

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики
Кафедра теплоэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой
д-р техн. наук, проф.



(подпись) А. П. Левцев

«17» июня 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОТЕЛЬНОЙ 2-ГО МИКРОРАЙОНА АО «САРАНСКТЕПЛОТРАНС»

Автор бакалаврской работы:

 05.06.2020 П. Н. Кузнецов

Обозначение бакалаврской работы БР-02069964-13.03.01-18-20

Направление 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Руководитель работы

ст. преподаватель



12.06.2020 И. Н. Артемов

Нормоконтролер

ст. преподаватель



08.06.2020 А. А. Кузнецов


Саранск
2020

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики
Кафедра теплоэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
д-р техн. наук, проф.


(подпись) А. П. Левцев


«04» февраля 2020 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

- Студент Кузнецов Павел Николаевич
- 1 Тема «Разработка технологической схемы теплонасосной установки для котельной 2-го микрорайона АО «СаранскТеплоТранс»
- Утверждена приказом № 650-с от 04.02.2020г
- 2 Срок представления работы к защите 05.06.2020г.
- 3 Исходные данные для проектирования Техническая документация, технические и экономические показатели работы ОА «СаранскТеплоТранс», типовые проекты по проектирования теплонасосной установки.
- 4 Содержание выпускной квалификационной работы
- 4.1 Анализ показателей работы системы теплоснабжения
- 4.2 Технологическая часть
- 4.3 Конструктивная часть
- 4.4 Экономическая часть
- 5 Графические материалы
- 5.1 Схема трубопроводов котельной 2-го микрорайона
- 5.2 Термодинамический цикл теплового насоса


5.3 Схема работы теплового насоса

Руководитель работы

 04.02.2020
подпись, дата

И. Н. Артемов
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

 04.02.2020
подпись, дата

	Формат	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
1					
2			<u>Документация текстовая</u>		
3					
4	A4	БР-02069964-13.03.01-18-20	Пояснительная записка	80	
5					
6			<u>Документация</u>		
7			<u>графическая</u>		
8					
9	A2	БР-02069964-13.03.01-18-20	Схема трубопроводов	1	
10			котельной 2-го		
11			микрорайона		
12					
13	A4	БР-02069964-13.03.01-18-20	Принципиальная схема	1	
14			теплового насоса		
15					
16	A3	БР-02069964-13.03.01-18-20	Термодинамический цикл	1	
17			теплового насоса		
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

					БР-02069964-13.03.01-18-20			
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	«Разработка технологической схемы теплоснабжающей установки для котельной 2-го микрорайона АО «СаранскТеплоТранс»	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Кузнецов П.Н.	<i>Кузнецов</i>	05.06.2020		Д	3	80
Проверил		Артемов И.Н.	<i>Артемов</i>	12.06.2020	Ведомость бакалаврской работы	ИМЭ, каф. ТЭС, д/о, 405		
Н контр.		Кузнецов А.А.	<i>Кузнецов</i>	08.06.2020				
Утв.		Левцев А.П.	<i>Левцев</i>	17.06.2020				

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 80 страниц, 13 рисунков, 30 таблиц, 30 использованных источников.


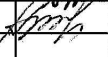

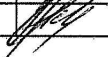
ТЕПЛОНАСОСНАЯ УСТАНОВКА, ТЕПЛОВОЙ НАСОС, ФРЕОН, ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ, НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ИСТОЧНИК, ИСПАРИТЕЛЬ, КОНДЕНСАТОР, УХОДЯЩИЕ ГАЗЫ.

Объектом разработки является котельная «2-й микрорайон» расположенная в г. Саранск, Республики Мордовия.

Цель работы - производство собственной тепловой энергии за счет установки нового оборудования.

В процессе работы производился анализ показателей работы системы теплоснабжения, определялся удельный расход топлива на отпуск тепловой энергии, производился расчет собственных нужд котельной, а также описаны преимущества теплового насоса с точки зрения энергосбережения. Произведен технико-экономический расчет.

Степень внедрения - разработанный проект, будет принят к рассмотрению при реконструкции существующей системы теплоснабжения.

					БР-02069964-13.03.01-18-20			
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	«Разработка технологической схемы теплонасосной установки для котельной 2-го микрорайона АО«СаранскТеплоТранс» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Кузнецов П.Н.			05.06.2020		Д	4	80
Проверил	Артемов И.Н.			12.06.2020				
Н контр.	Кузнецов А.А.			08.06.2020				
Утв.	Левцев А.П.			17.06.2020				
						ИМЭ, каф. ТЭС, д/о, 405		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Анализ показателей работы системы теплоснабжения	8
1.1 Общие сведения	8
1.2 Определение договорных нагрузок	17
1.3 Баланс собственных нужд котельной 2-го микрорайона	24
1.4 Баланс фактического объема производства тепловой энергии и мощности по месяцам и за год	44
2 Технологическая часть	46
2.1 Особенности работы теплового насоса	46
2.2 компоновка теплового насоса	47
3 Конструктивная часть	52
3.1 Расчет и построение цикла работы теплового насоса	52
3.2 Тепловой расчет и выбор компрессора	55
3.3 Расчет поверхности конденсатора	59
3.4 Теоретический расчет коэффициента теплопередачи	62
3.5 Тепловой расчет испарителя	68
4 Экономическая часть	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	78

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

Тепловой насос - устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой.[4] Термодинамический тепловой насос аналогичен холодильной машине. Однако если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная.[30] Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель - теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.[10] Основу эксплуатируемого сегодня в мире парка теплонасосного оборудования составляют парокомпрессионные тепловые насосы, но применяются также и абсорбционные, электрохимические и термоэлектрические.[6]

В процессе работы компрессор потребляет электроэнергию. Соотношение вырабатываемой тепловой энергии и потребляемой электрической называется коэффициентом трансформации (или коэффициентом преобразования теплоты) и служит показателем эффективности теплового насоса. Эта величина зависит от разности уровня температур в испарителе и конденсаторе: чем больше разность, тем меньше эта величина.[8]

К преимуществам тепловых насосов в первую очередь следует отнести экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2-0,35 кВт·ч электроэнергии. Так как преобразование тепловой энергии в электрическую на крупных электростанциях происходит с КПД до 50 %, эффективность использования топлива при применении тепловых насосов повышается.[14] Упрощаются требования к системам вентиляции помещений и повышается уровень пожарной безопасности. Все системы функционируют с использованием замкнутых контуров и

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						6
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

практически не требуют эксплуатационных затрат, кроме стоимости электроэнергии, необходимой для работы оборудования.[21]

Еще одним преимуществом тепловых насосов является возможность переключения с режима отопления зимой на режим кондиционирования летом: просто вместо радиаторов к внешнему коллектору подключаются фэн-койлы или системы "холодный потолок".[3]

Тепловой насос надежен, его работой управляет автоматика. В процессе эксплуатации система не нуждается в специальном обслуживании, возможные манипуляции не требуют особых навыков и описаны в инструкции.[15]

Важной особенностью системы является ее сугубо индивидуальный характер для каждого потребителя, который заключается в оптимальном выборе стабильного источника низкопотенциальной энергии, расчете коэффициента преобразования, окупаемости и прочего.[16]

Тепловой насос компактен (его модуль по размерам не превышает обычный холодильник) и практически бесшумен.[23]

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						7
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Анализ технико-экономических показателей работы системы теплоснабжения

1.1 Общие сведения

Открытое акционерное общество «СаранскТеплоТранс» (в дальнейшем ОАО «СТТ») создано 1 ноября 2002 г. в соответствии с Гражданским кодексом РФ, Федеральным законом РФ «Об акционерных обществах» и другими правовыми актами. ОАО создано на базе имущественного комплекса СМП «Тепловые сети», который в свою очередь организован в соответствии с Постановлением Совета Министров Мордовской АССР и Президиума Мордовского Облпрофсоюза № 371 от 20.05.1965 года, письмом Министра коммунального хозяйства РСФСР № М-09-5118 от 04.07.1965 г. и Приказом Министра коммунального хозяйства МАССР № 201 от 30.09.1965 г. было сформировано хозрасчетное предприятие объединенных котельных и тепловых сетей.

ОАО «СТТ» объединило восемьдесят шесть мелких нерентабельных котельных с самодельными котлами различных конструкций. Было начато строительство соединительных теплотрасс, ликвидация маломощных котельных с присоединением их котловых нагрузок к более мощным котельным. Был взят курс на строительство котельных с современным оборудованием, автоматикой, оборудованием химической подготовки воды и деаэрации. В октябре 1975 года были построены административное здание и база предприятия, в которых в данный момент расположено ОАО «СТТ».

30 сентября 1992 года решением Исполнительного комитета Саранского городского Совета народных депутатов предприятие зарегистрировано как Саранское муниципальное предприятие «Тепловые сети». За эти годы были расширены границы обслуживания в пригородные села, вошедшие в городскую зону. Были приняты на баланс котельные поселков: Николаевка, Зыково, Луховка,

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						8
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Горяйновка, Озерный, приобретены котельные пос. Кирзавод и пос. Авторемзавод.

В 2009 г. по договору аренды приняты тепловые сети находящиеся в муниципальной собственности и ОАО ПСХК «Саранскстройзаказчик».

Основной целью ОАО «СТТ» является получение прибыли через надежное и бесперебойное снабжение тепловой энергией населения при минимальных затратах, согласно заключенных договоров.

Общество осуществляет: эксплуатацию, проведение ремонта, реконструкцию и новое строительство систем теплоснабжения, находящихся на балансе; осуществление мер по рациональному использованию и экономному расходованию топливно-энергетических ресурсов; организацию технического надзора за сооружением коммунальных энергетических объектов, своевременным вводом их в эксплуатацию; другие виды деятельности, не запрещенные Законодательством РФ.

ОАО «СТТ» включает в себя 4 эксплуатационных района, ремонтномеханический цех, ремонтно-строительный цех, гараж, сварочную лабораторию, участок КИПиА, участок АСУ, электроучасток.

Общие сведения по нагрузкам теплоисточников энергоснабжающей организации (ЭСО), согласно форме рекомендуемого макетом представлены в таблице.

Как следует из таблицы 1.1, ЭСО имеет собственные источники и источники покупной тепловой энергии. При этом установленная мощность всех источников тепловой энергии в «горячей воде» составляет 1437,28 Гкал/час в паре 1031,1 Гкал/час из которых 702,72 Гкал/ч установленной мощности в паре направлена на приготовление «горячей воды». Располагаемая мощность (согласно режимным картам) - 1352,96 Гкал/час. ОАО «СТТ» является поставщиком тепловой энергии в 8 населенных пунктах, в том числе в г. Саранск, располагаемые мощности которых (с учетом максимальной нагрузки ГВС) равны: - 914,64 Гкал/час (91,3 %) в «горячей воде» и 87,61 Гкал/час в паре.

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						9
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 1.1 - Установленная тепловая мощность источника в г. Саранск

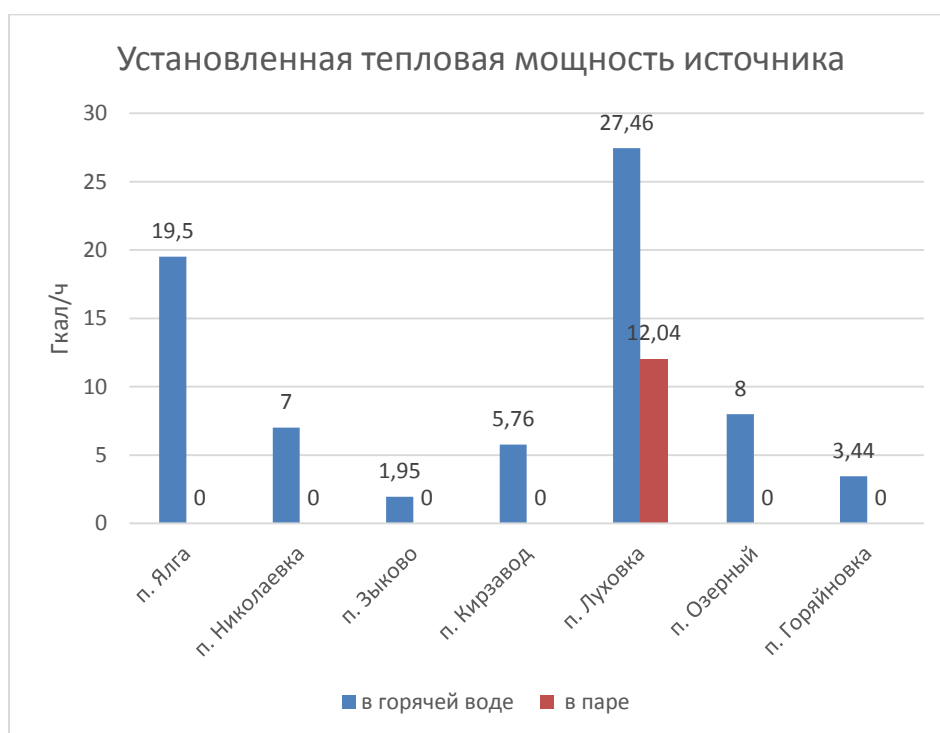


Рисунок 1.2 - Установленная тепловая мощность источника городского округа
Саранска



Рисунок 1.3 - Установленная тепловая мощность источника всего по ЭСО (ТСО)

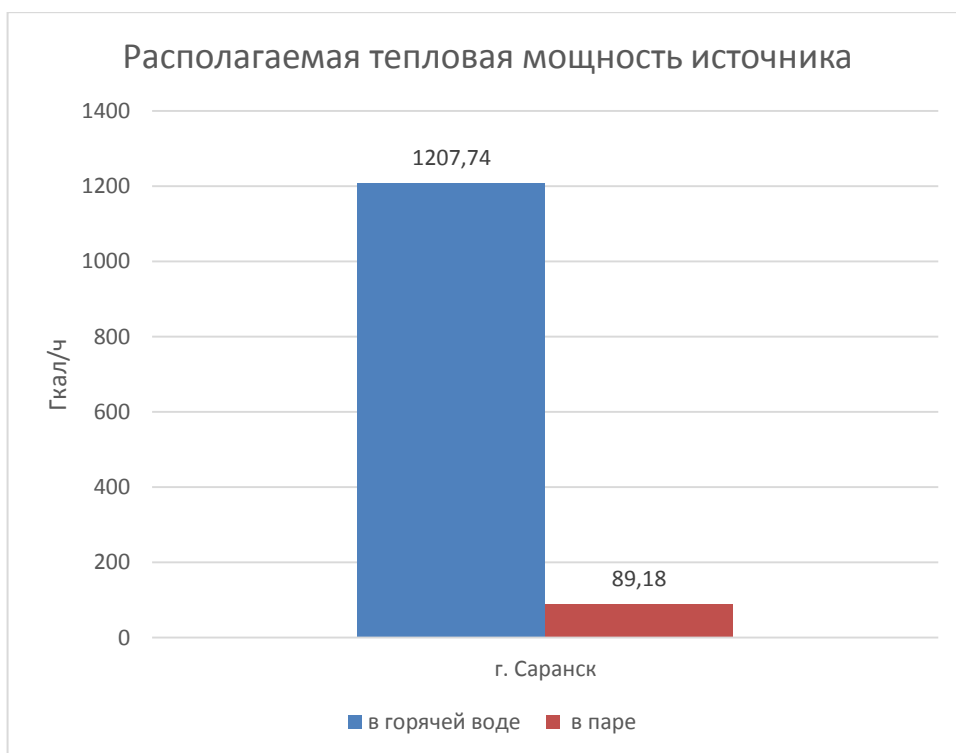


Рисунок 1.4 - Располагаемая тепловая мощность источника в г.Саранск

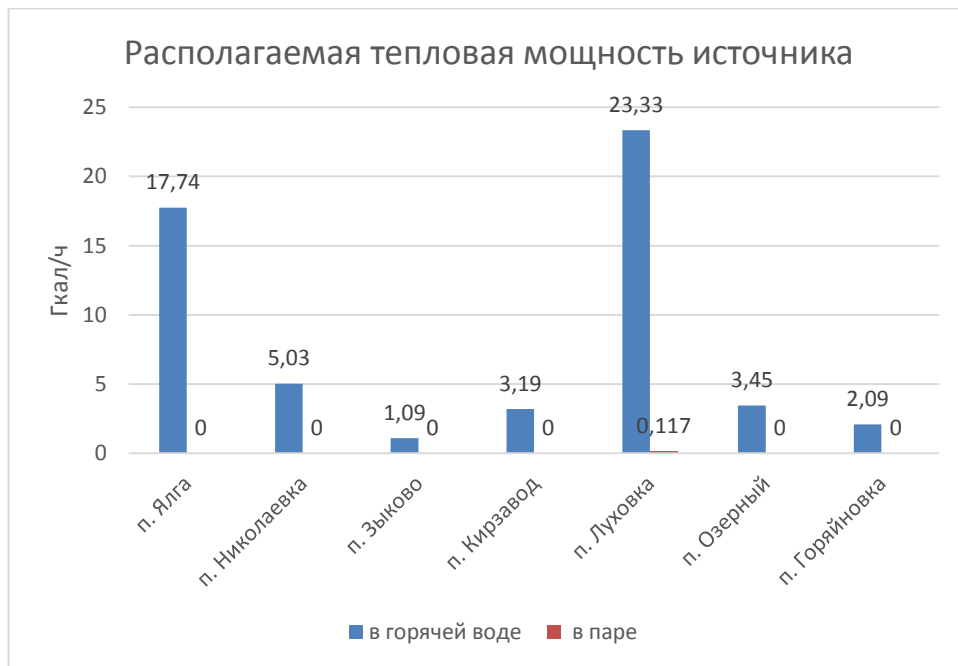


Рисунок 1.5 - Располагаемая тепловая мощность источника городского округа Саранска

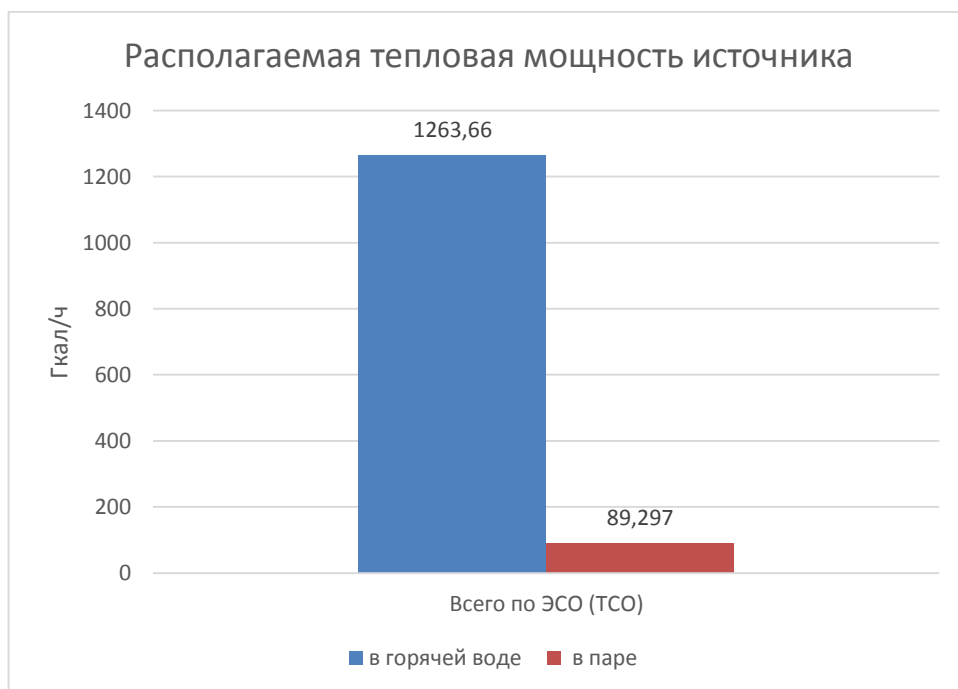


Рисунок 1.6 - Располагаемая тепловая мощность источника всего по ЭСО (ТСО)

Теплоснабжение потребителей пара осуществляется с использованием паропроводов находящихся как на балансе ЭСО так и абонента. Предприятие использует в качестве основного энергетического топлива природный газ, а в качестве резервного - мазут.

