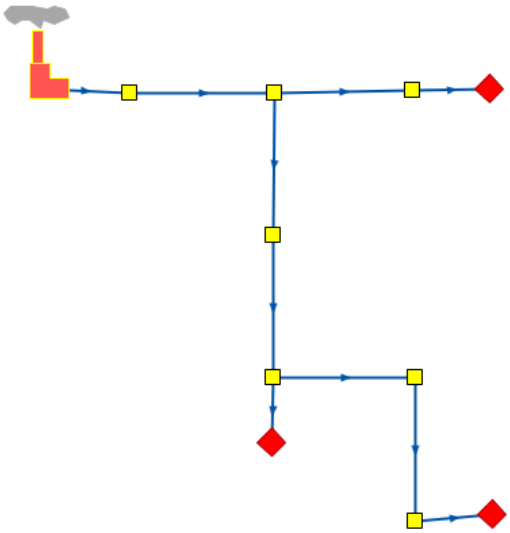


Рисунок 3 – Расчетная схема разветвленной тепловой сети.

Расчет производиться для климатических условий города из задания 1. Геодезическая отметка для всех элементов системы задается согласно карте ниже.

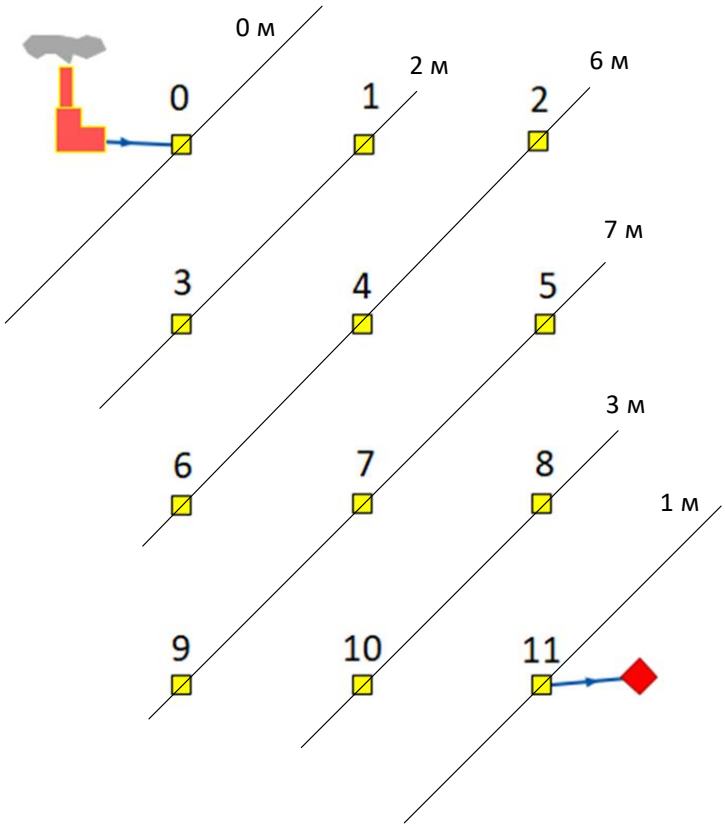
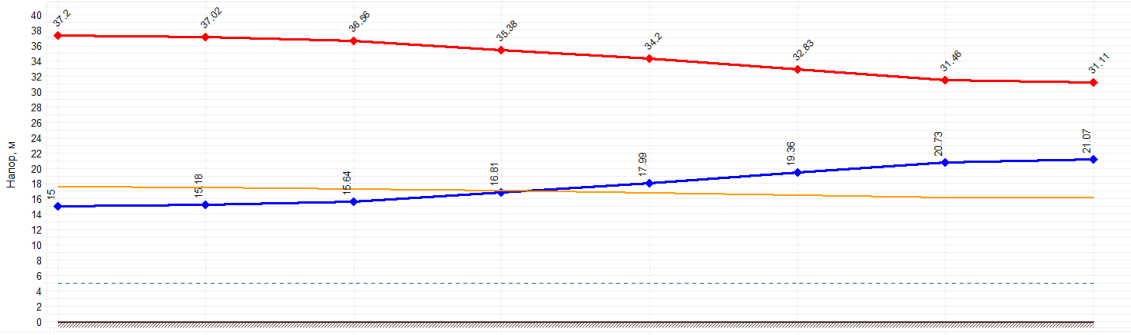


Рисунок 4 – Расчетная схема разветвленной тепловой сети.

