

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Специальность промышленная теплоэнергетика
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы				
ПРОЕКТ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА “МОЛОДЕЖНЫЙ” Г. ТОМСКА				

УДК 697.341 (571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6502	Гарифуллин Ринат Фаридович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Разва А.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А.А.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
теоретической и промышленной теплотехники	Кузнецов Г.В.	профессор, д.ф.-м.н.		

Томск – 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ Электронного обучения _____
Направление подготовки (специальность) _____ промышленная теплоэнергетика _____
Кафедра _____ теоретической и промышленной теплотехники _____

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ
_____ Кузнецов Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта (дипломного проекта/работы)

Студенту:

Группа	ФИО
З-6502	Гарифуллин Ринат Фаридович

Тема работы:

ПРОЕКТ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА “МОЛОДЕЖНЫЙ” Г. ТОМСКА	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	июнь 2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования является микрорайон большой этажности с техническими условиями неудовлетворяющими, присоединению его к действующей магистрали по зависимой схеме
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Разработка схемы теплоснабжения и присоединения потребителей тепла под имеющиеся технические условия. 1. Расчет тепловых нагрузок 2. Расчет температурного графика 3. Определение расходов теплоносителя 4. Гидравлический расчет 5. Расчет водоподогревателей 6. Выбор оборудования 7. Система автоматизации 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

	9. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема генерального плана 2. Схема тепловой сети микрорайона 3. Пьезометрические графики 4. Принципиальная схема ИТП дома №7 5. Аксонометрическая схема ИТП дома №7 6. Разрез ИТП дома №7 7. Система теплотехнического контроля

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Основная часть	Разва А.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Фигурко А.А.
Социальная ответственность	Сечин А.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22 апреля 2016
--	----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Разва А.С	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-6502	Гарифуллин Ринат Фаридович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 6 рисунков, 10 таблиц, 23 источника, 8 приложений, 7 л. графического материала.

Ключевые слова: гвс, независимое присоединение потребителей теплоты, двухступенчатая схема присоединения подогревателей гвс, измерение, большие расходы, теплоноситель.

Объектом исследования является микрорайон большой этажности с техническими условиями неудовлетворяющими, присоединению его к действующей магистрали по зависимой схеме.

Цель работы - разработка схемы теплоснабжения и присоединения потребителей тепла под имеющиеся технические условия.

В результате проделанной работы был решен вопрос присоединения зданий большой и малой этажности к одной тепловой сети. Разработана схема регулирования отпуска теплоты отвечающая современным требованиям качества предоставляемых услуг, и не влияющая на гидравлический режим действующей магистрали .

Достигнутые технико-эксплуатационные показатели: за счет применения двух ступенчатой смешанной схемы присоединения водоводяных подогревателей гвс, был уменьшен расход сетевой воды и как следствие затраты на перекачку теплоносителя.

Содержание

	Введение	6
1	Расчет тепловых нагрузок	9
	1.1 Виды тепловых нагрузок	9
	1.1.1 Тепловая нагрузка на отопление	10
	1.1.2 Тепловая нагрузка на вентиляцию	15
	1.1.3 Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение	16
2	Расчет температурного графика	21
3	Определение расходов теплоносителя	27
	3.1 Определение расходов сетевой воды у потребителей	27
	3.1.1 Расход сетевой воды на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения	29
	3.1.2 Расход сетевой воды на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения	30
	3.1.3 Расчетные расходы сетевой воды	32
4	Гидравлический расчет	35
	4.1 Основные задачи	35
	4.2 Расчетные зависимости	36
	4.3 Конструктивный гидравлический расчет двухтрубной водяной сети	38
	4.4 Пьезометрический график	41
5	Расчет водоподогревателей	44
	5.1 Расчет водоподогревателя системы отопления	44
	5.2 Расчет водоподогревателя ГВС	49
6	Выбор оборудования	55
7	Система автоматизации теплового пункта	57
	7.1 Разработка структуры системы автоматизации	57
	7.2 Разработка функциональной схемы системы автоматизации	61
	7.3 Выбор технических средств	62

8	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и Ресурсосбережение	
	8.1 Определение сметной стоимости строительства тепловых сетей микрорайона “Молодежный” г.Томска	
	8.2 Расчет времени окупаемости проекта	
9	Социальная ответственность	70
	9.1 Санитарно-гигиенические причины	73
	9.2 Электробезопасность	81
	9.3 Противопожарные требования к зданиям и сооружениям	85
10	Заключение	86
11	Список литературы	87
12	Приложение А. Тепловые нагрузки микрорайона “Молодежный”	89
13	Приложение Б. Температурный график энергоснабжающей организа- ции	91
14	Приложение В. Температурный график домов микрорайона “Моло- дежный”	92
15	Приложение Г. Расходы теплоносителя по микрорайону “Молодежный”	93
16	Приложение Д. Гидравлический расчет	95
17	Приложение Е. Перечень элементов ИТП дома №7	99
18	Приложение Ж. Заказная спецификация оборудования автоматизации	101
19	Приложение К. Локальный сметный расчет строительства тепловых сетей микрорайона “Молодежный”	102

Введение.

Человечество использует тепловую энергию с начала своего существования. До второй половины XVII в. она использовалась на месте ее получения, т. е. применялось местное отопление.

В XVII — XVIII вв. появляются системы центрального отопления, в которых от одного источника отапливались все помещения. В середине XIX в. эти системы получили всеобщее признание и широкое распространение. В России первая система парового отопления была осуществлена в 1816 г., а водяного отопления в 1834 г.

Началом централизации систем теплоснабжения следует считать 1818 г. Англичанин Тредгольд описывает смонтированную в том же году паровую систему высокого давления, отапливавшую целую группу оранжерей от общей котельной, отстоящей от наиболее удаленной оранжереи на 127 м.

Хорошие технико-экономические показатели централизации источников тепла для силовых и отопительных целей были получены в США. В 1878 г. в г. Локпорте (штат Нью-Йорк) осуществлена первая районная система теплоснабжения 210 домов с использованием для этой цели пара паровых машин. Первоначальная длина подземных паропроводов составляла 2 км. В это же время было осуществлено насосно-водяное отопление, совмещенное с горячим водоснабжением большой группы домов в Бантедте (штат Нью-Йорк).

Идея широкого, применения комбинированной выработки электрической и тепловой энергии была заложена еще в Государственном плане электрификации России.

Начало российской теплофикации было положено в 1924 г., когда по инициативе проф. В. В. Дмитриева и инж. Л. Л. Гинтера были сооружены теплопроводы от 3-й Ленинградской электростанции к тепловым потребителям на набережной р. Фонтанки. Эта станция стала прообразом будущих отопительных ТЭЦ.

С того времени централизованное теплоснабжение от ТЭЦ и районных котельных прошло бурный путь развития. Теплофикация достигла значительного развития в большинстве новых промышленных районов и городов. Теплоснабжение большинства вновь сооружаемых крупных промышленных предприятий и жилых районов ориентируется на мощные ТЭЦ и крупные районные котельные.