Теплоснабжения квартирных жилых домов городского округа Саранск, обслуживаемых котельными ОАО «СаранскТеплоТранс».

Характеристики основного оборудования котельных приведены в табл.1.1.

Таблица 1.1 - Характеристики котельных ОАО «СаранскТеплоТранс» городского округа Саранск

наименование котельной, адрес	Тип котельной	Вид топлива	Марка котлоагрегата	Год ввода в эксплуатацию	Установленная тепловая мощность котельной, Гкал/час
1	2	3	4	5	6
Кот. «Московская, 48 ^А », ул.Московская, 48 ^А	отопительная	газ	КВГ-14-150	2012	25,00
			КВГ-7,56	1989	
			КВГ-7,56	1989	
Кот.8 мкр. Ю/3, ул.Чкалова, 1 ^В	отопительная	газ	КВГ-14-150(№2)	2005	27,80
			ТВГ-8М(№1)	1980	
			ТВГ-8М(№3)	1985	
Кот.АРЗ, пос. Луховка-1	отопительная	газ	ТВГ-4Р(№1)	1985	30,90
			ТВГ-4Р(№2)	1985	
Кот.«Осипенко, 57 ^А », ул.Осипенко, 57 ^А	отопительная	газ	КВГ-7,56(№2)	1991	13,00
			КВГ-7,56(№1)	1991	
Кот. МГУ пос. Ялга, ул. Пионерская, 6	отопительная	газ	КВГ-7,56(№1)	1995	19,50
			КВГ-7,56(№3)	2003	
			КВГ-7,56(№2)	2003	
Кот.пос.Николаевка, ул.Школьная, 4	отопительная	газ	КВГ-4,65(№3)	2000	7,00
			ТВГ-1,5(№2)	1999	
			ТВГ-1,5(№1)	1999	
Кот. пос.Озерный, ул.Молодёжная, 25	отопительная	газ	ТВГ-1,5(№1)	2000	8,00
			КВГ-7,56(№2)	2000	
Кот. пос.Луховка, ул. Октябрьская, 7 ^А	отопительная	газ	ТВГ-4Р(№1)	1985	8,60
			ТВГ-4Р(№2)	1985	
Кот. Кирзавода, ул.Осипенко, 8	отопительная	газ	КВГ-7,56(№2)	1988	5,76
			КВГ-7,56(№1)	1988	
Кот. пос.Зыково, ул. Советская, 124 ^Е	отопительная	газ	Е-1,0-9Г(№1)	1997	1,95
			Е-1,0-9Г(№3)	1997	
			Е-1,0-9Г(№2)	1997	

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
Кот.Баня № 8 , ул.Косарева, 38 ^А	отопительная	газ	Е-1,0-9Г(№4)	1986	2,60
			Е-1,0-9Г(№1)	1986	
			Е-1,0-9Г(№3)	1986	
Кот.Школа № 13, ул.Ленинградская, 34 ^А	отопительная	газ	НР-18(№1)	1979	1,26
			НР-18(№2)	2001	
Кот.Роддом №2 ул.Косарева,112	отопительная	газ	МЗК-7АГ-2	1987	1,30
Кот. пос. Горайновка (ОПХ 1 Мая), ул. Молодёжная, 13 ^А	отопительная	газ	Ква-1Гм(№4)	1986	3,44
			Ква-1Гм(№2)	1986	
			Ква-1Гм(№3)	1986	
			Ква-1Гм(№1)	1986	
Кот. Лисма	отопительная	газ	КВГ-4,65 (№1)	1995	20,60
			ТВГ-8М (№2)	1983	
			ТВГ-8М (№3)	1984	
Кот.3 мкр-н Ю/3, пр. 50 лет Октября, 26 ^А	отопительная	газ	ТВГ-8М(№1)	1999	24,90
			ТВГ-8М(№2)	1999	
			ТВГ-8М(№3)	1999	
Кот.2 мкр-н Ю/3, ул.Попова, 49 ^А	отопительная	газ	КВГ-14-150(№1)	2005	26,00
			ТВГ-8М(№2)	1980	
			КВГ-6,5(№3)	1991	
Кот.квартала 10-11, ул.Кошевого, 20 ^А	отопительная	газ	ТВГ-8М(№1)	1982	24,90
			ТВГ-8М(№2)	1983	
			ТВГ-8М(№3)	1984	
Кот.6 мкр. Ю/3, ул.Энгельса, 19 ^А	отопительная	газ	ТВГ-8М(№1)	1976	36,90
			ТВГ-8М(№4)	1980	
			ТВГ-8М(№3)	1976	
			ТВГ-8М(№2)	1980	
Центральная котельная	производстве нно- отопительная	газ- мазут	Ла-Монт	1952	119,80
			ГМ-50	1970	
			НЗЛ	1939	
Кот.квартала 107, ул.Гагарина, 106 ^В	отопительная	газ	КВГ-7,56(№1)	1999	14,80
			ТВГ-8М(№2)	2000	
Кот. ДРБ № 2 ул.Р.Люксембург, 15 ^В	отопительная	газ	КВГ-7,56(№1)	1999	13,00
			КВГ-7,56(№2)	1999	
Кот.«Нижний рынок», ул.Кирова, 63 ^В	отопительная	газ	ТВГ-1,5 (№2)	1988	4,50
			ТВГ-1,5 (№1)	1988	
			ТВГ-1,5 (№3)	1988	
Кот.Баня № 2, ул.Красноармейска я, 15 ^А	отопительная	газ	Е-1,0-9Г(№2)	2001	1,93
			Е-1,0-9Г(№1)	1996	
			НР-18(№3)	1982	
Кот.Онкологически й диспансер ул.Ульянова,30б	отопительная	газ	МЗК-7АГ-2(2)	1999	0,65
Кот.Баня 3, Кугузова,2б	отопительная	газ	КВ-Г-2-115Н(№1)		3,44
			КВ-Г-2-115Н(№2)		

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
СЗК	производственно-отопительная	газ-мазут	КВ-ГМ-50-150М	1988	219,80
			КВ-ГМ-50-150М	1989	
			КВ-ГМ-50-150М	1990	
			КВ-ГМ-50-150М	1990	
			ДЕ-16-14-ГМ	1988	
			ДЕ-16-14-ГМ	1988	
Баня 5	отопительная	газ	Е-1,0-0,9Г (№2)	2004	1,70
			Е-1,0-0,9Г (№1)		

Согласно таблице 1.1, в котельной «2 мкр-н Ю/3» установлен котел КВГ-14-150, введенный в эксплуатацию в 2005, котел ТВГ-8М, введенный в 1980г, и котел КВГ-6,5, введенный в эксплуатацию в 1991. Также видно, что установленная тепловая мощность котельной составляет 26 гкал/ч.

Также остальное основное и вспомогательное оборудование данной котельной представлено в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.2 - Оборудование химводоподготовки котельной «2 мкр-н Ю/3»

Тип ВПУ	Марка фильтров ХВО	Производительность, м ³ /ч	Удел. расход соли, г/г-экв.	Наличие деаэрационной установки для подготовки подпиточной воды
II-На катионирования	ФИПа-1,0-0,6-На	30		Отсутствует

Таблица 1.3 - Характеристика насосов

Тип насоса	Подача, V, м ³ /ч	Напор, H, м	Мощность, кВт
Сетевые			
СН-1,2,3 Д 200/90б	200	90	55
Рециркуляционный			
РН-1 НКУ-90	90	38	22
Подпиточные			
ППН-1,2 КС12-50/2	12	50	7,5
Повысительный			
ПВН-1,2 К-80-50-200	50	50	9,87
Солевой			
НРС-1 Х-50-32-125	12,0	20,0	4,0

Характеристики тепловой сети по участкам СЦТ от котельной 2 мкр. по ул. Попова, 49 для сетей до ЦТП на период регулирования приведены в табл. 1. Протяженность тепловых сетей в однострубно́м исчислении до ЦТП составляет 11451,6 м из которых 11451,6 м являются сетями отопления. Сети подземного типа при этом составляют 11451,6 м. Средний диаметр по материальной характеристике теплосети до ЦТП составляет 0,132 м. Теплоизоляционным материалом является маты минераловатные.

Балансовая принадлежность теплосети и их характеристики представлены на схемах теплосетей утвержденных БТИ, а также в актах разграничения балансовой принадлежности часть которых приведены на бумажном носителе, другая часть в электронной форме.

Объем трубопроводов приведен в табл. 2. Из которой следует, что объем теплосети в отопительный период составляет 174,13 м³ с температурным графиком 140/70 °С.

На основе характеристик тепловых сетей по участкам получены нормативные технологические потери тепловой энергии в теплосети (таблице 1.4).

Таблица 1.4 - Нормативы технологических затрат и потерь при передаче тепловой энергии

Наименование системы теплоснабжения	Тип теплоносителя, его параметры	Годовые затраты и потери теплоносителя, м3 (т)			Годовые затраты и потери тепловой энергии, Гкал				
		с утечкой	на пусковое заполнение	всего	через изоляцию			с затратами теплоносителя	всего
					подземная прокладка	надземная прокладка	всего		
СЦТ от котельной 2 мкр. по ул. Попова 49	горячая вода	2177,26	261,19	2438,45	2637,39	0	2637,39	144,02	2781,41
По СЦТ в целом		2177,26	261,19	2438,45	2637,39	0	2637,39	144,02	2781,41

1.2 Определение договорных нагрузок

Рассмотрим теплоснабжение потребителей, осуществляемое котельной «2-й микрорайон». От данной котельной получают тепло потребители общественно-бытового и жилого назначения. В настоящее время котельная работает в отопительный период. Расчет договорных нагрузок осуществлялся относительно методики.

Определение количественных показателей расхода теплоты на систему отопления в зависимости от имеющихся исходных данных может проводиться несколькими вариантами:

- по укрупненным показателям;
- по поверхности нагрева установленных отопительных приборов;
- по определению теплопотерь через ограждающие конструкции здания.

При анализе систем отопления зданий и сооружений со значительными тепловыделениями внутри помещений необходимо учитывать теплоизбытки от работающего оборудования, систем освещения и т.д., и корректировать расчетную отопительную нагрузку.

Определение расхода теплоты на отопление и приточную вентиляцию по укрупненным показателям для обеспечения нормативных санитарно-гигиенических условий в помещениях проводится следующим образом. Максимальный часовой расход теплоты на отопление

$$Q_{\text{ч}}^{\circ} = g_o \cdot V(t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}) \cdot 10^{-6} \text{ Гкал/час} \quad (1.1)$$

где g_o - удельная отопительная характеристика здания, Гкал/(м³ час °С);

V - объем здания (корпуса) по наружным размерам, м³;

$t_{\text{вн}}$ - температура внутри помещения, принимается по СНиП 2.04.05-91

"Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в зависимости от функционального назначения здания (корпуса)", °С,

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

$t_{нар}$ - расчетная температура наружного воздуха, принимается по СНиП 2.01.01-82 "Строительная климатология и геофизика" для соответствующего региона страны.

Удельная отопительная характеристика в зависимости от имеющихся исходных данных может быть получена либо по справочным данным, либо расчетным путем.

В настоящее время имеется значительный объем методических рекомендаций по отраслевому нормированию расхода тепловой энергии на обогрев зданий с указанием численных значений отопительных характеристик в зависимости от типа и размера здания.

При отсутствии справочных данных отопительные характеристики зданий могут быть определены по формуле

$$g_o = a \cdot w \cdot \sqrt[6]{V} \text{ Ккал}/(\text{м}^3 \text{ час}^\circ\text{C}) \quad (1.2)$$

где a - постоянный коэффициент, зависящий от типа строительства;

w - коэффициент, учитывающий климатические условия;

V - объем здания (корпуса) по наружному обмеру.

Годовой расход теплоты на отопление при нормативных условиях работы системы отопления будет определяться

$$Q_{год} = \beta \cdot Q_{ч}^o \cdot [(t_{вн} - t_{ср}^o) / (t_{вн} - t_{нар})] \cdot \tau \cdot 10^{-6} \text{ Гкал}/\text{год} \quad (1.3)$$

где β - коэффициент, учитывающий эксплуатационные потери теплоты в системе отопления. Для зданий, проект которых выполнен до 1988 г., =1,13, для зданий проект которых выполнен после 1988 г., =1,07;

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						18
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

t_{cp}^o - средняя температура наружного воздуха в отопительный период принимается по СНиП 2.01.01-82;

τ - нормативная продолжительность отопительного периода в часах принимается по СНиП 2.01.01-82.

Максимальный часовой расход теплоты на приточную вентиляцию определяется по формуле

$$Q_{ч}^6 = g_v \cdot V \cdot [(t_{вн} - t_{нар})] \cdot 10^{-6} \text{ Ккал/час} \quad (1.4)$$

где g_v - удельная вентиляционная характеристика здания (по справочным данным или расчету), Ккал/ м³час°С;

V - объем здания (корпуса) по наружным размерам, м³;

$t_{вн}$ - температура внутри помещения принимается по СНиП 2.04.05-91 в зависимости от функционального назначения здания (корпуса), °С.

По данному СНиПу 29-01-99 $t_{нар}$ для расчета системы отопления и вентиляции принимается одного и того же значения.

Годовой расход теплоты на приточную вентиляцию при нормативных условиях работы

$$Q_{год}^6 = Q_{ч}^6 \cdot [(t_{вн} - t_{cp}^o) / (t_{вн} - t_{нар})] \cdot \tau_v \cdot 10^{-6} \text{ Гкал/год} \quad (1.5)$$

где τ_v - продолжительность работы приточной вентиляции в год в часах.

Следует заметить, что при определении расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию по укрупненным показателям существенное влияние на конечный результат оказывают коэффициенты, учитывающие долю отапливаемой

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

и вентилируемой частей. При обследовании зданий, имеющих сложную конфигурацию с различными пристройками и подвалами, а также в том случае, когда часть помещений здания не отапливается, трудно правильно оценить значения указанных коэффициентов и, следовательно, конечный результат может иметь достаточно большую погрешность. Поэтому в этом случае определение расхода теплоты на отопление необходимо проводить по поверхности нагрева и типу фактически установленных отопительных приборов.

В этом случае часовой расход тепловой энергии определяется по формуле

$$Q_{от}^ч = F \cdot K(t_{cp}^c - t_{вн}) \cdot \beta \text{ Гкал/ч} \quad (1.6)$$

где F - поверхность нагрева отопительных приборов, м² (по факту);

K - коэффициент теплопередачи нагревательных приборов, Гкал/ м²час°С;

t_{cp}^c - средняя температура сетевой воды (в соответствии с температурным графиком; в случае парового отопления - температура насыщенного пара), °С;

$t_{вн}$ - температура внутри помещений, °С;

β - коэффициент, учитывающий остывание в трубах систем отопления.

Результат расчета договорной нагрузки по остальным зданиям приведен в табл. 1.5.