Расчет тепловой сети необходимо произвести вручную, а также с использованием пакета Zulu Thermo без учета утечек и тепловых потерь. Необходимо построить пьезометрический график от источника теплоснабжения до самого плохого потребителя, а также вывести цветовую индикацию для скорости и удельных потерь напора.



Наименование узла								
Геодезическая высота, м	0	0	0	0	0	0	0	0
Полный напор в обратном трубопроводе, м	15	15.2	15.6	16.8	18	19.4	20.7	21.1
Располагаемый напор, м	22.2	21.844	20.923	18.57	16.216	13.471	10.726	10.04
Длина участка, м	50	200	200	200	200	200	50	
Диаметр участка, м	0.184	0.2	0.15	0.15	0.125	0.125	0.125	
Потери напора в подающем трубопроводе, м	0.178	0.461	1.178	1.178	1.374	1.373	0.343	
Потери напора в обратном трубопроводе, м	0.178	0.46	1.175	1.176	1.371	1.372	0.343	
Скорость движения воды в под.тр-де, м/с	0.714	0.605	0.806	0.806	0.774	0.773	0.773	
Скорость движения воды в обр.тр-де, м/с	-0.713	-0.604	-0.805	-0.805	-0.773	-0.773	-0.773	
Удельные линейные потери в ПС, мм/м	3.568	2.305	5.891	5.889	6.868	6.866	6.864	
Удельные линейные потери в ОС, мм/м	3.557	2.298	5.876	5.878	6.857	6.86	6.862	
Расход в подающем трубопроводе, т/ч	66.67	66.67	49.99	49.98	33.32	33.32	33.31	
Расход в обратном	-66.56	-66.56	-49.93	-49.94	-33.29	-33.3	-33.31	

Рисунок 5 – Пьезометрический график от источника теплоснабжения до самого плохого потребителя (на рисунке выделены значения удельных линейных потерь напора, по которым определяется диаметр трубопроводов).