Перспективы развития централизованного теплоснабжения определяют большие задачи совершенствования и повышения эффективности строительства и эксплуатации источников, систем транспорта и потребителей тепла. Одна из главных тенденций развития централизованного теплоснабжения заключается в укрупнении единичной мощности источников тепла, которое сопровождается увеличением радиуса передачи тепловой энергии.; Дальность действия тепловых сетей в современных крупных системах составляет 10—20 км, а в отдельных случаях достигает 30 км. Расширение районов теплоснабжения, в свою очередь, приводит к увеличению разности геодезических отметок в отдельных точках сети и необходимости сооружения многих насосных подстанций.

Применяемые параметры воды в тепловых сетях 150—170°C явно не соответствуют повышению экономичности работы систем теплоснабжения, особенно при транспорте тепла на большие расстояния. Эффективным способом снижения стоимости тепловых сетей является повышение расчетных температур теплоносителей и

совершенствование режимов отпуска тепла. Оптимальное значение расчетной температуры сетевой воды в подающих теплопроводах от ТЭЦ и районных котельных находится в пределах

160—190°C для районов дорогого топлива и 180—190°C — для районов дешевого топлива. За рубежом уже длительное время применяют высокие начальные температуры: в Чехословакии — 180—210°C, в ГДР — 200°C, во Франции — 200—220°C.

При значительном удалении источника тепла от района тепловых нагрузок (более 10 км) представляется целесообразным применение однотрубного

транспорта тепла, в первую очередь, на транзитных участках между ТЭЦ и пиковыми котельными.

Важным этапом современного развития техники централизованного теплоснабжения крупных городов, особенно в связи со строительством зданий повышенной этажности, является повышение надежности теплоснабжения путем внедрения независимых схем присоединения абонентских систем к магистральным тепловым сетям, сооружение резервных связей между тепломагистралями и контрольно-распределительными пунктами.

1 Расчет тепловых нагрузок

1.1 Виды тепловых нагрузок

В системах централизованного теплоснабжения тепло расходуется на отопление зданий, нагревание приточного воздуха в установках вентиляции и кондиционирования, на горячее водоснабжение, а также технологические процессы промышленных предприятий.

В системах отопления и вентиляции тепло расходуется не непрерывно в течение года, а только при сравнительно низких температурах наружного воздуха. Таких потребителей тепловой энергии принято называть сезонными, а их тепловые нагрузки - сезонными тепловыми нагрузками.

Тепловая энергия в системах горячего водоснабжения и в технологических процессах промышленных предприятий расходуется непрерывно в течение года и мало зависит от температуры наружного воздуха.

Тепловые нагрузки на горячее водоснабжение и технологические нужды считаются круглогодичными тепловыми нагрузками.

Основой проектирования тепловых сетей являются тепловые нагрузки. От достоверности определения расходов тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение зависит качество проекта. Тепловые сети проектируют на транспортирование максимальных (расчетных) расходов тепла. При необходимости расход тепла можно изменить за счет средств регулирования.

При проектировании систем теплоснабжения для существующих городов и поселков расчетные данные о сезонных тепловых нагрузках следует принимать из проектов отопления и вентиляции. При перспективном строительстве расчетные расходы тепла рекомендуется принимать из типовых проектов с соответствующей корректировкой по климатическим условиям района строительства.

При отсутствии проектных данных отопительные тепловые нагрузки зданий определяются одним из следующих методов:

расчетом теплотерь через элементы ограждающих конструкций и добавления потерь на нагрев инфильтрационного воздуха [1];

расчетом теплотерь по укрупненным показателям [1];

определением теплообмена установленного в здании отопительно-вентиляционного оборудования [1]. Расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции выполняется при необходимости более точного определения тепловых потерь, например, при расчетах, требующих составления теплового баланса здания и отдельных его помещений.

При отсутствии проектных данных отопительные тепловые нагрузки, как правило, определяются по укрупненным показателям.

Конечной целью расчетов теплового потребления является определение тепловых нагрузок (максимальных, текущих) объектов системы теплоснабжения на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, расчет и построение графиков тепловых нагрузок (суточных, годовых и по продолжительности).

Тепловые нагрузки для отапливаемых зданий подразделяются:

Отопительную Q_o ;

Вентиляционную Q_v ;

Горячего водоснабжения Q_h ;

По каждому виду нагрузки расчет ведется отдельно.

1.1.1 Тепловая нагрузка на отопление

Основная задача отопления заключается в поддержании внутренней температуры помещений на заданном уровне. Для этого необходимо сохранение равновесия между тепловыми потерями здания и теплопритоком от системы отопления. Условие теплового равновесия здания может быть выражено в виде равенства

$$Q_{oc} = Q_T + Q_{и} = Q_o + Q_{тв}, \quad (2.1)$$

где Q_{oc} – суммарные тепловые потери здания, МВт;

Q_T – тепловые потери теплопередачей через наружные ограждения;

$Q_{и}$ – тепловые потери инфильтрацией из-за поступления в помещение через неплотности наружных ограждений холодного воздуха, МВт;

Q_o – подвод тепла в здание через отопительную систему, МВт;

$Q_{\text{ТВ}}$ – внутренние тепловыделения, МВт.

Суммарные тепловые потери здания можно представить в виде

$$Q_{\text{ос}} = Q_{\text{т}}(1 + \mu), \quad (2.2)$$

где $\mu = \frac{Q_{\text{и}}}{Q_{\text{т}}}$ – коэффициент инфильтрации, представляющий собой отношение теплотерь инфильтрацией к теплотерям теплопередачей через наружные ограждения.

Коэффициент инфильтрации μ зависит от типа зданий, герметичности наружных ограждений, свободной высоты здания (не разделенной между этажами перекрытиями), внутренней и наружной температуры воздуха и скорости ветра.

Коэффициент инфильтрации определяется по формуле

$$\mu = b \sqrt{2g L \left(1 - \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{в}}}\right) + w_{\text{в}}^2}, \quad (2.3)$$

где L – свободная высота здания (для жилых и общественных зданий – высота этажа) м;

$t_{\text{в}}, t_{\text{н}}$ – внутренняя и наружная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

$w_{\text{в}}$ – скорость ветра, м/с ;

b – постоянная инфильтрации, с/м .

Постоянная инфильтрации b представляет собой долю увеличения теплотерь здания на 1 м/с скорости инфильтрации. При отсутствии опытных данных можно для ориентировочных расчетов принимать значения из таблицы 1[2].

Таблица 1.1 Значения постоянных коэффициентов b

п	Тип зданий	$b, \text{с/м}$
1	Для отдельно стоящих промышленных	$35 \cdot 10^{-3} - 40 \cdot 10^{-3}$

.	зданий с большими световыми проемами	
2.	Для жилых и общественных зданий с двойным остеклением при сплошной застройке кварталов	$8 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}$

Основную величину тепловых потерь представляет первое слагаемое в формуле (2.1) – Q_T , которое определяется по формуле [3].

$$Q_m = (t_s - t_n)V \left\{ \frac{P}{S} [k_c + \phi (k_{ок} - k_c)] + \frac{1}{L} [\psi_1 k_{nm} + \psi_2 k_{nl}] \right\}, \quad (2.4)$$

где – V – объем здания по наружному обмеру, m^3 ;

P – периметр здания в плане, m ;

S – площадь здания в плане, m^2 ;

L – высота здания, m ;

$k_c, k_{ок}, k_{пт}, k_{пл}$ – соответственно коэффициенты теплопередачи стен, окон, потолка верхнего этажа, пола нижнего этажа, $Вт/м^2 \text{ } ^\circ C$ ($ккал/м^2 \text{ час } ^\circ C$);

ϕ – коэффициент остекления, т.е. отношение площади окон к площади вертикальных ограждений;

ψ_1, ψ_2 – поправочные коэффициенты на расчетный перепад температур для верхнего ($\psi_1 = 0,75 \div 0,9$) и нижнего ($\psi_2 = 0,5 \div 0,7$) горизонтальных ограждений здания.