Таблица 1.5 - Договорные нагрузки

№ п/п	Наименование и адрес потребителя	Почтовый №	Этажность	Расчетная тепловая нагрузка, Гкал/ч		
				Отопление	Вентиляция	ГВС
1	2	3	4	5	6	7
ТП-1						
1	Ж/Д ул. Попова	45	5	0,175		0
2	Ж/Д ул. Попова	43	5	0,175		0
3	Ж/Д ул. Попова	41	5	0,199		0
	ул. Попова	41		0,008		
	ул. Попова	41		0,008		
	ул. Попова	41		0,015		

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7
4	Ж/Д ул. Попова	42	5	0,209		
5	Ж/Д ул. Комарова	9	5	0,209		
	ул. Комарова	9		0,003		
6	Ж/Д ул. Попова	44	5	0,175		
7	Ж/Д ул. Комарова	11	5	0,234		
8	Ж/Д ул. Ульянова	75	5	0,205		
9	ул. Ульянова	75		0,050		
10	Ж/Д ул. Ульянова	81	5	0,339		
11	Ж/Д ул. Ульянова	85	5	0,382		
12	Ж/Д ул. Ульянова	73	5	0,182		
	ул. Ульянова	73		0,006		
	ул. Ульянова	73		0,017		
	ул. Ульянова	73				
13	Ж/Д ул. Ульянова	73а	5	0,073		
	ул. Ульянова	73а		0,021		
14	Ж/Д ул. Попова	46	5	0,202		
	ул. Попова	46	4	0,004		
	ул. Попова	46		0,003		
15	Ж/Д ул. Попова	50	5	0,175		
16	ул. Попова	48		0,166		0,218
17	Ж/Д ул. Попова	52	5	0,178		
18	Ж/Д ул. Попова	56	5	0,178		
19	ул. Попова	52а		0,035		
20	ул. Попова	52а		0,02		
21	Ж/Д ул. Ульянова	77	5	0,175		
22	Ж/Д ул. М.Расковой	32а	4	0,168		
	ул. М.Расковой	32а		0,016		
23	Ж/Д ул. Ульянова	79	5	0,175		
24	Ж/Д ул. Ульянова	83	5	0,175		
25	Ж/Д ул. М.Расковой	34	5	0,177		
26	Ж/Д ул. Попова	54	5	0,208		
	ул. Попова	54		0,004		
27	Ж/Д ул. Попова	58	5	0,178		0
28	Ж/Д ул. Попова	60	5	0,178		0
29	Ж/Д ул. М.Расковой	30	5	0,177		0
30	Ж/Д ул. М.Расковой	32	5	0,177		0
32	Ж/Д ул. Попова	62	5	0,207		0
	ул. Попова	62		0,003		0
33	ул. Комарова	7		0,515		0,129
34	Ж/Д ул. Комарова	5	5	0,203		0
35	Ж/Д ул. Комарова	3	5	0,203		0
36	ул. Комарова	3а		0,08		0,222
37	ул. Комарова	43		0,169	0	0
38	Ж/Д ул. Комарова	1	5	0,186		0
	ул. Комарова	1		0,004		0
	ул. Комарова	1		0,004		0

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7
39	Ж/Д пр. 50 лет Октября	4	5	0,173		0
40	Ж/Д пр. 50 лет Октября	2	5/9	0,320		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,013		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,003		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,002		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,026		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,001		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,002		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,001		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,002		0
	пр. 50 лет Октября	2		0,013		
41	Ж/Д пр. 50 лет Октября	6	5	0,192		0
	пр. 50 лет Октября	6		0,003		0
	пр. 50 лет Октября	6		0,002		0
42	Ж/Д пр. 50 лет Октября	12	5	0,173		0
43	Ж/Д пр. 50 лет Октября	8	5	0,231		0
44	Ж/Д пр. 50 лет Октября	10	5	0,202		0
45	Ж/Д пр. 50 лет Октября	14		0,192		0
	пр. 50 лет Октября	14		0,004		0
46	пр. 50 лет Октября	16		0,249		0,218
47	Ж/Д пр. 50 лет Октября	20	5	0,173		0
48	Ж/Д пр. 50 лет Октября	18	5	0,199		0
49	Ж/Д пр. 50 лет Октября	22	5	0,200		0
50	Ж/Д ул. М.Расковой	22	5	0,174		0
51	Ж/Д ул. М.Расковой	24	5	0,194		0
	ул. М.Расковой	24		0,002		
	ул. М.Расковой	24		0,003		
52	Ж/Д ул. Попова	49	5	0,175		
53	Ж/Д ул. Попова	47	5	0,199		
	ул. Попова	47		0,009		
	ул. Попова	47		0,010		
	ул. Попова	47		0,011		
	ул. Попова	47		0,017		
	ул. Попова	47		0,005		
	ул. Попова	47		0,003		
	ул. Попова	47		0,042		
	ул. Попова	47		0,001		
54	Ж/Д ул. М.Расковой	26	5	0,196		

Окончание таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7
	ул. М.Расковой	26		0,004		
55	Ж/Д ул. Попова	51	5	0,176		
56	Ж/Д ул. М.Расковой	28	5	0,177		
57	Ж/Д ул. Попова	53	5	0,184		
	ул. Попова	53		0,052		
58	Ж/Д ул. М.Расковой	21	5	0,206		
59	Ж/Д ул. М.Расковой	23	5	0,202		
60	Ж/Д ул. М.Расковой	27	5	0,202		
61	Ж/Д ул. М.Расковой	25	5	0,204		
62	Ж/Д ул. М.Расковой	29	5	0,202		
63	Ж/Д ул. М.Расковой	33	5	0,205		
	ул. М.Расковой	33		0,006		
	ул. М.Расковой	33		0,003		
64	Ж/Д ул. М.Расковой	31	5	0,200		
	ул. М.Расковой	31		0,004		
65	Ж/Д ул. М.Расковой	35	5	0,202		
66	Ж/Д ул. Попова	55	5	0,281		
67	Ж/Д ул. Попова	61	5	0,220		
	ул. Попова	61		0,040		
	ул. Попова	61		0,016		
	ул. Попова	61		0,027		
68	Ж/Д ул. М.Расковой	37		0,202		
69	Ж/Д ул. М.Расковой	17		0,199		
	ул. М.Расковой	17		0,002		
	ул. М.Расковой	17		0,005		
	ул. М.Расковой	17		0,002		
70	Ж/Д пр. 50 лет Октября	24	5	0,199		
71	Ж/Д ул. Попова	60а	5	0,117		
72	Ж/Д ул. Ульянова	75а	5	0,355		
73	Ж/Д ул. Комарова	15	5	0,244		
	ул. Комарова	15		0,007		
	ул. Комарова	15		0,009		
	ул. Комарова	15		0,015		
74	Ж/Д ул. Комарова	13	5	0,566		
	ул. Комарова	13		0,022		
	ул. Комарова	13		0,021		
	Ж/Д ул. Комарова	13 к 1	5			
75	Ж/Д ул. Комарова	13 к 2	5	0,103		
76	Бассейн ул.Комарова	7/1		0,111		
Всего:				15,437	0,253	1,110

1.3 Баланс собственных нужд котельной 2-го микрорайона

Расчет нормативов удельного расхода (НУР) топлива на отпущенное тепло от котельных выполнен в соответствии с "Инструкция по организации в Минэнерго России работы по расчету и обоснованию нормативов удельного расхода топлива на отпущенную электрическую и тепловую энергию от тепловых электрических станции и котельных», утвержденной Приказом Минэнерго России от «30» декабря 2008 г. № 323 и методических рекомендаций Роскоммунэнерго.

Методика расчета нормативов удельных расходов топлива на отпущенную тепловую энергию.

В соответствии с утвержденной Инструкцией, групповой НУР топлива для котельной в целом по предприятию, определяется на основе результатов расчетов индивидуальных НУР топлива по отдельным котлам.

НУР топлива по организации определяется на основе результатов расчетов по котельным, находящимся у организации в собственности или во владении на иных законных основаниях. [17]

Расчеты НУР топлива выполняются для каждого из месяцев базового периода и в целом за весь период регулирования по результатам расчетов за каждый месяц.

Расчет нормативов выполняется в следующей последовательности:

- 1) определяются объемы производства и планового отпуска тепловой энергии котельной в тепловую сеть на каждый месяц и год, нагрузка котлов и число часов работы;
- 2) распределение тепловых нагрузок между отдельными агрегатами котельной базируется на принципе минимальных затрат топлива;
- 3) уточняется характеристика сжигаемого топлива на основании сертификата (паспорта) качества топлива, поставляемого в текущем году;
- 4) определяются технические характеристики и параметры функционирования оборудования - номинальная тепловая мощность котлов, их оптимальная нагрузка и время работы в расчетный период;

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

5) из нормативных характеристик котлов устанавливается индивидуальный норматив удельного расхода топлива на производство тепловой энергии каждым котлоагрегатом.

6) определяются расходы топлива на собственные нужды котельной по методике, изложенной в п.51 Инструкции;

7) рассчитывается норматив удельного расхода для котельной.

Выбор состава работающего оборудования производится согласно, принципа распределения нагрузки, обеспечивающей надежное теплоснабжение потребителей.

По нормативной характеристике в зависимости от нагрузки, определяется индивидуальный норматив удельного расхода топлива на производство тепловой энергии, H_i , кг.у.т./Гкал i - котлоагрегата.

Средневзвешенная норма расхода условного топлива на производство тепловой энергии в j -м месяце, (квартале) определяется по формуле

$$\bar{H}_j = \frac{\sum_{i=1}^m H_i \cdot Q_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^m Q_i \cdot T_i} \quad (1.7)$$

где H_i - удельный расход топлива i -го котла кг.у.т./Гкал;

Q_i -нагрузка i -го котла, Гкал/ч;

T_i - наработка i -го котла, ч;

m - число котлоагрегатов в котельной.

Средневзвешенная норма расхода условного топлива на отпуск тепловой энергии для котельной в j -ом месяце, (квартале) определяется по формуле

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						25
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\bar{H}_j^o = \frac{\bar{H}_j}{1 - d_{сн}} \quad (1.8)$$

где $d_{сн}$ -доля расхода тепловой энергии на собственные нужды, определяется в основном расчетным путем.

Расход тепловой энергии на собственные нужды котельной определяется расчетным путем. В состав общего расхода тепловой энергии на собственные нужды котельной в виде горячей воды или пара входят следующие элементы затрат:

- растопка, (продувка котлов);
- обдувка поверхностей нагрева;
- деаэрация (выпар);
- технологические нужды ХВО;
- отопление и хозяйственные нужды котельной, потери с излучением тепловой энергии теплопроводами, насосами, баками и т.п.;
- утечки, парение при опробовании и другие потери.

Расчеты расхода тепловой энергии на собственные нужды выполняются на каждый месяц и в целом за год. При этом, расчеты по отдельным статьям расхода тепловой энергии могут выполняться в целом за год с распределением его по месяцам пропорционально определяющему показателю (выработка тепловой энергии; число часов работы; количество пусков; температура наружного воздуха; длительность отопительного периода и др.)

В качестве исходных данных принимались отчетные и нормативные показатели такие как: (планируемый отпуск, количество растопок, удельный расход на собственные нужды ХВО, температура воды, количество и площади баков, численность работающего персонала, количество душевых сеток и т.п.) (табл. 1.8).

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						26
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ниже произведен расчет собственных нужд по котельной «2-й микрорайон» на январь месяц в соответствии с методикой изложенной в Инструкции.

Потери тепловой энергии с продувочной водой, Гкал, зависят от периодичности и продолжительности продувки котла и определяются по формуле

$$Q_{\text{прод}} = \sum_{i=1}^{I_k} K_{\text{прод}} Q_{im} \quad (1.9)$$

где $K_{\text{прод}i}$ - коэффициент продувки i -го котла, принимаемый для непрерывной продувки паровых котлов - 0,01, для периодической продувки паровых котлов – 0,005, водогрейных котлов - 0,003;

Q_{im} - количество тепловой энергии, Гкал, произведенное котлом за расчетный период;

I_k - количество котлов.

Для блочной котельной «2-й микрорайон» за январь периода регулирования потери с продувочной водой согласно формуле (1.9)

$$Q_{\text{прод}} = 0,003 \cdot 9156,76 = 27,47 \text{ Гкал}$$

Расход тепловой энергии за расчетный период на растопку котлов.

Расход тепловой энергии за расчетный период на растопку котлов $Q_{\text{раст}}$ определяется по формуле

$$Q_{\text{раст}} = \sum_{i=1}^{I_k} Q_{ki} (K' N_i' + K'' N_i'') \quad (1.10)$$

где Q_k - часовая выработка тепловой энергии i -ым котлом (по паспортной характеристике), Гкал;

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						27
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K' - доля расхода тепловой энергии на одну растопку котла после простоя до 12 ч (из горячего состояния), принимаемая в отопительном периоде - 0,3, в неотопительном - 0,2;

N'_i - количество растопок из горячего состояния в расчетном периоде;

K'' - доля расхода тепловой энергии на одну растопку котла после простоя свыше 12 ч (из холодного состояния), принимаемая в отопительном периоде - 0,65, в неотопительном - 0,45;

N''_i - количество растопок из холодного состояния в расчетном периоде. Расчетное количество растопок котлов определяется по отчетным данным базового года с внесением коррективов по прогнозируемому режиму потребления тепловой энергии потребителями в октябре месяце расчетного периода.

Q_k - мощность котлов в нашей котельной составляет 12 Гкал.

Для данного примера расход тепловой энергии на растопку

$$Q_{расч} = (12 \cdot (0,3 \cdot 2 + 0,65 \cdot 3)) = 57,86 \text{ Гкал}$$

Расход тепловой энергии на технологические нужды химводоочистки при отсутствии охладителя выпара

$$Q_{xво} = (K_{xво} G_{xво} K_{гз} C_6 (t'' - t') Z_{xво} 10^{-3}) + (0,004 G_{xво} (i'' - i') Z_{xво} 10^{-3}) \quad (1.11)$$

где $K_{xво}$ - удельный расход воды на собственные нужды ХВО, исходной воды на 1 т химически очищенной воды, принимается в зависимости от общей жесткости воды;

$G_{xво}$ - средний расход воды на ХВО в расчетном периоде, т/ч;

$K_{гз}$ - поправочный коэффициент, принимаемый из;

C_6 - теплоемкость воды, ккал/кг⁰С; принимаем – 1 ккал/кг⁰С;

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

t'', t' - соответственно температура воды после и до подогревателя сырой и исходной воды, °С;

$z_{xво}$ - продолжительность работы, в январе;

i'', i' - энтальпия соответственно выпара из деаэратора и исходной воды.

Для блочной котельной «2-й микрорайон» расход тепловой энергии на химводоподготовку

$$Q_{XBO} = (0,125 \cdot 0,1 \cdot 1,2 \cdot (40 - 5) \cdot 744 \cdot 10^{-3}) + (0,004 \cdot 0,1 \cdot (652,7 - 30) \cdot 744 \cdot 10^{-3}) = 0,84 \text{ Гкал}$$

Часовой расход тепловой энергии, Гкал, на отопление помещения

$$Q_o = \alpha V_o q_o (t_{вн} - t_{р.н}) 10^{-6} \quad (1.12)$$

где V_o - объем отапливаемого помещения (рабочей зоны), м³;

q_o - удельная отопительная характеристика здания при $t_{р.о} = -30^\circ\text{C}$, Ккал/м³ °С принимается;

$t_{р.о}$ - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления °С, принимаем -30°C ;

α - поправочный коэффициент на температуру наружного воздуха для проектирования отопления принимается по нижеприведенным данным:

$t_{вн}$ - температура воздуха внутри помещения °С, принимаемая как средневзвешенная по всем помещениям непосредственно в котельной (котельный зал; насосное отделение; щитовое помещение и др.); принимается по Инструкции равной 19°C . [20]

Для помещения блочной котельной «2-й микрорайон» расход тепла на отопление

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$Q_o = 1 \cdot 5791 \cdot 0,5 \cdot (19 - (-30)) \cdot 10^{-6} = 0,142 \text{ Гкал/ч}$$

Пересчет расхода тепловой энергии на отопление в конкретном расчетном месяце, Гкал по формуле

$$Q_{омме} = Q_o \frac{t_{вн} - t_{ср}}{t_{вн} - t_{р.о}} r_{мес} \quad (1.13)$$

где $t_{ср}$ - средняя за январь температура наружного воздуха, °С;

$r_{мес}$ - продолжительность отопления, принимаем.

Для блочной котельной «2-й микрорайон» за январь затраты тепловой энергии на отопление

$$Q_o = 0,142 \cdot (19 - (-11,1)) / (19 - (-30)) \cdot 744 = 64,84 \text{ Гкал}$$

Потери тепловой энергии котлоагрегатами

$$Q_{mn}^{ка} = \sum_{i=1}^{I_k} Q_i b_{ка}^{бр} Q_{усл.топл} \frac{q_5}{100} 10^{-6} \quad (1.14)$$

где Q_i - производство тепловой энергии i - котлом за расчетный период, Гкал;

$b_{ка}^{бр}$ - удельный расход условного топлива на производство тепловой энергии

i - котлом за расчетный период, кг.у.т./Гкал;

q_5 - средняя потеря тепловой энергии всеми элементами котлоагрегатов в окружающую среду, в % от количества теплоты топлива, принимается по показателям режимной карты для января для котла №1 $q_5=2,7$ и №3 $q_5=2,8$;

$Q_{усл.топл}$ - теплота сгорания по условному топливу, ккал/кг;

I_k - количество котлоагрегатов.[21]

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						30
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{mn}^{ka} = (4634,4 \cdot 155,91 \cdot 7000 \cdot \frac{2,7}{100} \cdot 10^{-6}) + (4634,4 \cdot 157,5 \cdot 7000 \cdot \frac{2,8}{100} \cdot 10^{-6}) = 279,63 \text{ Гкал}$$

Потери тепловой энергии баками различного назначения Гкал, определяют по формуле

$$Q_{бак} = q_{\bar{o}j} F_{\bar{o}j} R_t n_j r_{\bar{o}j} 10^{-6} \quad (1.15)$$

где $F_{\bar{o}j}$ - поверхность бака, м²;

R_t - температурный коэффициент, принимаем $R_t = 1$;

n_j - количество баков 1-шт.;

$r_{\bar{o}j}$ - продолжительность работы бака в январе, ч.

$$Q_{бак} = 37,1 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 744 \cdot 10^{-6} = 5,52 \text{ Гкал}$$

Расход тепловой энергии на хозяйственно-бытовые нужды котельной, Гкал, определяется по формуле

$$Q_x = (\alpha_q N_q K_q + \alpha M) c_p p (t_z - t_{xв}) T_q 10^{-3} \quad (1.16)$$

где α_q - норма расхода горячей воды на одну душевую сетку, принимается равной 0,27 м³/сут;

N_q - количество душевых сеток принимаем 2 шт.;

K_q - коэффициент использования душевых, определяется практическим путем, при отсутствии данных принимается равным;

α - норма расхода горячей воды на 1 человека в смену, при отсутствии данных принимается;

M - численность работающих человек в сутки принимаем;

$t_z, t_{xв}$ - соответственно температура горячей и исходной воды, принимаем;

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						31
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

c_w - теплоемкость воды, 1 ккал/кг⁰С;

T_q - продолжительность в январе месяце, принимаем $T_q = 31$ сут;

ρ_w - плотность воды, принимаем $\rho_w = 0,98573$ т/м³ (при температуре гор.воды 55 °С;)

$$Q_x = (0,27 \cdot 3 \cdot 1 + 0,024 \cdot 10) \cdot 1 \cdot 0,98573 \cdot (55 - 5) \cdot 31 \cdot 10^{-3} = 1,6 \text{ Гкал}$$

Другие потери (опробование предохранительных клапанов, потери с утечками, парением, через теплоизоляцию трубопроводов), Гкал, принимают равными:

- для водогрейных котельных $Q_{np} = 0,001 Q_{произв}$

где $Q_{произв.}$ - количество тепловой энергии, Гкал, произведенное котельной за расчетный период.