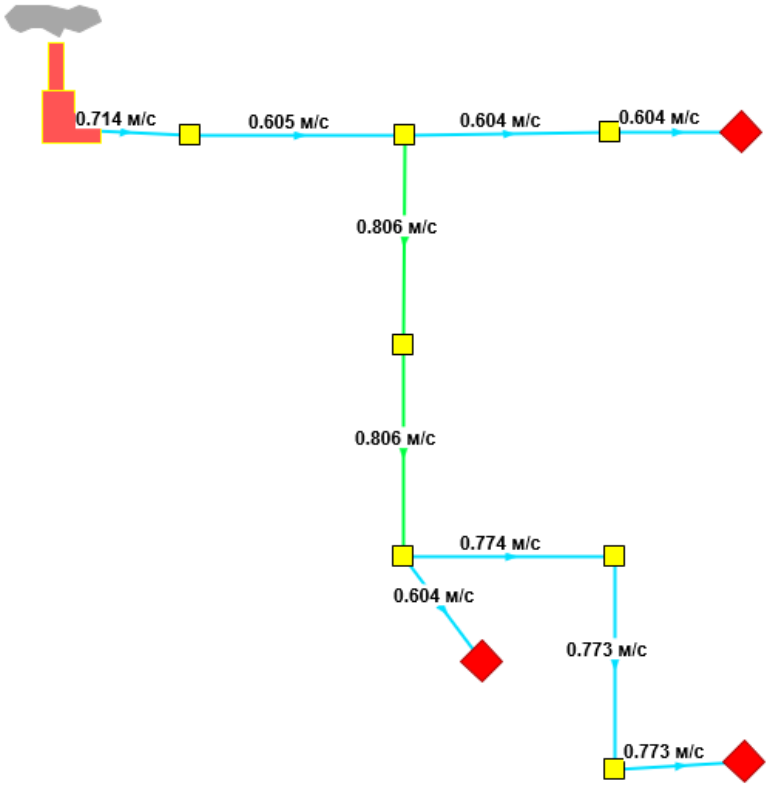


Рисунок 6 – Схема с указанием скоростей.

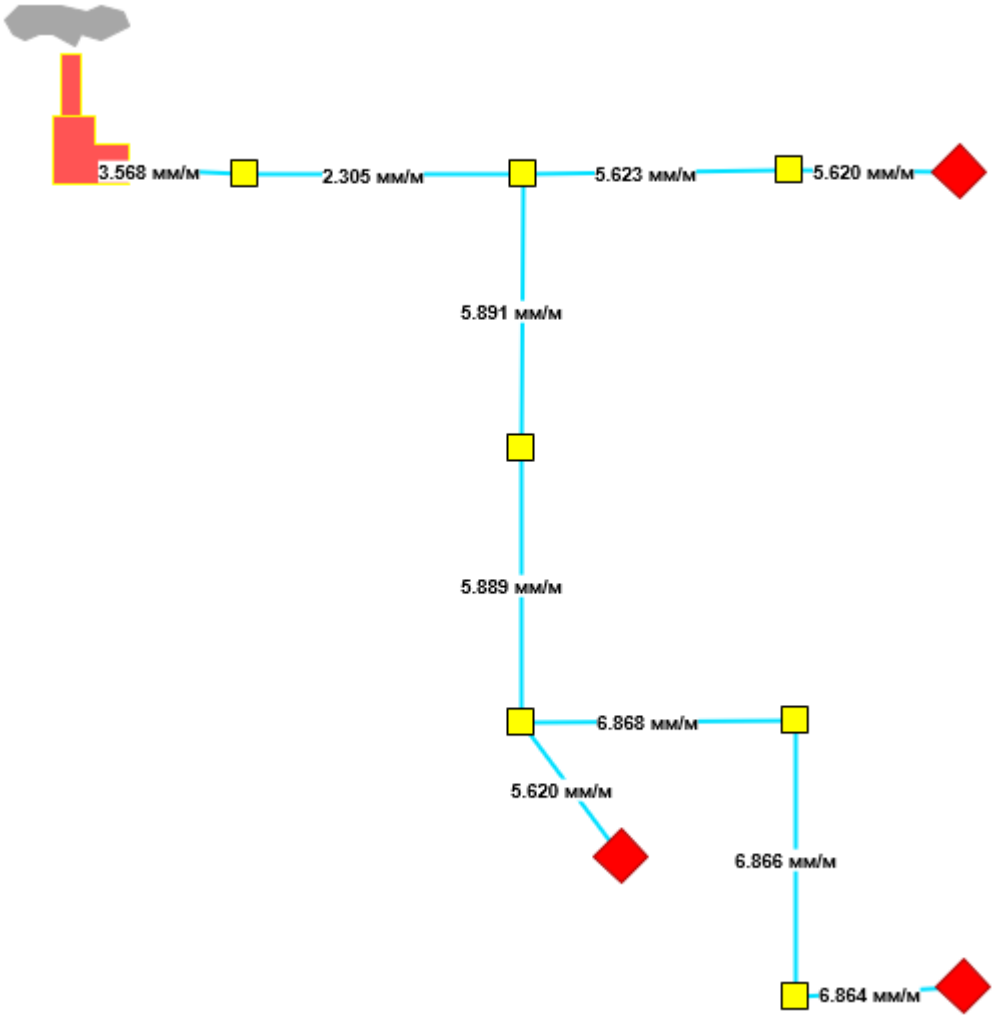


Рисунок 7 – Схема с указанием удельных потерь давления.