Выражение, взятое в формуле (2.4) в фигурные скобки, называется удельной теплотерей здания и обозначается q_o $Вт/(м^3 \text{ } ^\circ C)$ ($ккал/м^3 \text{ час } ^\circ C$). С учетом инфильтрации выражение (2.4) для определения Q_T записывается в виде:

$$Q_o = (1 + \mu) q_o V (t_b - t_n), \quad (2.5)$$

Для жилых и общественных зданий максимальное значение коэффициента инфильтрации в большинстве случаев не превосходит 3-6 %, что лежит в пределах точности расчета тепловых потерь. В некоторых случаях для упрощения инфильтрацию не вводят в расчет, т.е. принимают $\mu = 0$. Для учета инфильтрации принимают величину удельных тепловых потерь q_o с небольшим запасом.

Тепловые потери инфильтрацией промышленных зданий составляют заметную величину, нередко достигающую 25-30 % тепловых потерь через наружные ограждения, и ее необходимо учитывать при расчете. Подробные методики расчета тепловых потерь через наружные ограждения приводятся в [3].

Тепловые потери Q_T через наружные ограждения при отсутствии проектных данных определяются по укрупненным показателям: общей площади F [1] или наружному объему здания V_H [1], соответственно по формулам (2.6) и (2.7). Максимальный тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий без учета инфильтрации:

$$Q_{\text{оmax}}^p = q_o F (1 + K_1) 10^{-6}, \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{ов}}^p = \beta q_{\text{ов}} V_H (t_B - t_0^p) 10^{-6}, \quad (2.7)$$

где q_o, q_o - соответственно удельный тепловой поток, Вт/ м² (ккал/ч м²), на отопление 1 м² общей площади, удельная отопительная характеристика, Вт/(м³·К), (ккал/(м³·ч·°C));

F – общая площадь жилых зданий, м²;

K_1 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий, при отсутствии данных принимается равным 0,25;

β – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района;

V_H - наружный объем здания, м³;

t_B - расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °C [6];

t_0^p - расчетная температура наружного воздуха для отопления, °C [4];

Расход тепла на отопление ведем по укрупненным показателям общему объему формула (2.7).

где q_{ov} – укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^3 общего объема, принимаемый по рекомендуемому приложению 1, [3].

V – общая площадь жилых зданий, м^2 ;

β – коэффициент, учитывающий климатические условия района для Томска следует принимать равным 0,9, [3].

1.1.2 Тепловая нагрузка на вентиляцию

Расход тепла на вентиляцию жилых зданий, не имеющих, как правило, специальной приточной системы, невелик. Он обычно не превышает 5-10 % расхода тепла на отопление и учитывается величиной удельной тепловой потери q_{ov} .

Расход тепла на вентиляцию производственных и коммунальных предприятий, а также общественных и культурных учреждений составляет значительную долю от суммарного теплоснабжения объекта. В производственных предприятиях расход тепла на вентиляцию часто превышает расход на отопление.

Ориентировочно максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий определяется по укрупненным показателям: общей площади F [2] или наружному объему здания V_n [1] соответственно по формулам (2.6) и (2.7).

$$Q_B^p = K_2 \cdot K_1 \cdot q_o \cdot F \cdot 10^{-6}, \quad (2.8)$$

$$Q_B^p = \beta \cdot q_B \cdot V_n \cdot (t_B - t_{нв}) \cdot 10^{-6}, \quad (2.9)$$

где K_2 – коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий;

q_B – удельная вентиляционная характеристика $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ ($\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$) [3];

$t_{нв}$ – расчетная температура наружного воздуха для вентиляции, $^\circ\text{C}$ [3].

Средний тепловой поток на вентиляцию для средней температуры воздуха за отопительный сезон [1].

$$Q_B = Q_B^p \frac{(t_B - t_{ncp})}{(t_B - t_{HO})}, \quad (2.10)$$

Расход тепла на вентиляцию ведем по укрупненным показателям общему объему формула (2.9).

1.1.3 Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение

Тепловое потребление для целей горячего водоснабжения в течение отопительного периода изменяется сравнительно мало, но отличается большой неравномерностью по часам суток. Летом расход тепла в системах горячего водоснабжения жилых зданий по сравнению с зимой уменьшается на 30-35 %. Это объясняется тем, что в летнее время температура воды в холодном водопроводе на 10-12. °С выше, чем в зимний период. Кроме того, значительная часть городского населения летом, в субботные и воскресные дни, выезжает в загородные зоны, т.е. в те дни, когда в жилом секторе зимой наблюдаются максимальные разборы горячей воды.

По своему значению во многих жилых районах крупных городов нагрузка на ГВС становится сопоставимой с отопительной нагрузкой. В ряде районов годовой отпуск тепла на горячее водоснабжение достигает 40 % суммарного отпуска тепла по жилому району.

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение (ГВС) жилых и общественных зданий [2].

$$Q_{гвс}^{cp} = \frac{c * m * (a + b)(55 - t_x)}{24 * 3,6} 10^{-6}, \quad (2.11)$$

или

$$Q_{гвс}^{cp} = q_{гвс} m, \quad (2.12)$$

где m – расчетное число потребителей горячей воды;

c - удельная теплоемкость воды равная 4,187 кДж/(кг °C) (1ккал/(кг °C));

a – норма расхода воды на ГВС при температуре 55 °C на одного человека в сутки, проживающего в здании с горячим водоснабжением, принимаемая в зависимости от степени комфортности по приложению 3 [4];

b – норма расхода воды на ГВС в общественных зданиях при температуре 55 °C, принимаемая в размере 25 л/сут на 1 чел;

t_x - температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии других данных принимается равной 5 °C), °C;

$q_{\text{ГВС}}$ – укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека [1], Вт.

Максимальный тепловой поток на ГВС жилых и общественных зданий по методике[1].

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = 2,4 * Q_{\text{ГВС}}^{\text{cp}} 10^{-6}, \quad (2.13)$$

где 2,4- коэффициент часовой неравномерности.

Средний тепловой поток на ГВС в неотопительный (летний) период по методике[1].

$$Q_{\text{ГВС Л}}^{\text{cp}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{cp}} \frac{(55 - t_{\text{л}})}{(55 - t_3)} \beta, \quad (2.14)$$

где t_3 , $t_{\text{л}}$ – соответственно температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5 °C) и неотопительный (летний) период (принимается равной 15 °C) [1];

β - коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотопительный период по отношению к отопительному периоду, принимаемый при отсутствии данных для жилищно-коммунального сектора – 0,8 (для курортных и южных городов $\beta = 1,5$), для предприятий – 1,0 [1].