Прочие потери для блочной котельной «2-й микрорайон»

$$Q_{np} = 0,001 \cdot 9156,62 = 9,16 \text{ Гкал}$$

Общий расход тепловой энергии на собственные нужды за расчетный период определяется по формуле

$$Q_{сн} = \sum_{i=1}^N Q_{снi} \quad (1.17)$$

где $Q_{снi}$ - тепловые потери на i -е нужды, Гкал.

$$Q_{сн} = 27,47 + 57,86 + 0,84 + 0,15 \cdot 64,84 + 5,52 + 1,6 + 9,16 = 112,17 \text{ Гкал}$$

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

По другим месяцам и в целом за год расчеты проводились аналогично. Результаты расчета сведены в табл.1.8.

Норматив удельного расхода топлива на отпуск тепловой энергии для k -ой котельной в целом за год определяется по формуле

$$\bar{H}_k^o = \frac{\sum_{j=1}^{12} \bar{H}_j^o \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^{12} Q_j} \quad (1.18)$$

где Q_j - отпуск тепловой энергии котельной в j -ом месяце, Гкал/мес.

Норматив удельного расхода топлива на отпуск тепловой энергии в целом для ТСО определяется по формуле

$$H_{\text{ТСО}}^o = \frac{\sum_{k=1}^n \bar{H}_k^o \cdot Q_k}{\sum_{k=1}^n Q_k} \quad (1.19)$$

где Q_k -отпуск тепловой энергии k -й котельной, Гкал/год.

Ниже приведен расчет норматива удельного расхода топлива на примере блочной котельной «2-й микрорайон», находящейся на балансе ТСО для регулируемого периода.

В качестве исходных данных для расчета нормативов удельного расхода топлива принимались:

- тип котлов, установленных в котельной;
- режим теплопотребления на отопление, вентиляцию, ГВС;
- нормативные технологические потери при передаче тепловой энергии в собственных сетях и сетях абонентов;

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						33
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- режимно-наладочные карты;
- паспортные данные котлов.

Режим теплотребления котельной по месяцам, а также технологические потери в тепловой сети сведены в табл.1.7. В данной таблице приведены фактические нагрузки по месяцам, полученные корректировкой расчетно-часовых нагрузок на фактические температуры. Также в табл.1.7. представлен режим теплотребления. В итоге в последнем столбце получен отпуск тепловой энергии в сеть по месяцам и в целом за год.

По расчетно-часовым нагрузкам, скорректированных с учетом собственных нужд определилась загрузка котлов. Исходя, из нормативных характеристик, работающих котлов определен индивидуальный норматив удельного расхода топлива работающих котлов по месяцам.

С учетом фактических месячных показателей (нагрузки и наработки) определялась средневзвешенная норма расхода условного топлива на производство тепла для января.

$$\bar{H}_я = \frac{(155,91 \cdot 4634,4) + (157,5 \cdot 4634,4)}{9268,79} = 156,7 \text{ кг.у.т./Гкал}$$

Групповой норматив удельного расхода топлива на отпуск тепловой энергии для января по формуле (1.8)

$$\bar{H}_я^o = \frac{156,7}{1 - 1,21/100} = 158,62 \text{ кг.у.т./Гкал}$$

Групповой норматив удельного расхода топлива по другим месяцам, кварталам выполнены аналогично в табличном редакторе Excel.

По формуле (1.19) определялся норматив удельного расхода топлива на отпуск тепловой энергии для котельной в периоде регулирования.

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						34
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Годовая групповая норма расхода топлива на отпуск тепловой энергии котельной, кг.у.т/Гкал

$$\bar{H}_k^o = \frac{158,62 \cdot 9156,62 + 158,74 \cdot 8149,65 + 159,04 \cdot 7491,99 + 158,57 \cdot 3880,83 + 157,95 \cdot 4361,17 + 157,57 \cdot 6242,28 + 158,87 \cdot 7295,45}{46848} = 158,54 \text{ кг.у.т./Гкал}$$

Результаты расчета групповых норм удельного расхода топлива на отпущенную тепловую энергию от блочной котельной «2-й микрорайон» по кварталам на период регулирования приведены в табл.1.12. Также в таблице 1.12. представлены результаты расчета средневзвешенного норматива расхода условного топлива на производство тепловой энергии блочной котельной «2-й микрорайон» по кварталам и расход тепловой энергии на собственные нужды по кварталам.

Таблица 1.6 - Режим теплоснабжения котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Наименование	Коэффициент корректировки нагрузки	Температура наружного воздуха	Тепловые нагрузки, Гкал/ч				
			13,368 отопления	0,838 вентиляции	3,144 ГВС		
Январь	1,0	-11,10	10,63	0,00	1,067	0,700	12,40
Февраль	1,0	-10,60	10,45	0,00	1,067	0,703	12,22
Март	1,0	-5,20	8,47	0,00	1,067	0,618	10,16
Апрель	1,0	5,60	4,53	0,00	1,067	0,425	6,02
Май	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00
Июнь	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00
Июль	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00
Август	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00
Сентябрь	0,0	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00
Октябрь	1,0	4,30	5,00	0,00	1,067	0,370	6,44
Ноябрь	1,0	-1,70	7,20	0,00	1,067	0,496	8,76
Декабрь	1,0	-4,60	8,26	0,00	1,067	0,573	9,89
Всего за год							

Таблица 1.7 - Режим теплоснабжения котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Наименование	Режим теплоснабжения				Отпуск в сеть, Гкал
	отопления	вентиляции	ГВС	потери	
Январь	744	0	682	744	9156,62
Февраль	672	0	616	672	8149,65
Март	744	0	682	744	7491,99
Апрель	653	0	603	658	3880,83
Май	0	0	0	0	0,00
Июнь	0	0	0	0	0,00
Июль	0	0	0	0	0,00
Август	0	0	0	0	0,00
Сентябрь	0	0	0	0	0,00
Октябрь	725	0	682	744	4631,17
Ноябрь	720	0	660	720	6242,28
Декабрь	744	0	682	744	7295,45
Всего за год	5002	0	4607	5026	46848,00

Таблица 1.8 - Исходные данные для расчета собственных нужд котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

	Время работы котельной, Тк, ч.	Планируемый отпуск тепловой энергии, S Гкал.	Коэффициент продувки, Kпрод.і.	Доля расхода тепловой энергии на одну растопку из горячего состояния, K'.	доля расхода тепловой энергии на одну растопку из холодного состояния, K''.	Количество растопок, N.
Январь	744	9156,62	0,003	0,30	0,65	3
Февраль	672	8149,65	0,003	0,30	0,65	3
Март	744	7491,99	0,003	0,30	0,65	3
Апрель	653	3880,83	0,003	0,30	0,65	3
Май	0	0,00	0,000	0,00	0,00	0
Июнь	0	0,00	0,000	0,00	0,00	0
Июль	0	0,00	0,000	0,00	0,00	0
Август	0	0,00	0,000	0,00	0,00	0
Сентябрь	0	0,00	0,000	0,00	0,00	0
Октябрь	725	4631,17	0,003	0,30	0,65	3
Ноябрь	720	6242,28	0,003	0,30	0,65	3
Декабрь	744	7295,45	0,003	0,30	0,65	3
Всего за год	5002	46848				

Таблица 1.9 - Исходные данные для расчета собственных нужд котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

	Удельный расход на собственные нужды ХВО, $Kxво$, т.	Средний расход воды на собственные нужды ХВО, $Gxво$, т/ч	Температура воды до и после подогревателя, °С.		Энтальпия выпора из деаэрата и исходной воды, ккал/кг.	
			t''	t'	i''	i'
Январь	0,125	0,1	40	5	652,7	30,0
Февраль	0,125	0,1	40	5	652,7	30,0
Март	0,125	0,1	40	5	652,7	30,0
Апрель	0,125	0,1	40	5	652,7	30,0
Май	0,000	0,0	0	0	0,0	0,0
Июнь	0,000	0,0	0	0	0,0	0,0
Июль	0,000	0,0	0	0	0,0	0,0
Август	0,000	0,0	0	0	0,0	0,0
Сентябрь	0,000	0,0	0	0	0,0	0,0
Октябрь	0,125	0,1	40	5	652,7	30,0
Ноябрь	0,125	0,1	40	5	652,7	30,0
Декабрь	0,125	0,1	40	5	652,7	30,0
Всего за год						

Таблица 1.10 - Исходные данные для расчета собственных нужд котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

	Объем отапливаемого помещения, V_o , м ³ .	Часовой расход тепловой энергии на отопление котельной, Гкал/ч.	расчетная температура наруж. и внутр. воздуха, °С.		Нормативная температура наружного воздуха, °С.	Норма плотности теплового потока через поверхность бака, q , ккал/м ² ч.
			$t_{p.o.}$	$t_{вн}$		
Январь	5791	0,142	-30	19	-11,10	37,1
Февраль	5791		-30	19	-10,60	37,1
Март	5791		-30	19	-5,20	37,1
Апрель	5791		-30	19	5,60	37,1
Май	0		0	0	0,00	0
Июнь	0		0	0	0,00	0,0
Июль	0		0	0	0,00	0,0
Август	0		0	0	0,00	0,0
Сентябрь	0		0	0	0,00	0,0
Октябрь	5791		-30	19	4,30	37,1
Ноябрь	5791		-30	19	-1,70	37,1
Декабрь	5791		-30	19	-4,60	37,1

Таблица 1.11 - Исходные данные для расчета собственных нужд котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

	Поверхность бака, F, м ² .	Кол-во баков, n, шт.	Кол-во душевых сеток, N, шт.	Численность работающих в сутки, M, чел.	температура горячей и холодной воды, °С.		Норма расхода горячей воды на одного человека в сутки, a.
					t _г	t _{хв}	
Январь	100	2	3	10	55	5	0,024
Февраль	100	2	3	10	55	5	0,024
Март	100	2	3	10	55	5	0,024
Апрель	100	2	3	10	55	5	0,024
Май	0	0	0	0	0	0	0
Июнь	0	0	0	0	0	0	0
Июль	0	0	0	0	0	0	0
Август	0	0	0	0	0	0	0
Сентябрь	0	0	0	0	0	0	0
Октябрь	100	2	3	10	55	5	0,024
Ноябрь	100	2	3	10	55	5	0,024
Декабрь	100	2	3	10	55	5	0,024
Всего за год							

Таблица 1.12 - Результаты расчета расходов на собственные нужды котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Наименование	Q _{прод} , потери тепловой энергии с продувочной водой, Гкал	Q _{раст} , потери тепловой энергии на растопку котлов, Гкал	Q _{хво} , расход тепловой энергии на ХВО, Гкал	Расход тепловой энергии по месяцам, Q _о , Гкал	Потери тепловой энергии баками различного назначения, Q _{бак.} , Гкал
Январь	27,47	57,86	0,84	64,84	5,52
Февраль	24,45	57,86	0,76	57,59	4,99
Март	22,48	57,86	0,84	52,13	5,52
Апрель	11,64	34,20	0,74	25,34	4,85
Май	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Июнь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Июль	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Август	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сентябрь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Октябрь	13,89	34,20	0,82	30,86	5,38
Ноябрь	18,73	34,20	0,81	43,15	5,34
Декабрь	21,89	57,86	0,84	50,84	5,52
Всего за год	140,54	334,02	5,63	324,76	37,11

Таблица 1.13 - Результаты расчета расходов на собственные нужды котельной «2-й микрорайон» на 2019г.

Наименование	Расход тепловой энергии на хозяйственно-бытовые нужды, $Q_{х.}$, Гкал	Другие потери, $Q_{пр}$	Общий расход тепловой энергии на собственные нужды, Гкал	Планируемое производство тепловой энергии, Гкал	Общий расход тепловой энергии на собственные нужды, %	Тепловыделение от котлоагрегатов, $Q_{к.}$, Гкал
Январь	1,60	9,16	112,17	9268,79	1,21	279,63
Февраль	1,45	8,15	106,28	8255,93	1,29	249,06
Март	1,60	7,49	103,61	7595,60	1,36	229,38
Апрель	1,41	3,88	60,51	3941,34	1,54	116,31
Май	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Июнь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Июль	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Август	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сентябрь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Октябрь	1,56	4,63	65,11	4696,29	1,39	138,25
Ноябрь	1,55	6,24	73,35	6315,62	1,16	185,90
Декабрь	1,60	7,30	102,63	7398,08	1,39	223,14
Всего за год	10,79	46,85	624	47472	1,31	1422

Таблица 1.14 - Загрузка котлов и индивидуальные расходы топлива по котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Номер котлоагрегата			№1			
Тип котлоагрегата			КВГ 14-150			
Теплопроизводительность, Гкал			12			
КПД брутто котлоагрегата			0,923			
	Время работы котельной	Теплопроизводительность котельной, Гкал/ч	Процент загрузки работающих котлоагрегатов	Время работы котлоагрегата	Загрузка котлоагрегата, Гкал/ч	Индивидуальная норма расхода топлива, кг.у.т./Гкал
1	2	3	4	5	6	7
Январь	744	12,55	62%	702	7,42	155,91
Февраль	672	12,38	61%	630	7,32	155,89
Март	744	10,30	51%	702	6,09	156,13
Апрель	653	6,12	51%	653	6,12	156,14
Май	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Июнь	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Июль	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Август	0	0,00	0%	0	0,00	0,00

Окончание таблицы 1.14

1	2	3	4	5	6	7
Сентябрь	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Октябрь	725	6,53	54%	683	6,53	155,76
Ноябрь	720	8,86	74%	678	8,86	155,74
Декабрь	744	10,03	49%	702	5,93	155,74

Таблица 1.15 - Загрузка котлов и индивидуальные расходы топлива по котельной «2-й микрорайон» на 2019г.

Номер котлоагрегата				№2		
Тип котлоагрегата				ТВГ-8М		
Теплопроизводительность, Гкал				8,3		
КПД брутто котлоагрегата				0,906		
	Время работы котельной	Теплопроизводительность котельной, Гкал/ч	Процент загрузки работающих котлоагрегатов	Время работы котлоагрегата	Загрузка котлоагрегата, Гкал/ч	Индивидуальная норма расхода топлива, кг.у.т./Гкал
Январь	744	12,55	62%	660	5,13	157,50
Февраль	672	12,38	61%	588	5,06	157,50
Март	744	10,30	51%	660	4,21	157,60
Апрель	653	6,12	51%	0	0,00	0,00
Май	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Июнь	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Июль	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Август	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Сентябрь	725	6,53	54%	0	0,00	0,00
Октябрь	720	8,86	74%	0	0,00	0,00
Ноябрь	744	10,03	49%	660	4,10	157,60
Декабрь	744	12,55	62%	660	5,13	157,50

Таблица 1.16 - Загрузка котлов и индивидуальные расходы топлива по котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Номер котлоагрегата				№3		
Тип котлоагрегата				КВГ-6,5		
Теплопроизводительность, Гкал				6,5		
КПД брутто котлоагрегата				0,898		
	Время работы котельной	Теплопроизводительность котельной, Гкал/ч	Процент загрузки работающих котлоагрегатов	Время работы котлоагрегата	Загрузка котлоагрегата, Гкал/ч	Индивидуальная норма расхода топлива, кг.у.т./Гкал
Январь	744	12,55	62%	0	0,00	0,00
Февраль	672	12,38	61%	0	0,00	0,00
Март	744	10,30	51%	0	0,00	0,00
Апрель	653	6,12	51%	0	0,00	0,00
Май	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Июнь	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Июль	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Август	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Сентябрь	0	0,00	0%	0	0,00	0,00
Октябрь	725	6,53	54%	0	0,00	0,00
Ноябрь	720	8,86	74%	0	0,00	0,00
Декабрь	744	10,03	49%	0	0,00	0,00

Таблица 1.17 - Режимы работы котлоагрегатов котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Наименование	№1		№2		№3	
	КВГ 14-150		ТВГ-8М		КВГ-6,5	
	время работы котлоагрегата	Производство тепловой энергии котлоагрегатом, Гкал	время работы котлоагрегата	Производство тепловой энергии котлоагрегатом, Гкал	время работы котлоагрегата	Производство тепловой энергии котлоагрегатом, Гкал
1	2	3	4	5	6	7
Январь	702	4634,40	660	4634,40	0,00	0,00
Февраль	630	4127,97	588	4127,97	0,00	0,00
Март	702	3797,80	660	3797,80	0,00	0,00
Апрель	653	3941,34	0	0,00	0,00	0,00
Май	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Июнь	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Июль	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Август	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Сентябрь	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Октябрь	683	4696,29	0	0,00	0,00	0,00
Ноябрь	678	6315,62	0	0,00	0,00	0,00

Окончание таблицы 1.17

1	2	3	4	5	6	7
Декабрь	702	3699,04	660	3699,04	0,00	0,00
Всего за год	4750	31212,46	2568	16259,20	0,00	0,00

Таблица 1.18 - Режимы работы котлоагрегатов котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Наименование	Производство тепловой энергии котлоагрегатом, Гкал	Средневзвешенная норма по котельной на производство, кг.у.т./Гкал	Расхода тепловой энергии на собственные нужды котельной, Гкал.	Общий расход тепловой энергии на собственные нужды, %	Отпуск тепловой энергии котельной, Гкал	Групповой норматив удельного расхода, кг.у.т./Гкал
Январь	9268,79	156,70	112,17	1,21	9156,62	158,62
Февраль	8255,93	156,70	106,28	1,29	8149,65	158,74
Март	7595,60	156,87	103,61	1,36	7491,99	159,04
Апрель	3941,34	156,14	60,51	1,54	3880,83	158,57
Май	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Июнь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Июль	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Август	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сентябрь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Октябрь	4696,29	155,76	65,11	1,39	4631,17	157,95
Ноябрь	6315,62	155,74	73,35	1,16	6242,28	157,57
Декабрь	7398,08	156,67	102,63	1,39	7295,45	158,87
Всего за год	47471,66	156,45	623,66	1,31	46848	158,54

Таблица 1.19 - Показатели работы котлов котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Тип котла	Время работы котла на данной нагрузке, ч				Индивидуальная норма расхода условного топлива, кг.у.т./Гкал			
	квартал							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
КВГ 14-150 котел №1	2034	653	0	2063	155,97	156,14	0,00	155,75
ТВГ-8М котел №2	1908	0	0	660	157,53	0,00	0,00	157,60
КВГ-6,5 котел №3	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица 1.20 - Результаты расчета годовой групповой нормы удельного расходов топлива по котельной «2-й микрорайон» на 2020г.