Расчеты должны соответствовать требованиям СП 124.13330.2012 Тепловые сети (СНиП 41.02.2003) и СП 131.13330.2012 Строительная климатология (СНиП 23.01.99).

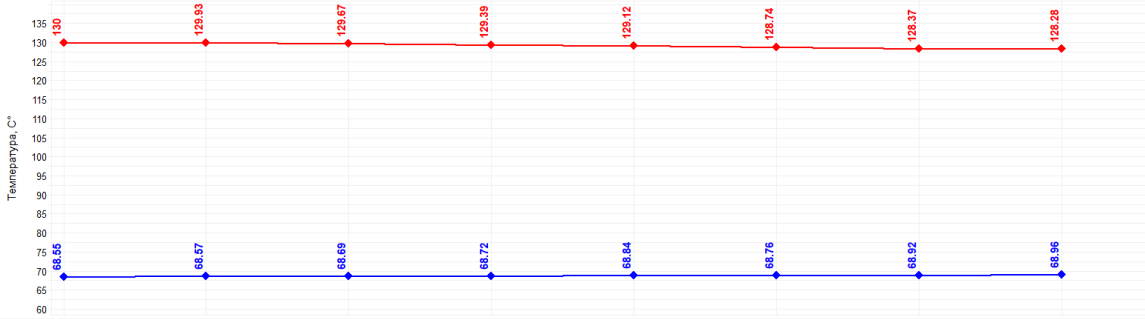
Теоретические аспекты гидравлических расчетов тепловых сетей приведены в Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. 2001 г. и Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. 1986.

Задание 3.

Для разветвленной тепловой сети необходимо произвести гидравлический расчет с учетом тепловых потерь и утечек теплоносителя в пакете Zulu Thermo и расчет суммарных тепловых потерь за Январь месяц.

Необходимо также произвести ручной расчет утечек теплоносителя в тепловой сети, нормативных тепловых потерь, температур в подающем трубопроводе у потребителей тепловой энергии, а также толщин тепловой изоляции для минераловатных цилиндров средней плотностью 100 кг/м^3 и теплоизоляционных изделий из пенополиуретана средней плотностью 50 кг/м^3.

Для всех трубопроводов тепловой сети принять бесканальный способ прокладки. Глубину заложения трубопроводов принять равную 1.5 м. Расстояние между осями труб по горизонтали принять равную 1.5 внешнего диаметра трубопровода. Коэффициент теплопроводности грунта принять равным 1.2 Вт/(м·К).



Наименование узла								
Геодезическая высота, м	0	0	0	0	0	0	0	0
Напор в обратном трубопроводе, м	15	15.178	15.637	16.813	17.988	19.36	20.732	21.075
Располагаемый напор, м	22.2	21.844	20.923	18.57	16.216	13.471	10.726	10.04
Длина участка, м	50	200	200	200	200	200	50	
Диаметр участка, м	0.184	0.2	0.15	0.15	0.125	0.125	0.125	

Рисунок 8 – График температур от источника теплоснабжения до самого плохого потребителя.

Расчеты должны соответствовать требованиям СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов (СНиП 41.03.2003).

Задание 4.

Для условий предыдущего задания в программе Zulu Thermo произвести замену обобщенных потребителей на потребителей так, что для самого дальнего потребителя выбрать независимую схему присоединения, а для остальных зависимую. После определения расчетного располагаемого перепада давления на источнике, произвести гидравлический расчет отдельно для следующих режимов:

1. Произведено отключение ближайшего к источнику потребителя;
2. Произведена установка насоса на подающем трубопроводе располагаемым напором 5 м на трубопроводе к самому дальнему потребителю;
3. То же, но установка насоса произведена на обратном трубопроводе;
4. Текущая температура наружного воздуха равно 0 °С (температурный график сети можно посмотреть в схеме теплоснабжения).