2 Расчет температурного графика теплоснабжения

Исходные данные:

Расчетные параметры теплоносителя в тепловой сети температурный график 150/70 °С со срезкой на 125°С, температурный график энергоснабжающей организации (график 2.1, приложение Б), система регулирования – центральная качественная.

Необходимая температура воды в подающем трубопроводе для отопительных систем жилых и общественных зданий и бытовых помещений промпредприятий с конвективно-излучающими нагревательными приборами определяется по формулам [6].

$$\tau_3 = \tau_{в.р} + \frac{\tau_{3р} - \tau_{2р}}{2} + \Delta\Theta_p * q^{0.8}, \quad (2.1)$$

Температура обратной воды от указанных систем отопления:

$$\tau_2 = \tau_3 - (\tau_{3р} - \tau_{2р}) * q, \quad (2.2)$$

Температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети для жилых районов:

$$\tau_1 = \tau_3 + (\tau_{1р} - \tau_{3р}) * q, \quad (2.3)$$

где $\tau_{в.р}$ – расчетная температура воздуха внутри помещений,

$\tau_{в.р} = +20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$\tau_{1р}$ - расчетная температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети, °С,

$\tau_{1р} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$\tau_{2р}$ - расчетная температура воды после системы отопления, °С,

$\tau_{2р} = 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$\tau_{3р}$ - расчетная температура воды в подающем трубопроводе отопительной системы после смесительного устройства, °С;

q – отношение необходимого расхода тепла на отопление при данной текущей температуре наружного воздуха к расчетному расходу:

$$q = \frac{t_{в.р} - t_n}{t_{в.р} - t_{н.р}}, \quad (2.4)$$

где t_n – текущая, для проектирования отопления, температура наружного воздуха, °C;

$t_{в.р}$ – расчетная, для проектирования отопления, температура наружного воздуха, °C,

$t_{н.р} = -40^\circ\text{C}$.

$\Delta\Theta_p$ – расчетная разность температур в отопительных приборах, °C,

$$\Delta\theta_p = \frac{t_{3p} + t_{2p}}{2} - t_{в.р}. \quad (2.5)$$

При отклонении температуры воды в подающем трубопроводе от отопительного графика (например при спрямлении его в теплый период года в сетях с нагрузкой горячего водоснабжения) изменяется температура воды в отопительных системах. Температура воды до и после системы отопления определяется по методике [6].

$$t_3' = t_1' - (t_1 - t_3) \frac{t_1' - t_i'}{t_1' - t_i'}, \quad (2.6)$$

$$t_2' = t_1' - (t_1 - t_2) \frac{t_1' - t_i'}{t_1' - t_i'}, \quad (2.7)$$

где t_1' – фактическая температура воды в подающем трубопроводе при нарушении отопительного графика, °C;

t_1, t_2, t_3 – текущая температура воды соответственно в подающем, обратном трубопроводе тепловой сети и в подающем трубопроводе системы отопления при данной температуре наружного воздуха по отопительному графику, подсчитанная по формулам настоящего раздела °C.

На отопительно-бытовом графике теплоснабжения жилых домов при независимом присоединении температура в подающей линии остается соответствующей температуре графику энергоснабжающей организации.

3 Определение расходов теплоносителя

3.1 Определение расходов сетевой воды у потребителей

Расход теплоносителя для отдельных потребителей зависит от температуры наружного воздуха и принятого режима регулирования. За расчетный расход для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения принимают наибольший. Расчетный расход теплоносителя представляет собой сумму расходов для всех потребителей.

Для жилой и общественной застройки применяют центральное качественное регулирование по отопительной нагрузке.

Расчетный часовой расход сетевой воды (максимальный при расчетной температуре наружного воздуха на отопление t_o^p) для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании отпуска теплоты определяется отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения [2].

Расчетный расход воды на отопление:

$$G_{o \max} = \frac{3,6Q_{o \max}}{C(\tau_1 - \tau_2)}, \quad (3.1)$$

Расчетный расход воды на вентиляцию:

$$G_{v \max} = \frac{3.6Q_{v \max}}{C(\tau_1 - \tau_2)}, \quad (3.2)$$

где τ_1 - температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха °С;

τ_2 - то же, в обратном трубопроводе тепловой сети, °С.

3.1.1 Расход сетевой воды на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения

В открытых системах теплоснабжения разбор воды на горячее водоснабжение осуществляется в зависимости от температуры воды в сети. При

температуре воды в подающем трубопроводе, равной $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, водоразбор ведется только из подающей линии. С повышением температуры сетевой воды ($t_1 > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) водоразбор осуществляется одновременно из обоих трубопроводов в таком соотношении, чтобы температура воды, поступающей на горячее водоснабжение, была равна $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. В холодный период отопительного сезона при $t_2 \geq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, разбор воды происходит только из обратной магистрали. Температура горячей воды в системах горячего водоснабжения у потребителей для открытых систем должна быть не менее $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, для закрытых систем – не менее $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ [7].

Средний расход воды на горячее водоснабжение:

$$G_{\text{звс}}^{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{звс}}^{\text{cp}}}{c (t_{\text{г}} - t_{\text{хз}})}, \quad \text{кг/ч.} \quad (3.3)$$

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение:

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{звс}}^{\text{max}}}{c (t_{\text{г}} - t_{\text{хз}})}, \quad \text{кг/ч.} \quad (3.4)$$

3.1.2 Расход сетевой воды на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение в закрытых тепловых сетях определяется в зависимости от схемы включения подогревателей горячего водоснабжения [2].

Средний расход воды при параллельной схеме включения подогревателей:

$$G_{\text{звс}}^{\text{cp}} = \frac{3,6 Q_{\text{звс}}^{\text{cp}}}{c (\tau'_1 - \tau'_3)}, \quad (3.5)$$

где $t_{1и}$, $t_{3и}$ – соответственно температуры воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур воды и после параллельно включенного подогревателя горячего водоснабжения в точке излома графика температур (при отсутствии данных $t_{3и}$ принимается равной $30\text{ }^{\circ}\text{C}$), $^{\circ}\text{C}$.

Максимальный расход воды при параллельной схеме:

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}} = \frac{3,6 Q_{\text{звс}}^{\text{max}}}{C(\tau'_1 - \tau'_3)}, \quad (3.6)$$

Средний расход воды на горячее водоснабжение при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей:

$$G_{\text{звс}}^{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{звс}}^{\text{cp}}}{C(\tau_{1u} - \tau_{2u})} \left(\frac{55 - t_{1cm}}{55 - t_{xz}} + 0,2 \right), \quad (3.7)$$

где t_{2u} – температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур, °С;

t_{1ct} – температура сетевой воды после первой ступени подогрева при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей, °С. Рекомендуется [8] принимать на 5°С ниже температуры сетевой воды в обратном трубопроводе.