Показатели	Квартал			
	I	II	III	IV
Средневзвешенная норма расхода условного топлива на производство тепловой энергии котельной, кг.у.т./Гкал.	156,75	156,14	0,00	156,12
Расход тепловой энергии на собственные нужды по кварталам, %.	1,28	1,54	0,00	1,31
Групповой норматив удельного расхода топлива на отпуск тепловой энергии, кг.у.т./Гкал.	158,79	158,57	0,00	158,19
Отпуск тепловой энергии котельной по кварталам, Гкал.	24798,26	3880,83	0,00	18168,93
Годовая групповая норма расхода топлива на отпуск тепловой энергии котельной, кг.у.т./Гкал.	157,50			

Таблица 1.21 - Исходные данные для построения нормативной характеристики котла №1 КВГ 14-150 «2-й микрорайон».

Тепловая производительность котлоагрегата	Qбрка, Гкал/час	4,96	5,76	6,4	8,32	9,28	10,24	11,2
Расход условного топлива на произведенную Гкал теп.	Вбрка, кг.у.т./Гкал	156,3	156,2	156,1	155,7	155,7	155,3	155,17

Таблица 1.22 - Исходные данные для построения нормативной характеристики котла №2 ТВГ-8М «2-й микрорайон».

Тепловая производительность котлоагрегата	Qбрка, Гкал/час	3,8	5	5,7	6,8	7,6
Расход условного топлива на произведенную Гкал теп.	Вбрка, кг.у.т./Гкал	157,6	157,5	157,3	158,1	160,3

Таблица 1.23 - Исходные данные для построения нормативной характеристики котла №3 КВГ-6,5 «2-й микрорайон».

Тепловая производительность котлоагрегата	Qбрка, Гкал/час	2	3,6	4,6	5,5	6,4
Расход условного топлива на произведенную Гкал теп.	Вбрка, кг.у.т./Гкал	161,9	158	158	158,2	158,6

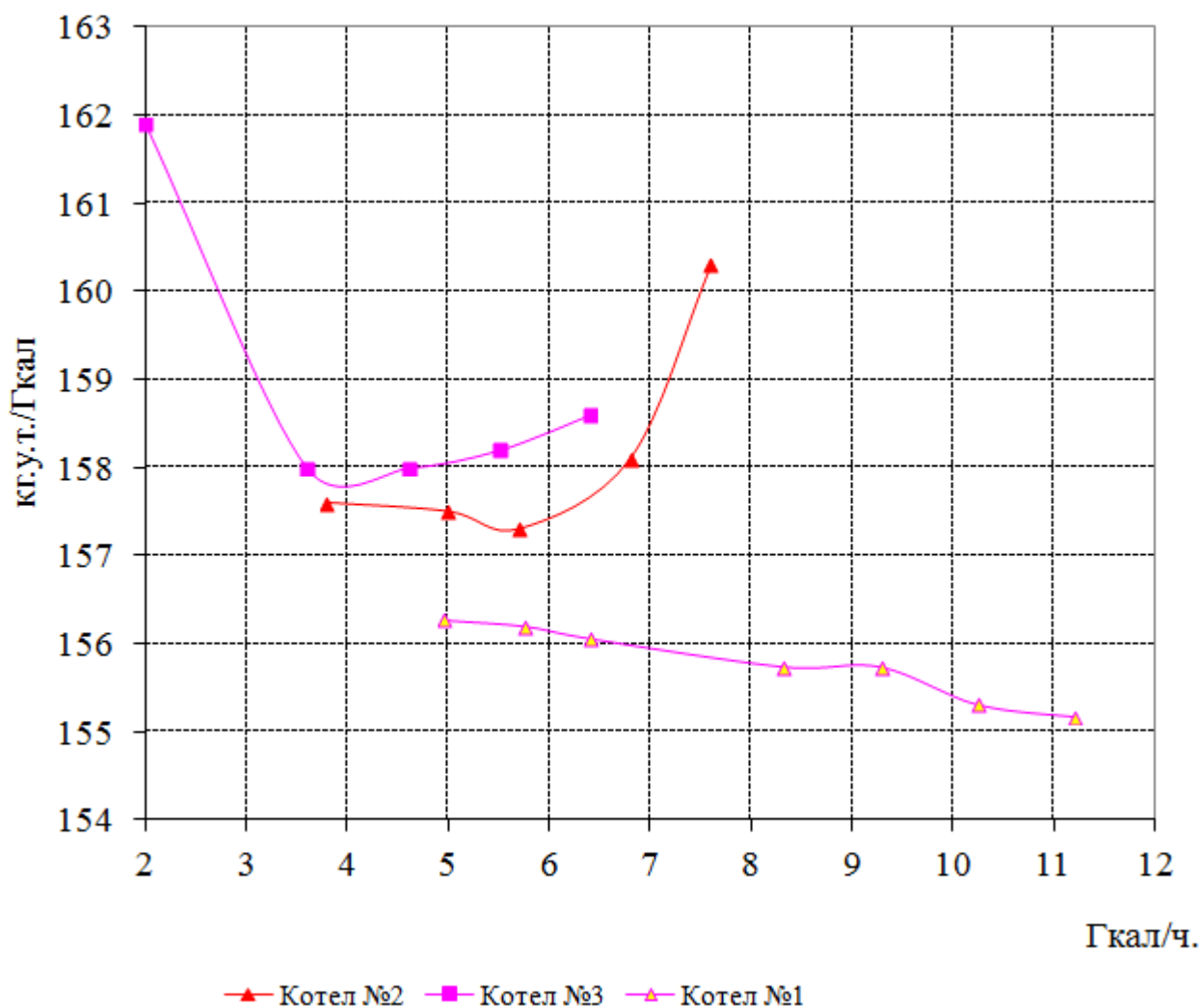


Рисунок 1.7 - Нормативная характеристика котлов котельной «2-й микрорайон»

1.4 Баланс фактического объема производства тепловой энергии и мощности по месяцам и за год

Баланс прогнозируемого объема производства тепловой энергии и мощности по месяцам и на год составлен в целом по ТСО, исходя из прогнозной величины годового объема отпуска тепла на 2020 год, в которую входит величина расчетных технологических потерь в сеть ТСО и реализация с учетом потерь в

абонентских сетях. Выработка тепловой энергии складывается из отпуска тепла в сеть и потерь на собственные нужды. Расчет собственных нужд проводился расчетным путем, в соответствии с Инструкцией в результате расчета которого, величина расхода на собственные нужды составила 1,00 % от производства тепловой энергии, что в абсолютных величинах равно 431,43 Гкал в год. [12]

Аналогичным образом получена расчетно-часовая нагрузка (мощность). Результаты балансов по котельной в табл. 1.24.

Таблица 1.24 - Таблица баланса фактического объема производства тепловой энергии и мощности по месяцам

Наименование	Среднемесячная часовая нагрузка	Производство тепловой энергии	Отпуск в сеть
	Гкал/ч	Гкал/год	Гкал/год
Январь	12,46	9268,79	9156,62
Февраль	12,28	8255,93	8149,65
Март	10,69	7595,60	7491,99
Апрель	6,04	3941,34	3880,83
Май	0	0,00	0,00
Июнь	0	0,00	0,00
Июль	0	0,00	0,00
Август	0	0,00	0,00
Сентябрь	0	0,00	0,00
Октябрь	6,48	4696,29	4631,17
Ноябрь	8,77	6315,62	6242,28
Декабрь	9,94	7398,08	7295,45
Всего за год		47471,66	46848

2 Технологическая часть

В России за последние десять лет тема тепловых насосов стала весьма актуальной. В основном это связано с проведением мероприятий по энергосбережению. Поэтому установка теплового насоса в будущем позволит сэкономить на затратах по закупке и транспортировке газа. Основная проблема при использовании традиционного источника энергии связана в первую очередь с её транспортировкой. Особенно это касается частных домов, которые достаточно далеко от газопровода.[1] Помимо сложностей с транспортировкой увеличивается и рост тарифов: за 15 лет цена на газ для населения увеличилась, по разным источникам, на 500-600 %, при том, что инфляция составила всего 130-150 %. И тенденции к снижению стоимости не предвидится. По прогнозам Минэкономразвития, к 2030 году стоимость природного газа достигнет 7,5 руб./м³. Если же в качестве источника энергии для работы котла использовать электричество, то затраты на выработку тепловой энергии вырастут в несколько раз, что в современных реалиях недопустимо.[12]

Подводя итог можно сказать, что в долгосрочной перспективе использование теплового насоса будет более рациональным решением.

2.1 Особенности работы теплового насоса

Парокомпрессионные тепловые насосы можно представить в виде системы из трех замкнутых контуров. В первом циркулирует антифриз, который собирает тепло из окружающей среды, данный контур так же называется внешним. Второй представляет собой цикл теплового насоса, в котором циркулирует хладагент. Он отбирает тепло внешнего теплоносителя, испаряясь при низкой температуре, и отдает теплоприемнику, конденсируясь при высокой температуре. Третий контур является внутренним контуром, по которому циркулирует теплоприемник, например вода систем теплоснабжения.[19]

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

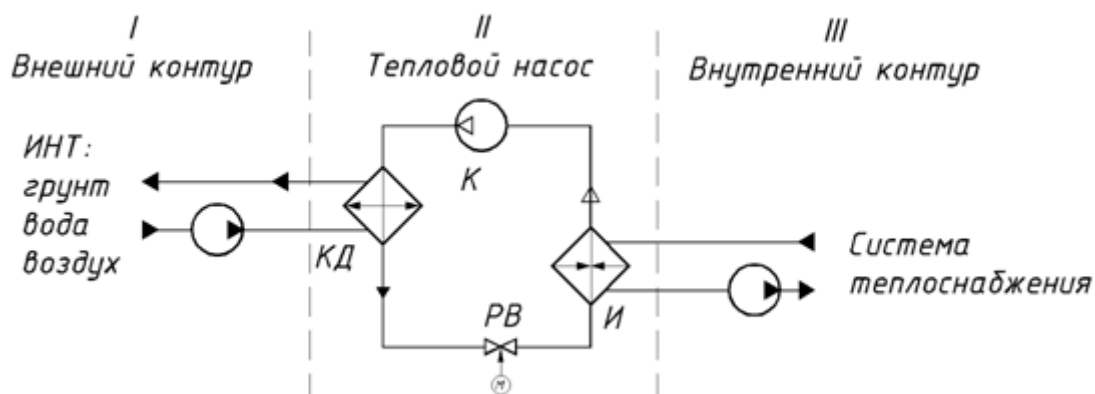


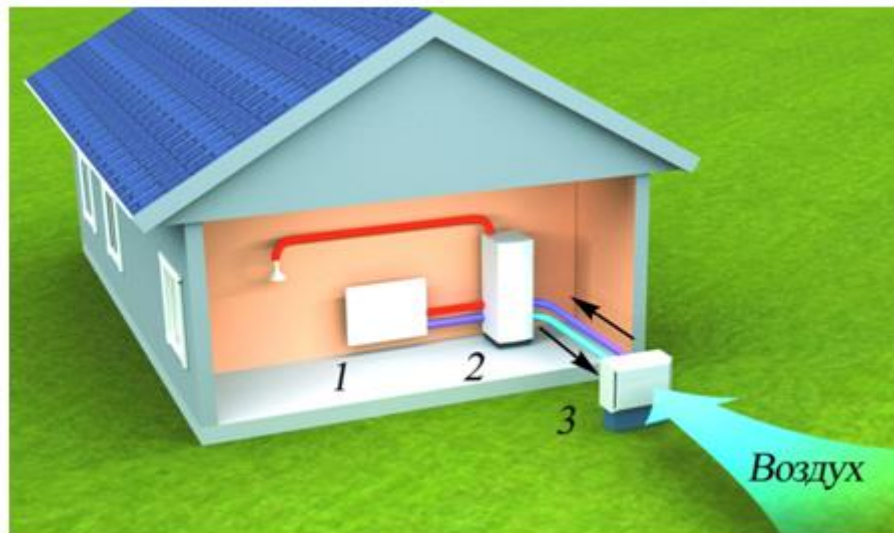
Рисунок 2.1 - Принципиальная схема теплового насоса

Тепловые насосы так же можно классифицировать по источникам низкопотенциальной теплоты, которые в свою очередь могут быть естественного и искусственного происхождения.[28] Естественными источниками могут служить наружный воздух, подземные воды, грунт, солнечная энергия, поверхностные воды, такие как река, озеро, море. К искусственным источникам теплоты относят сбросные воды, вытяжной воздух систем вентиляции и так далее.[13]

2.2 Компоновка теплового насоса

В воздушных тепловых насосах воздух продувается через испаритель, отдавая тепло холодильному агенту. Холодильный агент, проходя через конденсатор отдает тепло воде, которая используется для отопления. Наружный воздух как источник низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов является очень доступным ресурсом. Однако коэффициент теплоотдачи воздуха очень низок, а при изменениях его температуры в большом диапазоне, достигая отрицательных значений, эффективность теплового насоса сильно снижается.[17]

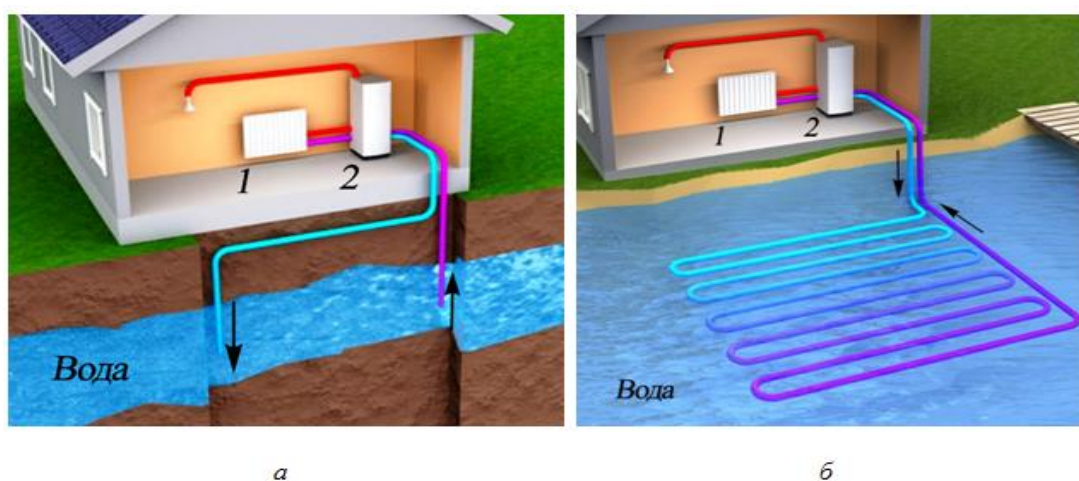
					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						47
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



1 - отопительный прибор; 2 - тепловой насос; 3 - испаритель.

Рисунок 2.2 - Воздушный тепловой насос

Тепловые насосы, которые используют воду в качестве низкопотенциального источника теплоты, так же подразделяются на два типа: открытый и закрытый. [9]



1 - отопительный прибор; 2 - тепловой насос.