Для каждого участка произвести расчет опор и компенсации тепловых удлинений трубопроводов с применением П – образных компенсаторов. Результаты свести в таблицу (Участок №, Диаметр трубопровода, Длина участка, Пролет между неподвижными опорами, Пролет между свободными опорами, Тепловое удлинение, Вылет компенсатора).

Теоретические аспекты расчетов компенсации тепловых удлинений трубопроводов тепловых сетей приведены в Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. 2001 г.

Задание 5.

Необходимо произвести расчет кольцевой тепловой сети вручную, а также с использованием пакета ZuluThermo. Для этого производим соединение всех 12 тепловых пунктов ортагонально, задавая внутренний диаметр всех трубопроводов равный 200 мм.

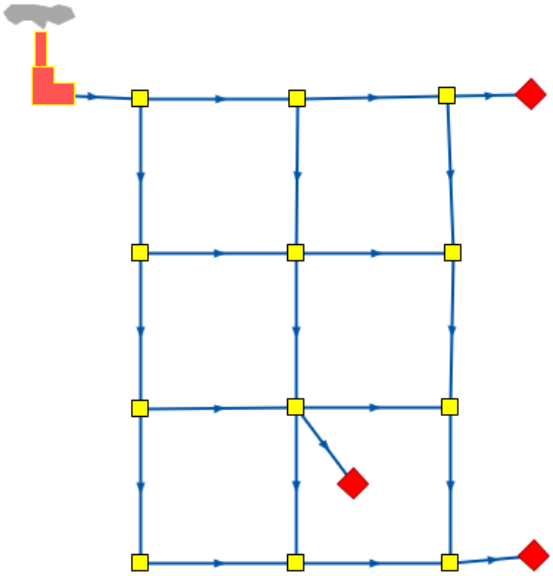


Рисунок 9 – Расчетная схема кольцевой тепловой сети.

Расчет производиться методом контурных расходов и узловых давлений принимая напор на обратном трубопроводе источника равный 20 м. Полученные значения расходов и напоров необходимо представить на схеме тепловой сети.

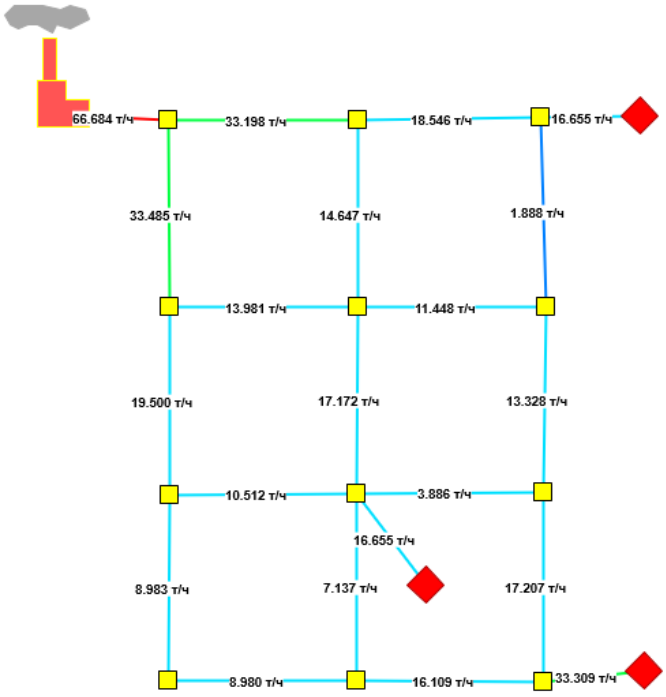


Рисунок 10 – Схема распределения расходов кольцевой тепловой сети.