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей:

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}} = \frac{3,6 \cdot 0,55 Q_{\text{звс}}^{\text{max}}}{C(\tau'_{1u} - \tau'_{2u})}, \quad (3.8)$$

где τ'_{1u} – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температуры воды, °С;

τ'_{2u} – то же, в обратном трубопроводе тепловой сети после системы отопления зданий, °С;

τ'_3 – температура воды после параллельно включенного водоподогревателя горячего водоснабжения в точке излома графика температур воды; рекомендуется принимать $\tau'_3 = 30$ °С;

C – удельная теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной 4,187 кДж/(кг·°С).

3.1.3 Суммарные расчетные расходы сетевой воды

Суммарные расчетные расходы сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в открытых и закрытых системах при качественном регулировании:

$$G_c^p = G_o^p + G_v^p + K_3 G_{звс}^{\max}, \quad (3.9)$$

где K_3 – коэффициент, учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение при регулировании по нагрузке отопления, следует принимать по табл. 2. [2].

Для закрытых систем теплоснабжения при регулировании по нагрузке отопления и тепловом потоке менее 100 МВт, при наличии баков-аккумуляторов у потребителей, коэффициент $K_3 = 1$. При регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения $K_3 = 0$.

Значения коэффициентов K_3

Таблица 3.1

Системы теплоснабжения	Тепловой поток	Значение коэффициента K_3
Открытая	100 и более	0,6
	менее 100	0,8
Закрытая	100 и более	1,0
	менее 100	1,2

Для потребителей при $\frac{Q_{гвс}^{\max}}{Q_o^p} > 1.0$ при отсутствии баков-аккумуляторов, а

также с тепловым потоком ≤ 10 МВт суммарный расчетный расход воды:

$$G_c^p = G_o^p + G_b^p + G_{гвс}^{\max}, \quad (3.10)$$

Расчетный расход сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в неотапительный период:

$$G_{cl}^p = \beta G_{26c}^{\max}, \quad (3.11)$$

При этом максимальный расход воды на горячее водоснабжение определяется для открытых систем теплоснабжения по формуле (3.4) при температуре холодной воды в неотапительный период, а для закрытых систем при всех схемах присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения - по формуле (3.6).

Расход воды в обратном трубопроводе двухтрубных водяных тепловых сетей открытых систем теплоснабжения принимается в размере 10 % от расчетного расхода воды определенного по формуле (3.11).

4.2 Гидравлический расчет.

4.1 Основные задачи.

При проектировании тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения основная задача гидравлического расчета, состоит в определении диаметров трубопроводов по заданным расходам теплоносителя и располагаемым перепадам давлениям во всей сети или в отдельных ее участках.

В процессе эксплуатации сетей теплого и горячего водоснабжения, возникает необходимость решения обратных задач по определению давлений в отдельных точках при изменении гидравлических режимов.

Результаты гидравлических расчетов используют: для построения пьезометрических графиков, выбора схем абонентских вводов, подбора насосного оборудования и других целей.

Правильно выполненный гидравлический расчет, водяной тепловой сети еще не гарантирует надежности ее работы. При перегретом теплоносителе, давление в подающем трубопроводе должно быть выше давления вскипания. Если не обеспечить это требование, будет нарушаться циркуляция воды, за счет ее вскипания. Кроме этого, давление в системах отопления, не должно вызывать нарушения прочности нагревательных приборов.

В данном случае, системы отопления микрорайона «Молодежный» подключены к тепловой сети частично по зависимой, частично по независимой схеме. При зависимом присоединении, гидравлические режимы тепловой сети, и системы отопления здания взаимосвязаны. Давление в системе отопления примерно равно, давлению в обратном трубопроводе тепловой сети. Повышение давления в обратном трубопроводе тепловой сети, будет вызывать повышение давления в системах отопления.

Из условия прочности нагревательных приборов давление в системах отопления не должно превышать 0,6 Мпа. Во избежании вакуума в обратном трубопроводе тепловой сети давление должно быть не ниже 0,005Мпа.

4.2 Расчетные зависимости

Падение давления в трубопроводе может быть представлено как сумма двух слагаемых – линейного падения и падения в местных сопротивлениях[5].

$$\Delta p = \Delta p_{\text{л}} + \Delta p_{\text{м}}, \quad (4.1)$$

где $\Delta p_{\text{л}}$ -падение давления вследствие трения на прямолинейных участках трубопровода, Па;

$\Delta p_{\text{м}}$ -падение давления в арматуре (вентильях, задвижках, кранах и т. д.) и других элементах оборудования (коленах, шайбах, переходах и д. р.).

Суммарные потери давления в трубопроводах на трение и в местных сопротивлениях[5].

$$\Delta P = R * L_{\text{пр}}, \quad (4.2)$$

где R – Удельные падения давления на трение, Па;

$L_{\text{пр}}$ – Приведенная длина трубопровода, м.

Приведенная длина трубопровода определяется [2; 5] по формуле:

$$L_{\text{пр}} = L + L_{\text{экв}}, \quad (4.3)$$

где L – длина трубопровода, м;

$L_{\text{экв}}$ – эквивалентная длина местных сопротивлений, м.

$$L_{\text{экв}} = \sum \xi \frac{D_i}{\lambda}, \quad (4.4)$$

где $\sum \xi$ - Сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассчитываемом участке;

λ - коэффициент гидравлического трения.

Удельные падения давления на трение определяются[14] по формуле:

$$R = 6.27 * 10^{-8} * \lambda * \frac{G^2}{D_i^5 * \rho}, \quad (4.5)$$

где G – расход теплоносителя, кг/ч;

D_i – внутренний диаметр трубы, м;

ρ - плотность теплоносителя, кг/м³,

Удельные потери давления на трение [5].

$$D_i = \sqrt[5]{\frac{6,27 * 10^{-8} * \lambda * G_i^2}{R * \rho}}, \quad (4.6)$$

Коэффициент гидравлического трения λ зависит от характера движения жидкости (ламинарное или турбулентное).

Как правило тепловые сети работают при турбулентном режиме движения теплоносителя в квадратичной области, поэтому коэффициент гидравлического трения определяется формулой:

$$\lambda = \frac{1}{(1.14 + 2 \lg \frac{D_i}{k_e})^2}, \quad (4.7)$$

для – любых значений числа Рейнольдса (приближенно)

$$\lambda = 0,11 * \left(\frac{k_e}{D_i} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (4.8)$$

где k_e - эквивалентная шероховатость внутренней поверхности стальных труб, м. Принимаемая [5] для вновь прокладываемых труб водяных тепловых сетей $k_e = 0,0005\text{м}$.

Предельное число Рейнольдса, характеризующее границы переходной области и области квадратичного закона:

$$Re_{np} = 568 * \frac{D_i}{k_9} \quad (4.9)$$

Предельная скорость, т. е. скорость потока, при которой (и выше) имеет место квадратичная зависимость падения давления от расхода,

$$\omega_{np} = 568 * \frac{v_i}{k_9} \quad (4.10)$$

4.3 Конструктивный гидравлический расчет двухтрубной водяной сети

Конструктивный гидравлический расчет тепловой сети рекомендуется проводить по принятой величине удельной линейной потери давления .