Рисунок 2.3 - Водяной тепловой насос открытого (а) и закрытого (б) типов

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-13.03.01-18-20

Лист

48

Особенностью открытого типа является то, что вода из скважины или водоема поступает непосредственно в испаритель. Благодаря этой особенности монтаж и эксплуатация являются наиболее экономичными. Однако в реальных условиях данная система сталкивается с многими проблемами.[8] Необходимо учитывать требования местной администрации в вопросах организации сточных вод. Сильная загрязненность источника так же играет свою роль, быстрое загрязнение теплообменников приводит уменьшению их эффективности.[24] Эксплуатационные затраты на отвод и подвод воды, работу обустройство скважин и колодцев для тепловых насосов имеют высокую стоимость. Большим потенциалом, за счет высокой температуры обладают промышленные водостоки, воды обратных систем охлаждения промышленных предприятий, а так же канализационные неочищенные и очищенные сточные воды. Однако для такого рода систем необходимо проектировать индивидуальные теплообменные поверхности и учитывать излишнюю загрязненность источника.[11]

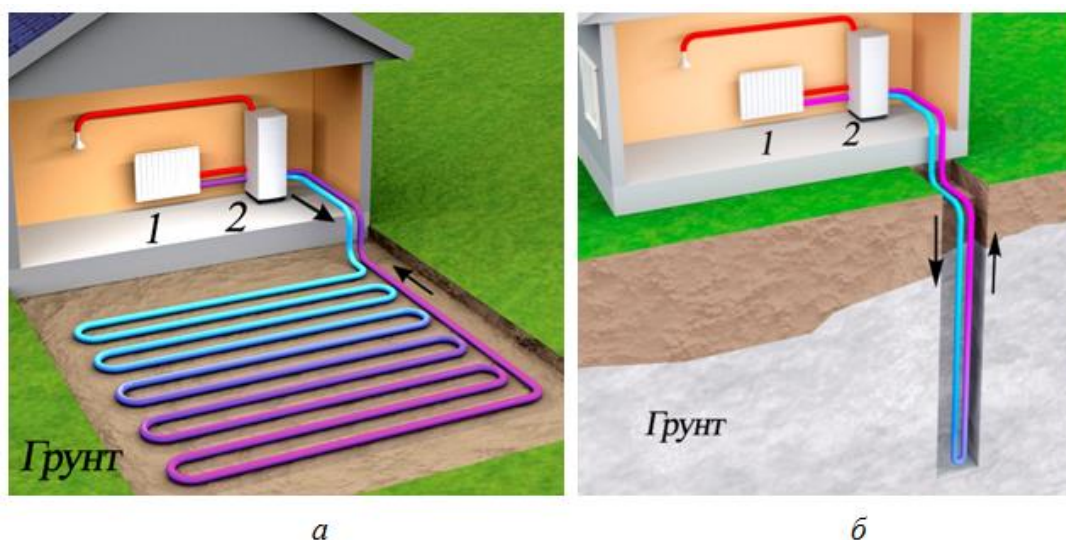
В закрытом типе на дно водоема укладывается контур, по которому циркулирует антифриз, и протягивается до места установки теплового насос. При монтаже такого типа теплового насоса проводится минимум земляных работ, что делает его достаточно экономичным. Однако имеются требования по минимальной глубине и объему водоема для конкретного региона. Установка данного типа имеет смысл при наличии поблизости непромерзающего водоема.[22]

Таким образом для реализации теплового насоса, отбирающего теплоту у воды, необходимы либо большие затраты на очистное оборудование, либо, находящийся рядом со зданием, достаточно глубокий водоем, что является частным случаем. В связи с этим типы тепловых насосов, использующие воду в качестве низкопотенциальной теплоты, не подходят для повсеместного использования.[25]

Тепловые насосы, использующие теплоту земли в качестве источника можно разделить на три типа по виду теплообменника: горизонтальный, вертикальный, корзина и спираль.[27]

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Горизонтальные геотермальные тепловые насосы отнимают теплоту с помощью грунтового теплообменника уложенного горизонтально в земле и называемого коллектором. При этом расстояние между трубами составляет не менее 0,7–1 м. Следовательно, Данный тип теплового насоса нуждается в больших по площади земляных работах.[27]



1 - отопительный прибор; 2 - тепловой насос.

Рисунок 2.4 - Горизонтальный (а) и вертикальный (б) теплообменники

Вертикальный теплообменник представляет собой трубную систему, в виде U-образного колена, погруженную в скважину. Глубина скважины варьируется в пределах 20-120 м. Антифриз переносит теплоту земли с глубины, циркулируя по трубам. На глубине более 10-15 м. грунт имеет постоянную температуру в течение года равную примерно 8-10°C. Достоинствами такой системы являются ее компактность и относительная дешевизна и быстрота процедуры бурения.[24]

Вертикальный теплообменник можно так же применять в сваях сооружений, что уменьшает себестоимости бурильных работ. Учитывая, что в городе свободной площади земли очень мало, такой вариант может быть очень выгодным.[24]

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						50
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Отдельно классифицируются теплообменники типа «Корзина» и «Спираль». Они объединили в себе свойства горизонтальных теплообменников и способ установки вертикальных теплообменников. Такой тип теплообменника не требует глубокого бурения скважин и одновременно использует меньшую площадь, в сравнении с горизонтальным коллектором.[2] Однако для «тепловых корзин», при высоком уровне грунтовых вод, нужно выполнять водопонижение, которое требует специального оборудования и соблюдения технологии.[26]

Для спирального теплообменника, в случае, когда грунт песчаный или имеются грунтовые воды, что бы уменьшить вероятность обрушения или оплывания скважины используют обсадные трубы. Однако скважина в грунте для установки такого теплообменника почти всегда производится при помощи спирального бура. Минимальные глубина скважины для спирального теплового насоса составляет пять метров.[29]

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						51
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Конструктивная часть

3.1 Расчет и построение цикла теплового насоса

Конечная разность температур в испарителе, °С

$$\Delta t_{и} = t_{н2} - t_0 \quad (3.1)$$

где $t_{н2}$ - температура воды на выходе из испарителя, °С.

Температура испарения, °С

$$t_0 = t_{н2} - \Delta t_{и} \quad (3.2)$$

где $\Delta t_{и}$ - конечная разность температур в испарителе, °С.

Конечная разность температур в конденсаторе, °С

$$\Delta t_{к} = t_{в1} - \Delta t_{к} \quad (3.3)$$

где $t_{в1}$ - температура воды на выходе из конденсатора, °С.

Температура конденсации находится в виде, °С

$$t_{к} = t_{в1} + \Delta t_{к} \quad (3.4)$$

где $\Delta t_{к}$ - конечная разность температур в конденсаторе, °С.

Температура всасывания находится по формуле, °С

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						52
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{\text{BC}} = t_0 + \Delta t_{\text{BC}} \quad (3.5)$$

где $\Delta t_{\text{BC}} = 10 \div 45$ °C для фреоновых машин.

Температура переохлаждения перед регулирующим вентилем определяется, по формуле, °C

$$t_{\text{п}} = t_{\text{к}} - \Delta t_{\text{p т}} \quad (3.6)$$

где $\Delta t_{\text{p т}} = 3-5$ °C - необходимая разность температур между рабочим веществом в конденсаторе и охлаждающей воды для осуществления теплообмена.

Этих параметров достаточно для построения идеального цикла на диаграммах $\lg p-h$, $T-s$ заданного хладагента по заданной схеме установки.

На построенной диаграмме определяются в каждой точке конкретной схемы теплового насоса следующие параметры: давление P , Па; температура T , °C; энтальпия h , кДж/кг; энтропия s , кДж/кг·K; в точках на линии всасывания перед компрессором определяется удельный объем паров рабочего вещества v , м³/кг.[7]

Конечная разность температур в испарителе находится по формуле (3.1)

$$\Delta t_{\text{и}} = t_{\text{н2}} - t_0 = 2,5 \text{ °C}$$

Температура испарения определяется по формуле (3.2)

$$t_0 = 40 - 2,5 = 37,5 \text{ °C}$$

Конечная разность температур в конденсаторе находится по формуле (3.3)

$$\Delta t_{\text{к}} = t_{\text{в1}} - \Delta t_{\text{к}} = 5 \text{ °C}$$

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						53
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Температура конденсации определяется по формуле (3.4)

$$t_k = 70 + 5 = 75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура всасывания определяется согласно формуле (3.5)

$$t_{bc} = 37,5 + 10 = 47,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура переохлаждения перед регулирующим вентилем, исходя из выражения (3.6)

$$t_{п} = 75 - 5 = 70^\circ\text{C}$$

По полученным параметрам строится термодинамический цикл, по которому определяются необходимые параметры и заносятся в таблицу 3.1.[2]

Таблица 3.1 - Параметры в точках термодинамического цикла

Точка	Температура t, °C	Давление P, Па	Удельный объем v, м ³ /кг	Энтальпия h, кДж/кг	Энтропия s, кДж/кг·К
1	37,5	950000	-	416	1,71
1'	47,5	950000	0,022	427	1,74
2	87	2400000	-	447	1,74
3'	75	2400000	-	310	1,36
3	70	2400000	-	304	1,33
4	37,5	2400000	-	304	1,34

3.2 Тепловой расчет и выбор компрессора

Удельная тепловая нагрузка испарителя, кДж/кг

$$q_0 = h_{1'} - h_4 \quad (3.7)$$

Энтальпия рабочего агента на выходе из компрессора при внутреннем адиабатном КПД компрессора $\eta_i = 0,8$, кДж/кг

$$h_{2'} = h_{1'} + \frac{h_2 - h_{1'}}{\eta_i} \quad (3.8)$$

Удельная работа сжатия компрессора на 1 кг пара, кДж/кг

$$l = h_{2'} - h_{1'} \quad (3.9)$$

Удельная тепловая нагрузка на конденсатор, кДж/кг

$$q_k = h_{2'} - h_{3'} \quad (3.10)$$

Удельная тепловая нагрузка охладителя, кДж/кг

$$q_{по} = h_{3'} - h_3 \quad (3.11)$$

Энергетический баланс, кДж/кг

$$q = l + q_0 = q_k + q_{по} \quad (3.12)$$

Масса циркулирующего хладагента, кг/с

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						55
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$G_0 = \frac{Q_T}{q_k + q_{по}} \quad (3.13)$$

Действительный объем пара, засасываемого в компрессор, м³/с

$$V_0 = G_0 \vartheta_1 \quad (3.14)$$

Расчетная тепловая нагрузка испарителя, кДж/м³

$$Q_0 = q_0 G_0 \quad (3.15)$$

Расчетная тепловая нагрузка переохладителя, кДж/кг

$$Q_{по} = q_{по} G_0 \quad (3.16)$$

Удельная работа компрессора, кДж/кг

$$l_{км} = \frac{l}{\eta_{эм}} \quad (3.17)$$

где $\eta_{эм}$ - электромеханический КПД компрессора, принимаемый равным 0,9-0,93.

Удельный расход электроэнергии на единицу выработанного тепла, кВт·ч/м³

$$\varepsilon_{тн} = \frac{l_{км}}{q_k + q_{по}} \quad (3.18)$$

Электрическая мощность компрессора, кВт

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						56
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N_э = l_{км} G_0 \quad (3.19)$$

По стандартной холодопроизводительности и мощности двигателя выбирается компрессор записываются его характеристики.

Удельная холодопроизводительность цикла согласно формуле (3.7)

$$q_0 = 427 - 304 = 123 \text{ кДж/кг}$$

Энтальпия рабочего агента на выходе из компрессора в соответствии с формулой (3.8)

$$h_{2i} = 427 + \frac{447 - 427}{0,8} = 452 \text{ кДж/кг}$$

Удельная работа сжатия компрессора на 1 кг пара в соответствии с формулой (3.9)

$$l = 452 - 427 = 25 \text{ кДж/кг}$$

Удельная тепловая нагрузка на конденсатор согласно формуле (3.10)

$$q_k = 452 - 310 = 142 \text{ кДж/кг}$$

Удельная тепловая нагрузка охладителя в соответствии с формулой (3.11)

$$q_{по} = 310 - 304 = 6 \text{ кДж/кг}$$

Энергетический баланс согласно формуле (3.12)

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						57
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q = 25 + 123 = 142 + 6 = 142 \text{ кДж/кг}$$

Масса циркулирующего хладагента в соответствии с формулой (3.13)

$$G_0 = \frac{50}{142 + 6} = 0,338 \text{ кг/с}$$

Действительный объем пара, засасываемого в компрессор согласно формуле (3.14)

$$V_0 = 0,338 \cdot 0,022 = 0,0074 \text{ м}^3/\text{с}$$

Расчетная тепловая нагрузка испарителя в соответствии с формулой(3.15)

$$Q_0 = 123 \cdot 0,338 = 41,6 \text{ кВт}$$

Расчетная тепловая нагрузка переохладителя согласно формуле (3.16)

$$Q_{\text{по}} = 6 \cdot 0,338 = 2 \text{ кВт}$$

Удельная работа компрессора согласно формуле (3.17)

$$l_{\text{км}} = \frac{25}{0,9} = 27,8 \text{ кДж/кг}$$

Удельный расход электроэнергии на единицу выработанного тепла согласно формуле (3.18)

$$\varepsilon_{\text{тн}} = \frac{27,8}{142 + 6} = 0,188, \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^3$$

Электрическая мощность компрессора в соответствии с формулой (3.19)

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						58
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N_э = 27,8 \cdot 0,338 = 9,4, \text{ кВт}$$

По расчетной тепловой нагрузке испарителя и электрической мощности двигателя выбирается компрессор Copeland ZR190KCE-TFD-455 с параметрами (табл. 3.2)

Таблица 3.2 - Параметры компрессора

Марка	Кол., шт	Макс. рабочий ток, А	Теоретическая объемная подача, м ³ /ч	Заправка маслом, л	R134		Масса, кг
					Холодопроизводительность, кВт	Потребляемая мощность, кВт	
Copeland ZR190KCE-TDF-455	1	34	43,3	3,4	42	10	66,2

3.3 Расчет поверхности конденсатора

Нагрузка конденсатора, кВт

$$Q_k = Q_0 + N_э \quad (3.20)$$

Расход охлаждающей воды в конденсаторе, кг/с

$$G_B = \frac{Q_k}{c_B \Delta t_B} \quad (3.21)$$

Среднелогарифмическая разность температур, °С

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{лог}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} \quad (3.22)$$

где $\Delta t_б$ - большая разность температур между потоками в конденсаторе, °С.

$\Delta t_м$ - меньшая разность температур между потоками в конденсаторе, °С.

Максимальное значение коэффициента теплопередачи для, для фреонов - $K'_{F_{вн}} = 3,4$ кВт/(м²·°С). В этом случае можно получить ориентировочную (эскизную) поверхность теплопередачи конденсатора. Более точно коэффициент теплопередачи определяется графоаналитическим путем, который описан в п. 3.2.

Коэффициент теплоотдачи в реальных условиях, кВт/(м²/°С)

$$K_{F_{вн}} = \frac{1}{\frac{1}{K'_{F_{вн}}} + R_{ст}} \quad (3.23)$$

где $R_{ст}$ - термическое сопротивление стенки, (м²·°С)/кВт, выбираем по табл. 3.3.

Таблица 3.3 - Расчетное значение $R_{ст}$

Вид аппарата	Хладагент	Охлаждающий теплоноситель	Материал трубы	$R_{ст}, (м^2 \cdot ^\circ C) / кВт$
Конденсатор	R717	вода	сталь	0,4-0,5
	фреоны	вода	сталь	0,2-0,3
	фреоны	вода	медь	0,15-0,2

Внутренняя поверхность теплообмена конденсатора, м²

$$F_{вн} = \frac{Q_k}{K_{F_{вн}} \Delta t_{ср}^{лог}} \quad (3.24)$$

Сделаем перерасчет на наружную поверхность по формуле, м²

$$F_{нар} = 1,25 F_{вн} \quad (3.25)$$

Выбираем аппарат с близкой площадью поверхности. [18]

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						60
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Нагрузка конденсатора в соответствии с формулой (3.20)

$$Q_k = 41,6 + 9,4 = 51 \text{ кВт}$$

Расход охлаждающей воды в конденсаторе согласно формуле (3.21)

$$G_B = \frac{51}{4,19 \cdot 5} = 2,43 \text{ кг/с}$$

Среднелогарифмическая разность температур определяется по формуле (3.22)

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{лог}} = \frac{12 - 5}{\ln \frac{12}{5}} = 7,95 \text{ }^\circ\text{C}$$

В реальных условиях находим по формуле (3.23)

$$K_{F_{\text{вн}}} = \frac{1}{\frac{1}{3,4} + 0,2} = 2,04 \text{ кВт}/(\text{м}^2/\text{ }^\circ\text{C})$$

Внутренняя поверхность теплообмена конденсатора в соответствии с формулой (3.24)

$$F_{\text{вн}} = \frac{51}{2,04 \cdot 7,95} = 3,14 \text{ м}^2$$

Сделаем перерасчет на наружную поверхность по формуле (3.25)

$$F_{\text{нар}} = 1,25 \cdot 3,14 = 3,9 \text{ м}^2$$

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						61
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбираем аппарат с близкой площадью поверхности. Параметры выбранного кожухотрубного горизонтального фреонового конденсатора представлены в табл. 3.4. [18]

Таблица 3.4 - Параметры кожухотрубного горизонтального фреонового конденсатора

Марка	Площадь действительной наружной поверхности, м ²	Максимальная производительность, кВт	Диаметр обечайки, мм	Число труб, шт	Длина труб, м	Число ходов, шт
КТР-4	4,8	15,4	194	23	1,0	4;2

3.4 Теоретический расчет коэффициента теплопередачи

Рекомендованное значение коэффициента теплопередачи должно быть проверено по формуле, Вт/(м²·°C)

$$K_{F_{ВН}} = \frac{1}{\frac{F_{ВН}}{F_{Н}} \frac{1}{\alpha_{N} E_{Н}} + R_{ст} + \frac{1}{\alpha_{В} E_{ВН}}} \quad (3.26)$$

где $F_{Н}$ - площадь наружной поверхности теплообмена, м²;

α_{N} - коэффициент теплоотдачи при конденсации пара на пучке труб, Вт/(м²·°C);

$E_{ВН}$ - эффективность внутренней поверхности, $E_{Н} = E_{ВН} = 1$ для гладкотрубных аппаратов;

$E_{Н}$ - эффективность наружной поверхности.

$$\alpha_{N} = \alpha_{конд} n_{ср}^{-0,167} \quad (3.27)$$

где $\alpha_{\text{конд}}$ - коэффициент теплообмена при конденсации на пучке труб, Вт/(м²·°С), определяется по формуле

$$\alpha_{\text{конд}} = 0,728B(\Delta t d_n)^{-0,25}, \quad (3.28)$$

где B - коэффициент теплоотдачи одной трубе [18];
 $n_{\text{ср}}$ - среднее количество труб по вертикали, шт.

$$n_{\text{ср}} = 0,92n_{\text{общ}}^{0,5}(S_{\Gamma}/S_{\text{В}})^{0,5} \quad (3.29)$$

где $n_{\text{общ}}$ – общее число труб;
 S_{Γ} – шаг труб по горизонтали;
 $S_{\text{В}}$ – шаг труб по горизонтали и вертикали.