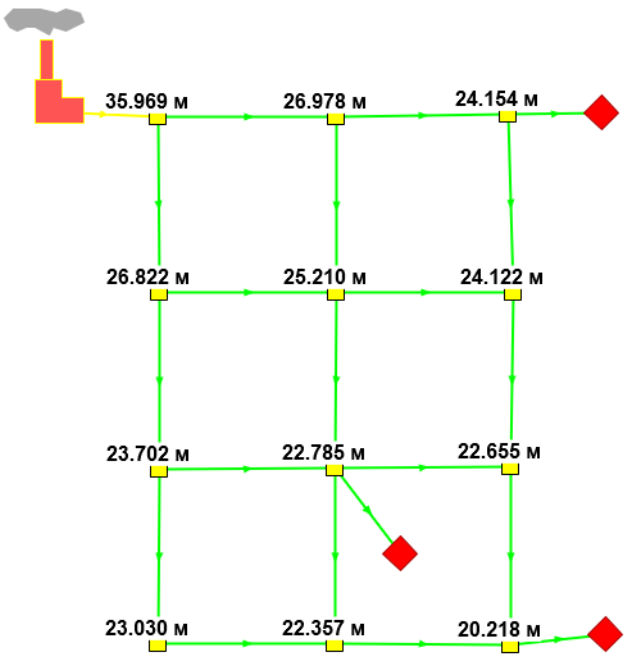


Рисунок 11 – Схема распределения располагаемых напоров в узлах кольцевой тепловой сети.

Теоретические аспекты гидравлических расчетов кольцевых тепловых сетей приведены в Хасилев В.Я., Меренков А.П. Методы и алгоритмы расчета тепловых сетей. 1978.

Задание 6.

Необходимо разработать принципиальную схему для индивидуального теплового пункта и узла учета тепловой энергии, а также произвести подбор основного оборудования для жилого многоквартирного девятиэтажного здания, расположенного в г. Красноярске. Выбор варианта производиться в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2.

Последняя цифра	Тип присоединения отопления	Нагрузка отопления, Гкал/сут.	Напор, необходимый для обеспечения расхода во внутреннем контуре, м.вод.ст
1	зависимая	1	1
2	не зависимая	1	1
3	зависимая	2	1.5
4	не зависимая	2	1.5
5	зависимая	3	2
6	не зависимая	3	2
7	зависимая	4	2.5
8	не зависимая	4	2.5
9	зависимая	5	3
0	не зависимая	5	3

Предпоследняя цифра	Тип присоединения ГВС	Кол. человек	Давление подающего трубопровода, бар	Давление обратного трубопровода, бар
1	открытая	50	13	6
2	закрытая	50	6	3
3	открытая	100	9	7
4	закрытая	100	14	5
5	открытая	150	5	3
6	закрытая	150	10	8

Предпоследняя цифра	Тип присоединения ГВС	Кол. человек	Давление подающего трубопровода, бар	Давление обратного трубопровода, бар
7	открытая	200	15	4
8	закрытая	200	6	2
9	открытая	250	10	7
0	закрытая	250	8	4

Задание 7.

Для определения показателей надежности тепловой сети необходимо рассчитать показатели вероятности безотказной работы для всех потребителей тепловой сети, приведенной в задании номер 4, а также сравнить их с минимально допустимым показатели вероятности безотказной работы тепловой сети согласно требованиям СП 124.13330.2012 Тепловые сети (СНиП 41.02.2003).

Необходимо также рассчитать затраты на создание и эксплуатацию тепловой сети с учетом потерь тепловой энергии, электроэнергии, затраченной на перекачку и линейную амортизацию сроком 30 лет. Стоимость прокладки определить по ФЕР 81-02-24-2001 Федеральные единичные расценки ФЕР-2020 Сборник 24. Теплоснабжение и газопроводы – наружные сети с учетом индекса изменения сметной стоимости.