В задачу расчета входит: определение диаметров трубопроводов участков сети, потерь напора по участкам и напора сетевых насосов. Расчет ведется по таблицам или номограммам гидравлического расчета [5].

Рекомендуется при расчете величину удельной линейной потери давления принимать:

- 1) для магистральных сетей $\Delta P \leq 80 \text{ Па/м}$;
- 2) для распределительной сети и ответвлений к зданиям $\Delta P_{\text{л}} = 150 \div 300 \text{ Па/м}$.

Гидравлический расчет проводится в следующей последовательности:

- 1) Вычерчивается расчетная схема тепловой сети, нумеруются участки сети, на расчетные участки сети наносятся длины и расчетные расходы воды.
- 2) Выбирается главная (расчетная) магистраль.
- 3) По суммарному расчетному расходу сетевой воды на участке по номограмме или таблице определяется стандартный диаметр трубопровода, соответ-

ствующий допустимым значениям удельной линейной потери давления или напора. Фиксируется значение $\Delta P_{\text{л}} (\Delta h_{\text{л}})$, соответствующее выбранному стандартному диаметру трубопровода.

4) Гидравлический расчет рекомендуется начинать с последнего участка. По известному диаметру трубопровода на участке и принятому типу прокладки сети (подземная в непроходных каналах или надземная) выбирается тип компенсатора: сальниковый или П-образный. Принимая расстояние между неподвижными опорами, определяется количество компенсаторов [5].

5) Определяется эквивалентная длина местных сопротивлений $l_{\text{э}}$, в зависимости от характера сопротивления и диаметра трубопровода, по формуле [5].

$$L_{\text{экв}} = A_l * \sum \xi * d^{1,25}, \quad (4.11)$$

где A_l -60,7 таблица 5.1[5].

6) определяется потеря давления или напора на расчетном участке по формуле

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P_{\text{л}} * (l + l_{\text{э}}) \quad (4.12)$$

В расчетах двух трубных закрытых тепловых сетей принимается, что потери давления (напора) в подающем трубопроводе равны потерям давления (напора) в обратном трубопроводе.

7) По окончании расчета участков тепловой сети определяется суммарная потеря давления (напора) в главной расчетной магистрали тепловой сети .

$$\Delta P_c^p = \sum_1^n \Delta P_{\text{уч}} \quad (4.13)$$

Результаты гидравлического расчета заносят в таблицу.

4.4. Пьезометрический график

Пьезометрический график дает наглядное представление о давлении или напоре в любой точке тепловой сети.

Пьезометрический график строится по всей длине тепловой сети, т.е. тепловую сеть вытягиваем в одну линию (главную магистраль и ответвления).

Если ИТП подключен напрямую, то мысленно осуществляем поворот трассы ответвления на 90° и строим пьезометры на графике.

Построение пьезометрического графика на основании данных гидравлического расчета для зимних и летних условий выполняется в следующей последовательности:

1) Вычерчивается профиль местности (по геодезическим отметкам на генплане) и наносятся отметки высот характерных зданий на профиль в принятом масштабе (1 этаж – 3 м).

2) Проводится линия статического напора ($H_{ст}$), обеспечивающего заполнение системы водой (на 3 – 5 м выше самого высокого абонента (здания)).

3) Устанавливаем предельное положение пьезометрического графика обратного трубопровода в динамическом режиме, исходя из того, что:

- максимальный пьезометрический напор не должен превышать 60 м в радиаторах нижних этажей зданий;

- для защиты системы отопления от опорожнения пьезометрическая линия должна быть не менее чем на 3 – 5 м выше самого высокого абонента.

4) проводим линию падения давления по напору, обратную линии тепловой сети от точки врезки до конечного абонента, где действительный уклон пьезометрической линии обратного трубопровода определяется по данным гидравлического расчета. Падение давления в главной магистрали тепловой сети равномерное, поэтому получаем прямую. В действительности на ответвлениях от главной магистрали наблюдается некоторое незначительное падение давления на преодоление дополнительного сопротивления (поворот), но мы его учитываем в гидравлическом расчете главной магистрали.

5) строится линия потерь напора у конечного абонента.

6) строится пьезометр для подающего трубопровода (зеркальное отображение обратного)

7) проводится линия не вскипания на расстоянии 40 м от каждой точки рельефа местности.

Построение пьезометрического графика тепловой сети

Исходные данные для построения пьезометрического графика тепловой сети 46-го участка:

Давление в магистрали 8Б-09 $P_1 - 48.095$ м.вод.ст.,

$P_2 - 33.456$ м.вод.ст

Гидравлический расчет трубопроводов тепловой сети 46-го участка таблица №4.3, приложение 4.

Отметки уровня земли взяты с генерального плана местности.

Для построения пьезометрического графика сначала строится профиль местности по трассе теплопровода. На профиле местности в принятом масштабе наносят высоты зданий. При построении принимаем, что оси трубопроводов совпадают с поверхностью земли.

От располагаемого напора, в магистрали 8Б-09 $P_1 - 48.095$ м.вод.ст., с учетом уровня земли $Z - 21.28$ м. получаем 69.375 м., в горизонтальном масштабе откладываем длину участка №46, 154.4 м., в вертикальном масштабе откладываем потери давления на этом участке, $\Delta P = 0,5059$ м, и соединяем полученные точки, 69.735 м. и 69.229 м. Разница между этими значениями, и есть потери напора в подающей линии 46-го участка.

От располагаемого напора, в магистрали 8Б-09 $P_2 - 33.456$ м., с учетом уровня земли $Z - 21.28$ м. получаем 54.736 м., в горизонтальном масштабе откладываем длину участка №46, 154.4 м, в вертикальном масштабе откладываем потери давления на этом участке, $\Delta P = 0,5059$ м., и соединяем полученные точки, 54.736 м. и 55.242 м.

Разница между полученными значениями 69.229 м. и 55.242 м. равная 13.987 м., есть располагаемый перепад напора в ТК 1.

В такой же последовательности, строим линии остальных участков 1-ой магистрали.

После построения пьезометрического графика (графики 4.1,4.2,4.3) видно, что давление в обратном трубопроводе у потребителей подключенных по зависимой схеме не превышает допустимого значения 60 м .

5. Расчет водоподогревателей

В тепловых пунктах следует применять: водяные горизонтальные секционные кожухотрубные или пластинчатые водоподогреватели [8].

Расчет поверхности нагрева водо-водяных подогревателей для систем отопления, проводится при температуре воды в тепловой сети соответствующей расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления. Для систем горячего водоснабжения — при температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети, соответствующей точке излома графика температуры воды или минимальной температуре воды, если отсутствует излом графика температур [8].

Число водо-водяных водоподогревателей следует принимать:

- 1) для системы отопления — один водоподогреватель;
- 2) для систем горячего водоснабжения — два водоподогревателя включенных

6 Выбор оборудования

Выбор насосов производим по каталогам фирмы GRUNDFOS [9]

Выбор насосов отопления

Выбираем подкачивающие насосы на обратном трубопроводе.

Определение характеристик насосов:

При выборе насосов следует принимать: [2].

Подачу насоса — по расчетному расходу воды на систему отопления.