Коэффициент теплоотдачи от воды к стене трубы, Вт/(м² · °С)

$$\alpha_{\text{В}} = \frac{Nu\lambda}{d} \quad (3.30)$$

Число Нуссельта

$$Nu = 0,0021Re^{0,8}Pr^{0,43}\left(\frac{Pr_{\text{ж}}}{Pr_{\text{с}}}\right)^{0,25}\epsilon_{\text{В}} \quad (3.31)$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{vd}{\vartheta} \quad (3.32)$$

где v - линейная скорость, м/с;

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						63
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

d - внутренний диаметр трубки конденсатора;

λ и ν принимаются по [2;3].

Линейная скорость, м/с

$$v = \frac{4G_B}{\rho \pi d^2 F_x} \quad (3.33)$$

$$F_x = \frac{n}{s} \quad (3.34)$$

где ρ - плотность воды при t_B^{cp} ;

n - соответственно число труб, шт; [5];

s - число ходов, шт; [5].

Для фреоновых конденсаторов, которые имеют наружное оребрение медных труб в виде накатки, выполненное по профилю, коэффициент теплопередачи при конденсации пара на пучке оребренной труб определяется следующим образом

$$\alpha_p = \alpha_N \Psi_p \Psi_\sigma, \quad (3.35)$$

$$\Psi_p = 1,1(F_B/F_{op})E_p^{3/4}(d_n/h'_p)^{1/4} + F_\Gamma/F_{op}, \quad (3.36)$$

где E_p - коэффициент эффективности ребра; для медных труб с малой высотой ребра этот коэффициент близок к 1;

h'_p - условная высота ребра.

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						64
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$h'_p = \frac{0,785(D_H^2 - d_H^2)}{D_p} \quad (3.37)$$

Площадь вертикальной поверхности ребер, м², на длине 1 м определяется по формуле

$$F_B = \frac{\pi(D_p^2 - d_H^2)}{S_p} \quad (3.38)$$

Поверхность горизонтальных участков межреберных торцов, м²

$$F_T = \pi d_H(1 - \delta_0/S_p) + \frac{\pi D_p \delta_T}{S_p} \quad (3.39)$$

Полная площадь оребренной поверхности, м²

$$F_{op} = F_T + F_B \quad (3.40)$$

где d_H - наружный диаметр оребренной трубы, м;

D_p - диаметр трубы по ребрам, м;

δ_0 и δ_T - толщина ребра в основании и на торце, м;

S_p - шаг ребер, м.

Коэффициент, учитывающий стягивание конденсата с торцов ребер

$$\Psi_\sigma = 1 + 0,7(\delta_T/S_p) \quad (3.41)$$

Оптимальное значение удельного теплового потока $q_{иск}$ определяется графически

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						65
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q_{\text{конд}} = \alpha_N \Delta t^{0,75}. \quad (3.42)$$

$$q_B = \alpha'_B \Delta t = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + R_{\text{ст}}} \Delta t \quad (3.43)$$

Окончательно поверхность аппарата, м²

$$F = \frac{Q_k}{q_{\text{иск}}} \quad (3.44)$$

Среднее количество труб по вертикали согласно формуле (3.29)

$$n_{\text{ср}} = 0,92 \cdot 23^{0,5} \cdot 1^{0,5} = 4,53 \approx 5 \text{ шт.}$$

Коэффициент теплоотдачи одной трубы, [18], $B = 1092$ при $t = 75^\circ\text{C}$.
Отсюда по формуле (3.28)

$$\alpha_{\text{конд}} = 0,728 \cdot 1092 \cdot (8 \cdot 0,0472)^{-0,25} = 1014 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Коэффициент теплоотдачи при конденсации пара на пучке труб находим по формуле (3.27)

$$\alpha_N = 1014 \cdot 5^{-0,167} = 775 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Линейная скорость в соответствии с формулой (3.33)

$$v = \frac{4 \cdot 2,43}{974,9 \cdot 3,14 \cdot 0,021^2 \cdot 11,5} = 0,63 \text{ м}/\text{с}$$

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						66
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$F_x = \frac{23}{2} = 11,5$$

Число Рейнольдса находим по формуле (3.32)

$$Re = \frac{0,63 \cdot 0,021}{0,39 \cdot 10^{-6}} = 33923$$

Число Нуссельта находим по формуле (3.31)

$$Nu = 0,021 \cdot 33923^{0,8} \cdot 2,38^{0,43} \left(\frac{2,38}{2,55} \right)^{0,25} \cdot 1 = 126$$

Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке согласно формуле (3.30)

$$\alpha_B = \frac{126 \cdot 0,671}{0,021} = 4026 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$$

Рекомендованное значение коэффициента теплопередачи в соответствии с формулой (3.26)

$$K_{F_{\text{вн}}} = \frac{1}{\frac{3,14}{3,93} \cdot \frac{1}{775 \cdot 1} + 0,2 + \frac{1}{4026 \cdot 1}} = 4,97 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$$

Оптимальное значение удельного теплового потока $q_{\text{иск}}$ определяется графически.

По (3.42) строятся графики двух тепловых потоков со стороны воды и пара соответственно и (3.43) $q_{\text{конд}}$ и $q_{\text{в}}$ (рисунок 3.1)

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						67
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q_{\text{конд}} = 0,775\Delta t^{0,75}$$

$$q_{\text{в}} = \frac{1}{\frac{1}{4026} + 0,2} \cdot \Delta t = 2,23\Delta t$$

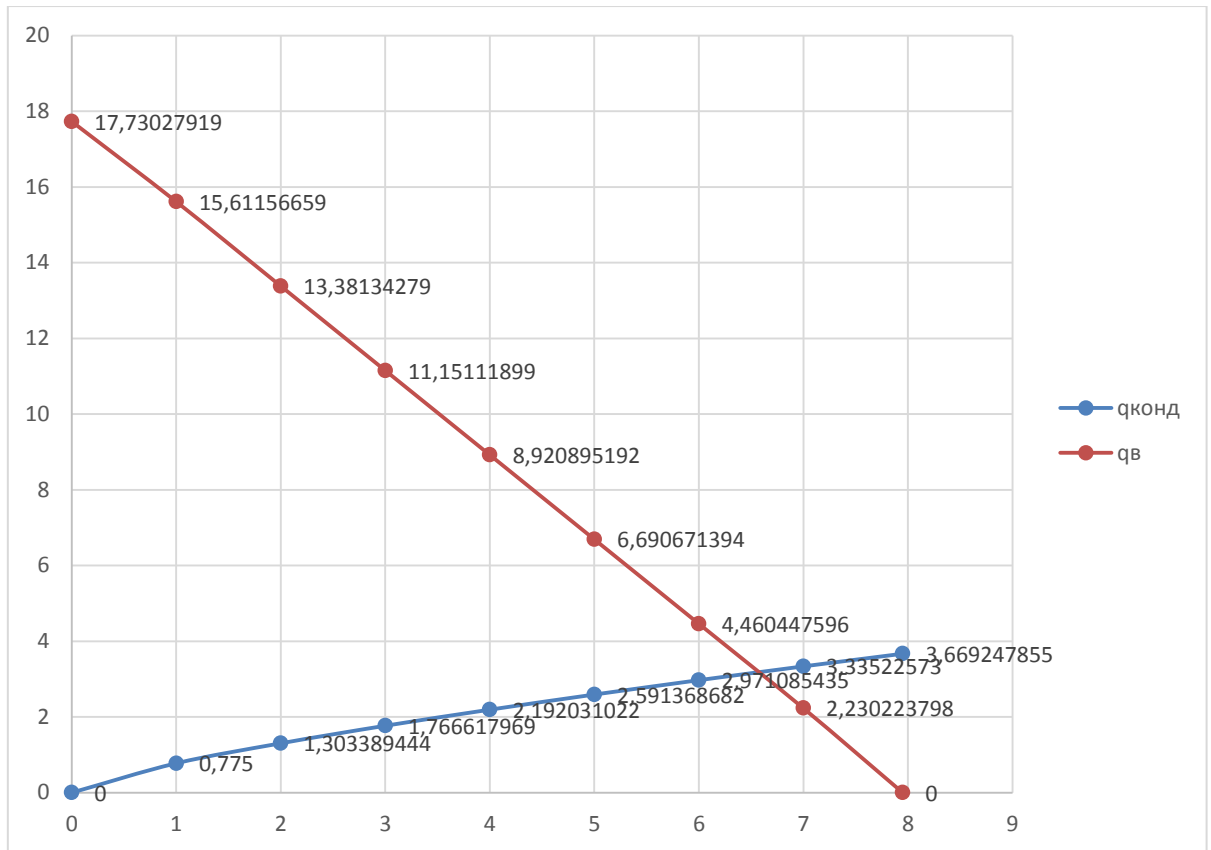


Рисунок 3.1 - Графическое определение искомого теплового потока $q_{\text{иск}}$

Окончательно поверхность аппарата согласно формуле (3.44)

$$F = \frac{51}{3,2} = 15,94\text{м}^2$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.5 Тепловой расчет испарителя

Расход рассола в системе холодоснабжения через испаритель, кг/с

$$G_{\text{хл}} = \frac{Q_0}{C_p \Delta t} \quad (3.45)$$

где $\Delta t_p = t'_p - t''_p$.

Температурный напор определяют по формуле, °С

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{лог}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} \quad (3.46)$$

Удельный тепловой поток

$$q = \kappa_{\text{вн}} \Delta t_{\text{ср}}^{\text{лог}} = \alpha_{\text{кип}} t_{\text{кип}} \quad (3.47)$$

Коэффициент $\alpha_{\text{кип}}$ может быть определен по формулам для хладона R12

$$\alpha_{\text{кип}} = 18,3q^{0,5}(P_0 10^{-5})^{0,25} \quad (3.48)$$

где P_0 - давление в испарителе, Па.

Коэффициент теплоотдачи на оребренной поверхности пучка труб определяется по формуле

$$\alpha_{\text{кип}}^{\text{ор}} = \alpha_{\text{кип}} \xi_{\text{п.р}} \quad (3.49)$$

где $\xi_{\text{п.р}}$ - коэффициент характеризующий, повышение теплоотдачи за счет

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

применения поверхностных ребер, для эталонного варианта при шести рядах труб $\xi_{n,p} = 1$ и при 16 рядах по вертикали достигает значения 1,2.[5]

С учетом этого находят тепловой поток со стороны хладагента, отнесенный к внутренней поверхности

$$q_{\text{кип}} = \alpha_{\text{кип}}^{\text{ор}} \Delta t_{\text{кип}} \frac{F_{\text{н}}}{F_{\text{вн}}} \quad (3.50)$$

Уравнение теплового потока со стороны рассола

$$q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{\alpha_{\text{хл}}} + R_{\text{ст}}} \quad (3.51)$$

где $R_{\text{ст}}$ - определяется по табл. 3.5.

$$\alpha_{\text{хл}} = B \frac{\omega^{0,8}}{d^{0,2}} \quad (3.52)$$

Таблица 3.5 - Расчетное значение $R_{\text{ст}}$

Вид аппарата	Хладагент	Тепло- и хладоноситель	Материал стенки трубы	$R_{\text{ст}}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{кВт}$
Испаритель	R717	рассол	сталь	0,7-0,8
	12,22	рассол	сталь	0,3-0,4
	12,22	рассол	медь	0,2-0,25
	12,22	вода	медь	0,12-0,15

Уравнение теплового потока со стороны хладагента

$$q_{\text{кип}} = \alpha_{\text{кип}} \Delta t \quad (3.53)$$

$$q_{\text{кип}} = (18,3(P_0 10^{-5})^{0,25} \Delta t)^2 \quad (3.54)$$

Находится поверхность испарения, м²

$$F_{\text{вн}} = \frac{Q_0}{q_{\text{вн}}} \quad (3.55)$$

Для фреонов наружная поверхность теплообмена

$$q_{FOP} = \frac{q_{\text{вн}}}{\beta} \quad (3.56)$$

Находим поверхность испарения, м²

$$F_{\text{вн}} = \frac{Q_0}{q_{FOP}} \quad (3.57)$$

Выбирается испаритель с близкими параметрами. [18]

Расход рассола в системе холодоснабжения через испаритель в соответствии с формулой (3.45)

$$G_{\text{хл}} = \frac{41,6}{4,19 \cdot 2,5} = 3,97 \text{ кг/с}$$

Температурный напор по формуле (3.46)

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{лог}} = \frac{10 - 2,5}{\ln \frac{10}{2,5}} = 5,43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						71
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тепловой поток со стороны рассола согласно формуле (3.51)

$$q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{23,647} + 0,15} = 5,2\Delta t$$

$$\alpha_{хл} = 1092 \frac{1^{0,8}}{0,021^{0,2}} = 23,647 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Тепловой поток со стороны хладагента определяется по формуле (3.54)

$$q_{кип} = (18,3 \cdot 9,5)^{0,25} \Delta t^2 = 13,2\Delta t^2 \text{ кВт}/\text{м}^2$$

Строятся графики полученных уравнений и определяется тепловой поток (рисунок 3.2).

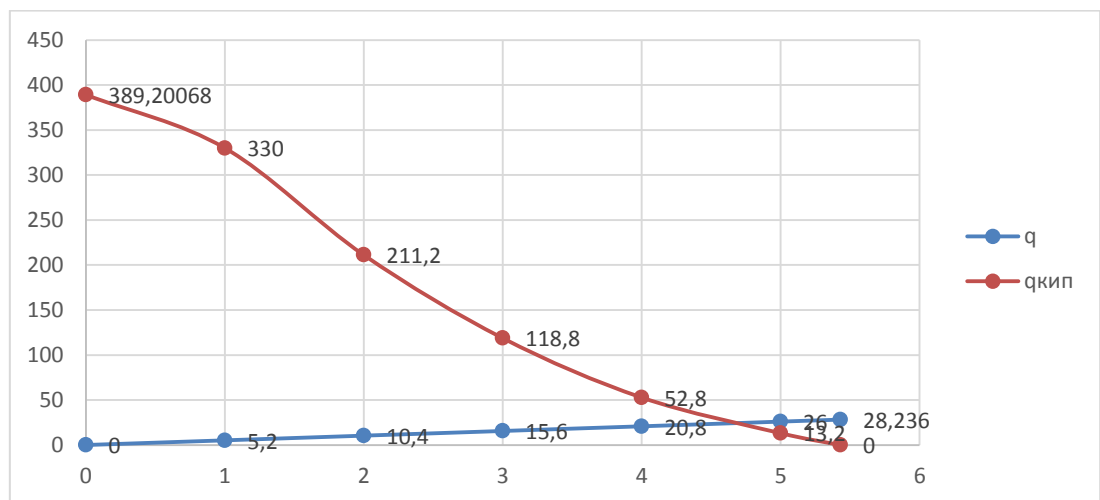


Рисунок 3.2 - Графическое определение искомого теплового потока $q_{вн}$

Находится поверхность испарения по формуле (3.55)

$$F_{вн} = \frac{41,6}{25} = 1,66 \text{ м}^2$$

Выбирается испаритель с близкими параметрами и записываются его характеристики в табл. 3.6. [18]

Таблица 3.6 - Характеристики испарителя

Марка	Холодильный агент	Площадь передающей поверхности, м ²	Диаметр кожуха, мм	Длина кожуха, мм	Число труб, шт	Число горизонтальных рядов труб	Диаметр условного прохода штуцера, мм			Число ходов, ед.
							по агенту		по хладоносителю (вход и выход)	
							вход	выход		
ИТР 12	12	12/3,7	325	1415	70	9	25	50	50	6

4 Экономическая часть

Эксплуатационные затраты при использовании традиционных источников находятся по формуле, руб.

$$\mathcal{E} = qT \quad (4.1)$$

где q - количество теплоты, необходимого для подогрева бака аккумулятора, кВт·ч;

T - тариф на тепловую энергию, руб./Гкал.

Количество теплоты, кВт·ч, можно определить по формуле

$$q = \frac{10^{-3} 24 NS}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})} \quad (4.2)$$

где N - тепловая мощность отопительной системы, Вт;

S - число градусо–суток отопительного периода;

$(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ – разность температур внутреннего и наружного воздуха, °С.

Затраты на электрическую энергию, необходимую для работы ТН, можно определить по формуле, руб.

$$\mathcal{E}_{\text{ТН}} = Q_{\mathcal{E}} T_{\mathcal{E}} \quad (4.3)$$

где $Q_{\mathcal{E}}$ - количество электрической энергии необходимое для работы ТН, кВт·ч;

$T_{\mathcal{E}}$ - тариф на электрическую энергию, руб./(кВт·ч).

Количество электрической энергии, кВт·ч, находим по формуле

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						74
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{\text{э}} = \frac{q}{\mu} \quad (4.4)$$

где μ - коэффициент трансформации.

Экономия денежных средств, при применении ТН для нужд теплоснабжения находится по формуле, руб.

$$D = \text{Э} - \text{Э}_{\text{ТН}} \quad (4.5)$$

Следовательно, срок окупаемости, лет, может быть определен по формуле

$$C = \frac{K_1}{D} \quad (4.6)$$

где K_1 - капитальные затраты на приобретение и установку теплового насоса.

Количество теплоты согласно формуле (4.2)

$$q = \frac{10^{-3} \cdot 24 \cdot 50000 \cdot 3300}{19 + 30} = 80816 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 69,49 \text{ Гкал}$$

Эксплуатационные затраты в соответствии с формулой (4.1)

$$\text{Э} = 69,49 \cdot 1807,58 = 125608 \text{ руб.}$$

Количество теплоты согласно формуле (4.2)

$$q = \frac{10^{-3} \cdot 24 \cdot 9400 \cdot 3300}{19 + 30} = 15193 \text{ кВт}$$

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						75
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Количество электрической энергии находим по формуле (4.4)

$$Q_э = \frac{15193}{5,3} = 2866,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Затраты на электрическую энергию, необходимую для работы ТН, согласно формуле (4.3)

$$\mathcal{E}_{\text{ТН}} = 2866,6 \cdot 3,79 = 10864 \text{ руб.}$$

Экономия денежных средств при применении ТН находим по формуле (4.5)

$$D_1 = 125608 - 10864 = 114744 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости согласно формуле (4.6)

$$C = \frac{346581}{114744} = 3,02 \text{ года}$$

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						76
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование теплового насоса в качестве источника тепловой энергии, является одним из эффективных способов выработки тепловой энергии, а так же утилизатором вторичных энергоресурсов. При этом мы достигаем снижения расхода газа на выработку тепловой энергии. Модернизированная схема котельной с учетом теплового насоса не требует больших капитальных вложений.