Напор — в зависимости от требуемого давления в присоединяемых системах отопления.

При подборе подкачивающих, смесительных и циркуляционных насосов расчетная подача их должна быть в пределах 0,7—1,1 подачи при максимальном КПД для данного типа насосов.

Подача насоса определяется формуле[8].

$$G = 1.1G_d , \quad (6.1)$$

где G_d — расчетный максимальный расход воды на систему отопление кг/ч.

Общий расход воды на систему отопления составляет:

$$G_d = G_{co} = 31826,12 \text{ кг/ч.},$$

где G_{co} -взято с таблицы №3.1, приложение В.

Подача насоса:

$$G = 1.1G_d = 1,1 * 31826,12 = 35 \text{ т/ч.}$$

Принимаем насос GRUNDFOS типа UPS-50-120.

Характеристики насоса:

Подача - $35 \text{ м}^3/\text{ч.}$

Напор - 12 м.вод.ст.

Частота вращения Эл двигателя 2900 об/мин.

Потребляемая мощность N-0,8 кВт.

Число насосов следует принимать не менее двух, один из которых является резервным. в связи с большой производительностью насоса по отношению к требуемому необходимо установить регулирующий клапан на напорном патрубке насоса.

Выбор подпиточного насоса системы отопления

Принимаем насос GRUNDFOS типа UPA-20-120.

Характеристики насоса:

Подача - $3,5 \text{ м}^3/\text{ч.}$

Напор - 12 м.вод.ст.

Частота вращения Эл двигателя 2900 об/мин.

Потребляемая мощность N-270 Вт.

Выбор циркуляционных насосов системы ГВС

При выборе циркуляционных насосов следует исходить из того, что циркуляционный расход должен составлять ~ 20% от расхода ГВС.

$$G_{\text{ц}} = G_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} * 0,2 = 1,534 * 0,2 = 0,31 \text{ т/ч.}$$

где $G_{\text{ГВС}}^{\text{ср}}$ взято с таблицы №3.1, приложение В.

Принимаем насос GRUNDFOS типа UPA-20-120.

Характеристики насоса:

Подача - 3,5 м³/ч.

Напор - 12 м.вод.ст.

Частота вращения Эл двигателя 2900 об/мин.

Потребляемая мощность N-270 Вт.

Число насосов следует принимать не менее двух, один из которых является резервным.

8.1 Определение сметной стоимости строительства тепловых сетей микрорайона “Молодежный” г.Томска

Сводный сметный расчет составлен на основании чертежей и ведомостей объемов работ.

Смета составлена в базисных- 2001г и текущих ценах.

- 1.1) При составлении смет использованы Территориальные единичные расценки-ТЕРы [12] на строительные и монтажные работы с применением поправочных коэффициентов, учитывающих территориальные условия строительства. Указанные коэффициенты разрабатываются региональными организациями по ценообразованию в строительстве по методическим документам Госстроя России.
- 1.2) Накладные расходы и сметная прибыль приняты согласно МДС 81-33.2004 и МДС 81-25.2001[13] от фонда оплаты труда по видам строительно-монтажных работ.
- 1.3) Затраты на строительство временных зданий и сооружений учтены по нормам ГСНр 81-05-01-2001[14].

1.4) Дополнительные затраты при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время учтены согласно ГСНр 81-05-02-2001[15].

1.5) Непредвиденные работы и затраты определены согласно МДС 81-35.2004[16].

Текущая стоимость объекта определена согласно МДС 81-35.2004[16] базисно-индексным методом. Индекс изменения базисной стоимости работ на уровне цен 2001 г. принят согласно приказа, начальника департамента Д.Ю. Ассонова. Приложение к приказу Департамента архитектуры и строительства Томской области от 28.04.2015 № 15п

8.2 Расчет времени окупаемости проекта

Для определения срока окупаемости строительства (теплоснабжения) магистрали тепловой сети в жилых районах необходимо посчитать абсолютные и удельные капитальные вложения в данный проект.

Расчеты будем производить из следующих данных:

- расчетный суммарный часовой расход сетевой воды $G_p^ч = 175,833 \text{ кг/с} = 633 \text{ т/ч}$;
- температурный график тепловых сетей $150 - 70^\circ\text{C}$.

Для начала определим расчетное часовое количество тепловой энергии $Q_p^ч$ (ГДж/год), отдаваемой потребителям участка тепловой сети по формуле:

$$Q_p^ч = G_p^ч c(\tau_1 - \tau_2) \cdot 10^{-3},$$

где $G_p^ч$ – расчетный суммарный часовой расход сетевой воды, т/ч;

τ_1, τ_2 – температура воды в подающем и обратном трубопроводах, $^\circ\text{C}$;

c – удельная теплоемкость воды; $c=4,19 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

$$Q_p^ч = 633 \cdot 4,19 \cdot (150 - 70) \cdot 10^{-3} = 212,18 \text{ ГДж/ч}.$$

Определим часовую нагрузку за отопительный период $Q_{\text{ср}}^{\text{ч}}$ (ГДж/ч) по формуле:

$$Q_{\text{ср}}^{\text{ч}} = Q_{\text{р}}^{\text{ч}} (\tau_{\text{ср1}} - \tau_{\text{ср2}}) / (\tau_1 - \tau_2),$$

где $\tau_{\text{ср1}}, \tau_{\text{ср2}}$ – среднегодовые температуры теплоносителя в зависимости от температурного графика, °С;

$$Q_{\text{ср}}^{\text{ч}} = 212,18 * (85 - 45) / (150 - 70) = 106,1 \text{ ГДж/ч.}$$

Годовой расход тепловой энергии на теплофикационные нужды $Q^{\text{Г}}$ (ГДж/год) рассчитаем по формуле:

$$Q^{\text{Г}} = Q_{\text{ср}}^{\text{ч}} h_{\text{отоп}},$$

где $h_{\text{отоп}} = 230 * 24 = 5520$ – продолжительность отопительного периода, ч;

$$Q^{\text{Г}} = 106,1 * 230 * 24 = 585672 \text{ ГДж/год} = 139885 \text{ Гкал/год}$$

Эксплуатационные затраты

Основная заработная плата

Прямой фонд $ЗП_{\text{прям}}$ (руб.) основных рабочих рассчитываем по формуле:

$$ЗП_{\text{прям}} = \text{Окл} * Ч_{\text{р}} * K_{\text{ТП}} * 12 \text{ мес.},$$

где Окл – оклад рабочих, принимается 8000 руб.;

$Ч_{\text{р}}$ – численность персонала в одном ТП, принимается 2 чел.;

$K_{\text{ТП}}$ – количество тепловых пунктов = 1

$$ЗП_{\text{прям}} = 8000 * 2 * 1 * 12 = 192000 \text{ руб.}$$

Затраты на основную заработную плату $ЗП_{\text{осн}}$ производственных рабочих, кроме прямой, включают доплаты по премиальным системам и выплаты по районному коэффициенту.

$$ЗП_{\text{осн}} = (ЗП_{\text{прям}} + ЗП_{\text{прем}} + ЗП_{\text{дп}}) * K_p,$$

где $ЗП_{\text{прем}}$ – фонд премии = 50% от $ЗП_{\text{прям}}$;

$ЗП_{\text{дп}}$ – фонд доплат = 40% от $ЗП_{\text{прям}}$;

K_p – районный коэффициент, по г. Томску = 1,3.

$$ЗП_{\text{осн}} = (192000 + (0,5 * 192000) + (0,4 * 192000)) * 1,3 = 387840 \text{ руб.}$$

Дополнительная зарплата

Оплата отпусков, льгот и т.д. относится к статье «Дополнительная заработная плата». $ЗП_{\text{доп}}$ определяем по формуле:

$$ЗП_{\text{доп}} = ЗП_{\text{осн}} * n,$$

где n – принятый процент дополнительной $ЗП = 15\%$

$$ЗП_{\text{доп}} = 387840 * 0,15 = 58176 \text{ руб.}$$

Общий фонд $ЗП_{\text{общ}}$ равен:

$$ЗП_{\text{общ}} = ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}},$$

$$ЗП_{\text{общ}} = 387840 + 58176 = 446016 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

Обязательные отчисления в государственные внебюджетные фонды – Пенсионный Фонд – 20%, Фонд социального страхования – 2,9 %, Фонд обязательного

медицинского страхования – 3,1% и Фонд социального страхования от несчастных случаев – 0,4%.

Размер всех этих отчислений равен:

$$\text{Отч} = 3\Pi_{\text{общ}} * (\text{ПФ} + \text{ФСС} + \text{ФОМС} + \text{ФССНС}) / 100$$

$$\text{Отч} = 446016 * 26,4 / 100 = 117748 \text{ руб.}$$

Затраты на закачку теплоносителя

Основной частью этой статьи является стоимость электроэнергии на привод сетевых насосов, находим по формуле:

$$\mathcal{E}_n = \frac{G \Delta p}{\rho \eta_{\text{нп}}} n * 10^{-3} * \mathcal{C}_э ,$$

где G – расход в сети (подача насоса) = 175,833 кгс;

Δp – перепад давления, развиваемого насосами;

ρ – плотность воды = 975 кг/м³;

n – число часов работы насосов за год;

$\mathcal{C}_э$ – стоимость электроэнергии, 2,05 руб./кВт*ч

$$\mathcal{E}_n = \frac{175,833 * 50}{975 * 0,6} * 8424 * 10^{-3} * 2,05 = 259 \text{ тыс. руб./год}$$

Годовые амортизационные отчисления I_a (руб./год) зависят от нормы амортизации на реновацию и от вложений капитала определим по формуле:

$$I_a = N_a^{\text{рен}} K / 100,$$

где $N_a^{\text{рен}}$ – годовая норма амортизации на реновацию, 4,6 %.

$$I_a = 4,6 * 40474334 / 100 = 1861804 \text{ руб./год}$$

Ремонты могут выполняться хозяйственным способом и с помощью подрядных организаций.

Стоимость ремонтов, выполняемых хозспособом $I_{\text{рем}}^{\text{хоз.сп}}$ (руб./год) рассчитаем по формуле:

$$I_{\text{рем}}^{\text{хоз.сп}} = \alpha_{\text{хоз.сп}} \cdot N^{\text{рем}} K / 100,$$

где $N^{\text{рем}}$ – норматив отчислений на ремонт, в процентах от капиталовложений в участок сети = 8,9%.

$$\alpha_{\text{хоз.сп}} - \text{доля ремонтов, выполняемых хозспособом} = 0,22\%$$

$$I_{\text{рем}}^{\text{хоз.сп}} = 0,22 \cdot 8,9 \cdot 40474334 / 100 = 792487 \text{ руб./год}$$

Стоимость ремонтов, выполняемых подрядным способом $I_{\text{рем}}^{\text{подр}}$ (руб./год) рассчитаем по формуле:

$$I_{\text{рем}}^{\text{подр}} = 1,3 \alpha_{\text{подр}} \cdot N^{\text{рем}} K / 100,$$

где 1,3 – коэффициент, учитывающий накладные расходы при подрядном способе выполнения ремонтов;

$$\alpha_{\text{подр}} - \text{доля ремонтов, выполняемых подрядным способом, } \alpha_{\text{подр}} = 1 - \alpha_{\text{хоз.сп}}.$$

$$I_{\text{рем}}^{\text{подр}} = 1,3 \cdot 0,78 \cdot 8,9 \cdot 40474334 / 100 = 3652646 \text{ руб./год}$$

Годовые отчисления на ремонт и техническое обслуживание $I_{\text{рем}}$ (руб./год) определим по формуле:

$$I_{\text{рем}} = I_{\text{рем}}^{\text{хоз.сп}} + I_{\text{рем}}^{\text{подр}},$$

$$I_{\text{рем}} = 792487 + 3652646 = 4445133 \text{ руб./год.}$$

Эксплуатационные затраты на амортизацию, ремонт, техническое обслуживание при транспортировке теплоносителя $I_{\text{экс}}$ (руб./год) определим по формуле:

$$I_{\text{экс}} = I_{\text{а}} + I_{\text{рем}} + 3\Pi_{\text{осн}} + 3\Pi_{\text{доп}} + \text{Отч} + \text{Эл} ,$$

$$I_{\text{экс}} = 1861804 + 4445133 + 387840 + 58176 + 117748 + 259000 = 7129701 \text{ руб./год.}$$

Оценка эффективности системы теплоснабжения

Покупка тепловой энергии у ОАО «ТомскРТС» 162686,66 МВт = 139885,348 Гкал/год по цене 1280,34 руб/Гкал. (тариф на тепловую энергию на 2015 г.)

$$139885,348 * 1280,34 = 179100806 \text{ руб.}$$

Продажа тепловой энергии потребителям 162686,66 МВт = 139885,348 Гкал/год по цене $1280,34 * 1,17 = 1498$ руб/Гкал.

$$139885,348 * 1498 = 209548251 \text{ руб/год}$$

Прибыль полученная от реализации проекта

$$209548251 - 179100806 = 30447445 \text{ руб/год.}$$

- затраты на строительство сетей

$$K = 40474334 \text{ руб.}$$

- прибыль полученная от транспорта тепловой энергии

$$B = 30447445 \text{ руб/год}$$

Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{ок}} = K / (B - I_{\text{экс}}),$$

где K – абсолютные капиталовложения.

$$T_{\text{ок}} = 40474334 / (30447445 - 7129701) = 1,73 \text{ года}$$

В энергетике нормативный срок окупаемости $T_{\text{ок н}} = 4,5$ года,

$T_{\text{ок н}} > T_{\text{ок}}$, значит капитальные вложения с экономической точки зрения целесообразны.

Рентабельность транспортировки тепловой энергии рассчитаем по формуле:

$$P = (B - I_{\text{экс}}) * 100 / K$$

$$P = (30447445 - 7129701) * 100 / 40474334 = 57,6 \%$$

Таким образом, предлагаемый проект системы теплоснабжения является эффективным. Об этом свидетельствуют следующие показатели:

- годовая прибыль составляет 23317744 руб.
- рентабельность равна 58,18 %
- срок окупаемости равен 1,7 года.