Произведен тепловой и конструктивный расчет основного оборудования теплового насоса и предложено его конструктивное решение, которое отличается простотой и надежностью.

Затраты на установку теплового насоса составили 346581 при сроке окупаемости в 3,02 года.

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						77
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Bouma J. The market of heat pumps in Europe // VI conference of the international power Agency on heat pumps. - Berlin, 2009.
- 2) Carel. Passive temperature probes. User manual [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.carelrussia.com/passive-temperature-sensors> (Дата обращения 03.04.2020)
- 3) Geothermal heat pumps [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://energy.gov/energysaver/articles/geothermal-heat-pumps> (Дата обращения 03.04.2020)
- 4) Васильев Г. П. Теплоохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев земли. Монография/ Г. П. Васильев - М.: Москва, 2006. - 167с.
- 5) Интенсификация теплообмена в испарителях холодильных машин / А. А. Гоголин, Г. Н. Данилова, В. М. Азарсков [и др.]. М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1982, – 224 с.
- 6) История тепловых насосов. [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://osipovs.ru/index.php/istory-tn> (Дата обращения 04.04.2020)
- 7) Криворот А. С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности / А. С. Криворот. – М. : Машиностроение, 1976, – 170 с.
- 8) Курылев Е. С. Холодильные установки / Е. С. Курылев, Н. А. Герасимов. - Л. : Машиностроение, 1980. – 170 с.
- 9) Мировой опыт использования ТН [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://geo42.ru/archives/3456> (Дата обращения 04.04.2020)
- 10) Млынчик, В.И. Методика определения потенциала энергосбережения и перечня типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. В. И. Млынчик, А. Е. Ерастров, И. А. Вишневская. // СРО НП «ТРИ-Э», 2011. – 76 с.

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

- 11) О рынке тепловых насосов в США [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.sostav.ru/blogs/30109/16185/> (Дата обращения 07.04.2020)
- 12) Опыт применения тепловых насосов в России [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.netgaza.ru/stati/53-primenenija-tn-v-rossii.html> (Дата обращения 07.04.2020)
- 13) Особенности применения тепловых насосов [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/129> (Дата обращения 09.04.2020)
- 14) Проектирование холодильных сооружений: справочник / под ред. А.В. Быкова. - М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1978. - 225 с.
- 15) Промышленные фторорганические продукты: Справ. изд. / Б. Н. Максимов, В. Г. Барабанов, И. Л. Серушкин и др. - Л.: Химия, 1990. - 464 с.
- 16) Проценко В. П. Проблемы использования теплонасосных установок в системах централизованного теплоснабжения // Энергетическое строительство. - 1994. - № 2.
- 17) Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р “Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года”: офиц. текст. [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://base.garant.ru/194737/> (Дата обращения 03.05.2020)
- 18) Расчет парокомпрессионных холодильных установок : учеб. пособие А. П. Левцев, А. И. Лысяков. - Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2014. - 100 с.
- 19) Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии [Текст]: метод. Пособие/ Г. П. Васильев и др. - Москомархитектура, 2001. - 57с.
- 20) СНиП 23-01-99. Строительная климатология. - М., 2003. - 108 с.
- 21) Соколов Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения : учеб. пособие / Е. Я. Соколов, В. М. Бродянский - 2изд., перераб. - М. : Энергоиздат, 1981. - 320 с.

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						79
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

22) Сравнительный расчет энергозатрат систем отопления с применением тепловых насосов, дизельного, электрического и газового котлов [Электронный ресурс] - режим доступа: <http://www.santexnn.ru/> (Дата обращения 26.04.2020)

23) Теплообменные аппараты холодильных установок / Г. Н. Данилова, С. Н. Богданов, О. П. Иванов [и др.]. - Л. : Машиностроение, 1986. - 303 с.

24) Теплообменные аппараты, приборы автоматизации и испытания холодильных машин / под ред. А. В. Быкова. - М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1984. - 249 с.

25) Трубаев, П. А. Тепловые насосы. Учебное пособие для магистров / П. А. Трубаев, Б. М. Гришко - М.; Изд-во Белгород, 2009. - 142 с.

26) Холодильные машины : справочник / под ред. А. В. Быкова. - М. : Легк. и пищ. пром-сть, 1982. - 225 с.

27) Шашин, В. М. Гидромеханика : учебник для техн. вузов / В. М. Шашин. - М. : Высш. шк., 1990. - 384 с.

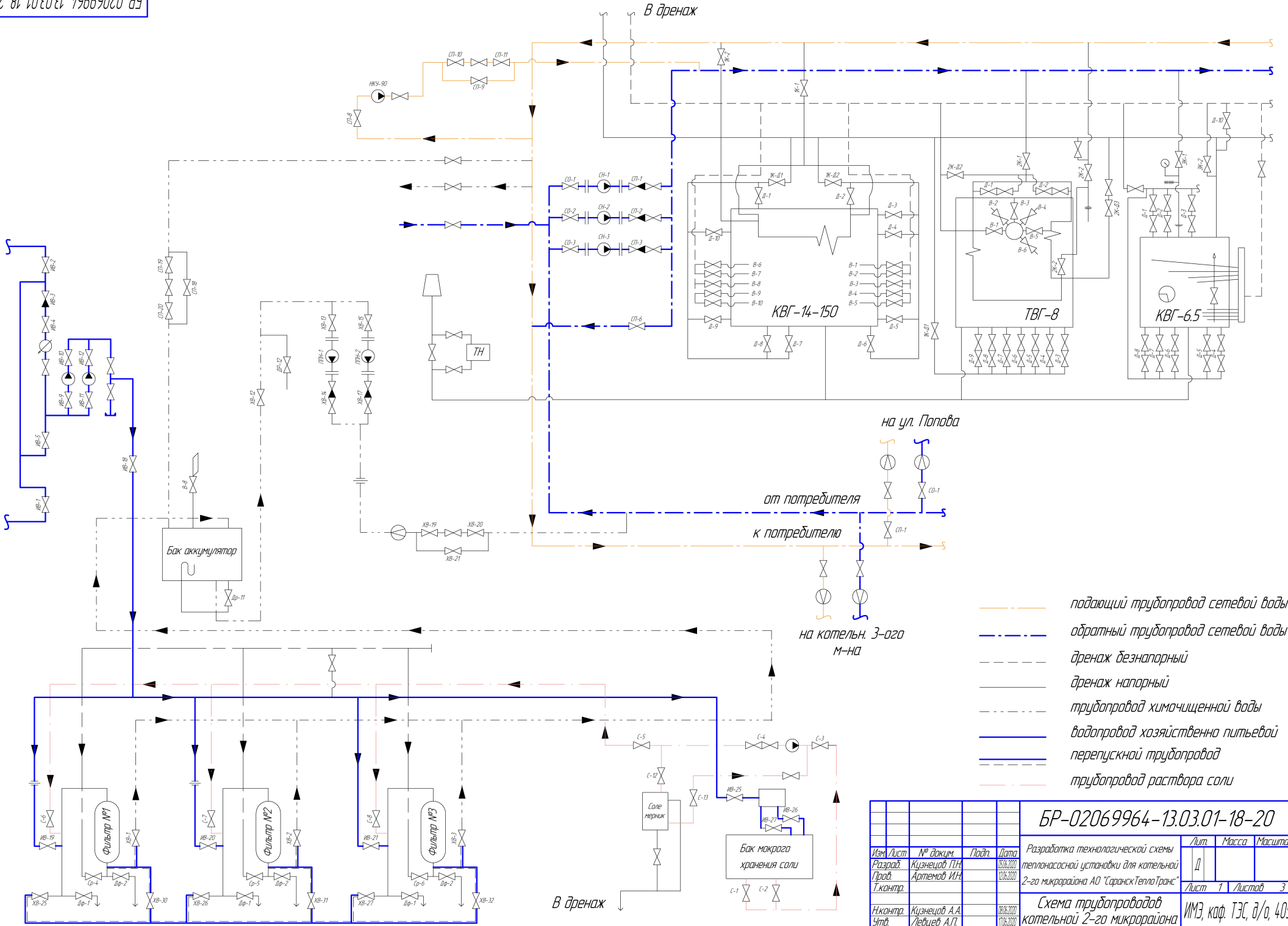
28) Яшкаров Б. П. Справочник механика по холодильным установкам / Б. П. Яшкаров, И. В. Смирнова. - Л. : Агропромиздат, 1989. - 312 с.

29) Янтовский, Е.И. Промышленные тепловые насосы / Е.И. Янтовский, Л.А. Левин. – М.: Энергоатомиздат – 1989. – 128 с.

30) Явнель, Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. / Б.К. Явнель. – М.: ВО «Агропромиздат» – 1988. – 225 с.

					БР-02069964-13.03.01-18-20	Лист
						80
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Листов: 18
 Справ. №:
 Инв. №: 01
 Взам. инв. №:
 Листов: 18
 Инв. №: 01



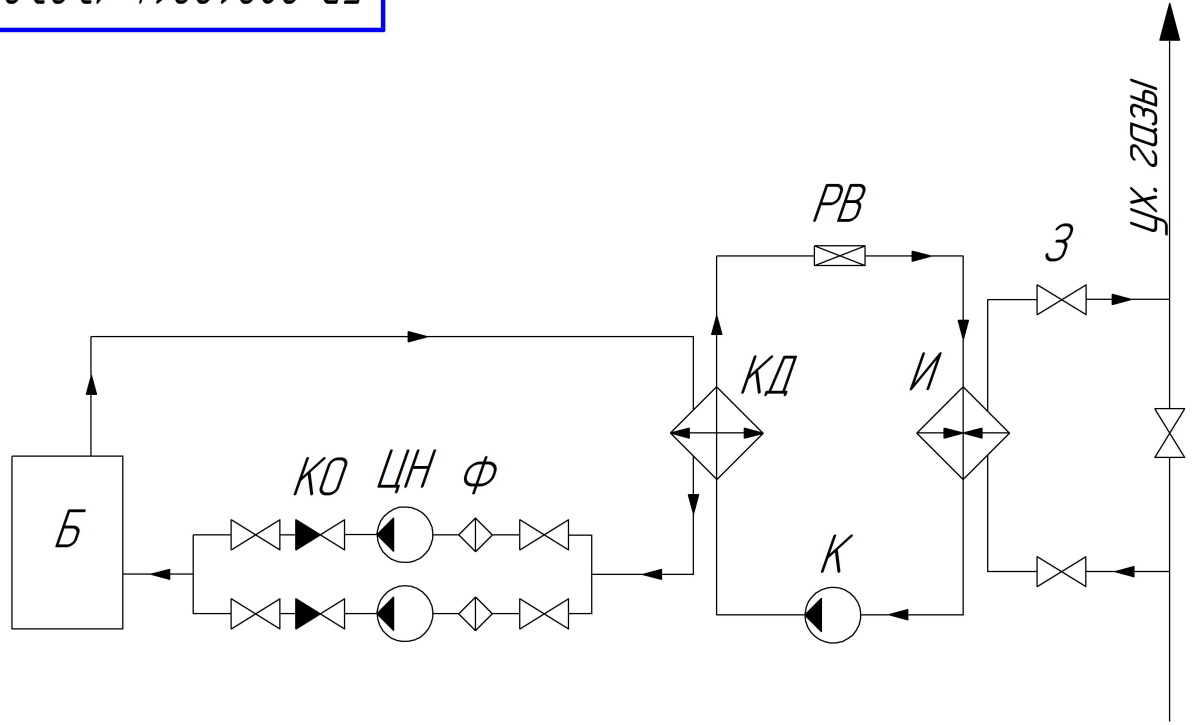
- подающий трубопровод сетевой воды
- обратный трубопровод сетевой воды
- дренаж безнапорный
- дренаж напорный
- трубопровод химической воды
- водопровод хозяйственно питьевой
- перепускной трубопровод
- трубопровод раствора соли

БР-02069964-13.03.01-18-20			
Изм./Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработ.	Кузнецов П.И.		03.03.2020
Проект.	Артемов И.И.		03.03.2020
Т.контр.			
Н.контр.	Кузнецов А.А.		03.03.2020
Упл.	Лейбов А.Г.		03.03.2020
Разработка технологической схемы теплоснабжающей установки для котельной 2-го микрорайона АО "Саранск ТеплоТранс"			
Лист 1 / Листов 3			
Схема трубопроводов котельной 2-го микрорайона			
ИМЗ, каф. ТЭС, д/о, 405			
Копировал			
Формат А2			

БР-02069964-13.03.01-18-20

Перв. примен.

Справ. №



Поз.обозначения	Наименование	Кол-во	Примечание
З	задвижка	7	
РВ	регулирующий вентиль	1	
И	испаритель	1	
КД	конденсатор	1	
К	компрессор	1	
Ф	фильтр	2	
КО	клапан обратны	2	
ЦН	циркуляционный насос	2	
Б	бак	1	

Подп. и дата

Инд. № д/дл.

Взам. инв. №

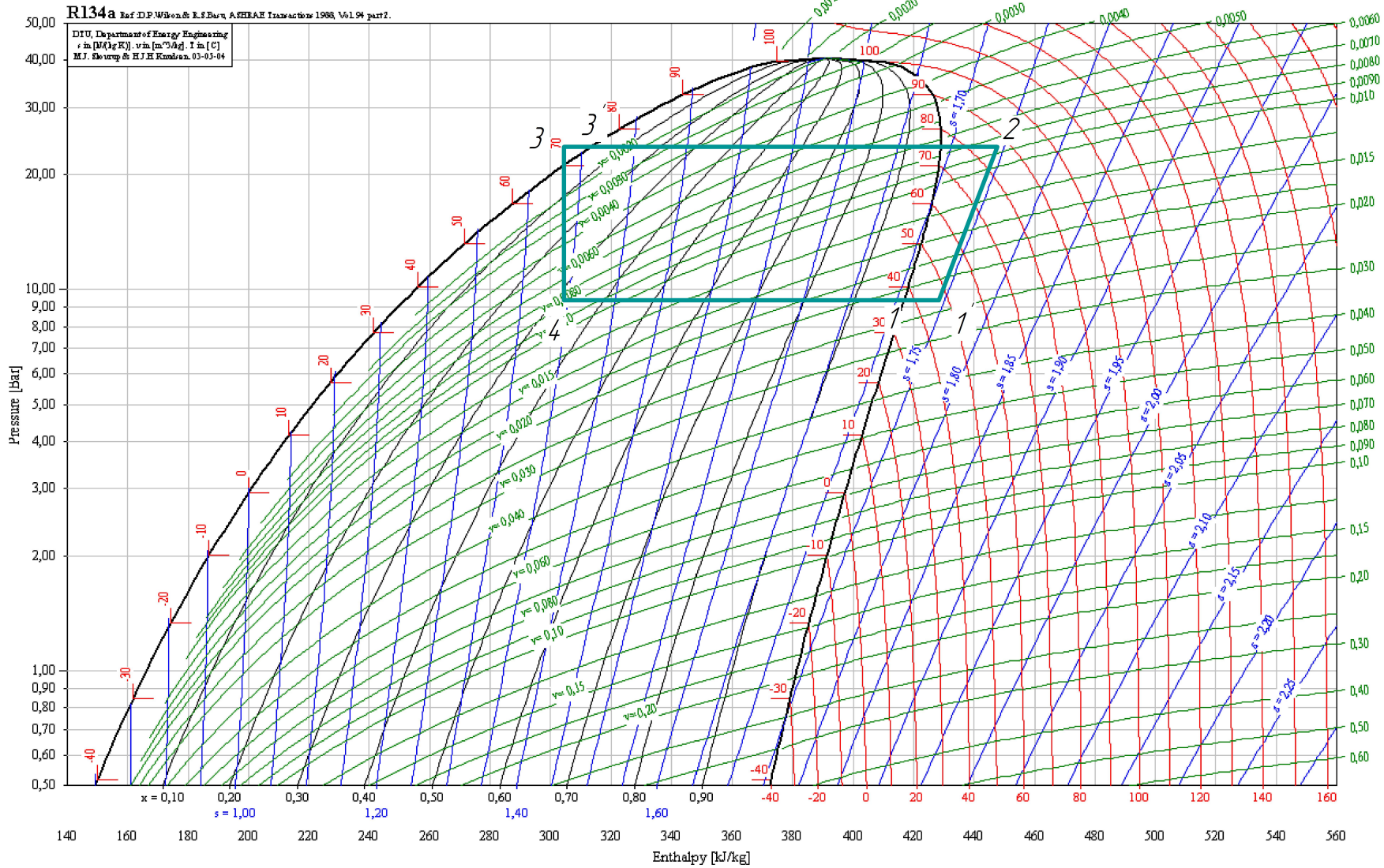
Подп. и дата

Инд. № подл.

БР-02069964-13.03.01-18-20

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка технологической схемы	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кузнецов П.Н.		05.06.2020	теплонасосной установки для котельной 2-го микрорайона АО "СаранскТеплоТранс"	Д		
Пров.		Артемов И.Н.		12.06.2020		Лист 2	Листов 3	
Т.контр.					Принципиальная схема теплового насоса			
И.контр.		Кузнецов А.А.		08.06.2020	ИМЭ, каф. ТЭС, д/о, 405			
Утв.		Левцев А.П.		17.06.2020	Копировал			

Формат А4



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Изм. № и дат.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

				БР-02069964-13.03.01-18-20		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка технологической схемы	
Разраб.	Кузнецов П.Н.			05.06.2020	теплонасосной установки для котельной	
Проб.	Артемов И.Н.			12.06.2020	2-го микрорайона АО "Саранск ТеплоТранс"	
Т.контр.					Лист	3
И.контр.	Кузнецов А.А.			08.06.2020	Листов	3
Утв.	Левцев А.П.			17.06.2020	Термодинамический цикл теплового насоса	
					ИМЭ, каф. ТЭС, д/о, 405	
					Копирвал	
					Формат А3	