

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Энергетический факультет
Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»
Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент,
Главный инженер
АО «ЧОКЭ», «Копейские ЭТС»
_____ В.Г. Костенко
« ____ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
«Промышленная теплоэнергетика»,
к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
« ____ » _____ 2018 г.

М.П.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ П. ГОРНЯК КГО ПУТЕМ УСТАНОВКИ КТАН ЗА КОТЛОМ № 3

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ
«ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ»

ЮУрГУ–13.04.01.2018.296.11.ПЗ ВКР

Руководитель магистерской программы,
д.т.н., профессор
_____ Е.В. Торопов
« ____ » _____ 2018 г.

Научный руководитель,
к.т.н., доцент
_____ В.Ю. Шашкин
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы,
магистрант группы П-289
_____ В.И. Ямалетдинов
« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Ямалетдинов В.И. Совершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, Э; 2018, 101 с., 12 ил., библиогр. список – 54 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 2 демонстрационных листа ф. А1.

В выпускной квалификационной работе (ВКР) магистранта предложен вариант совершенствования тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки контактного теплообменника с активной насадкой за котлом № 3.

Целью ВКР является разработка технического решения, позволяющего использовать тепловую энергию уходящих газов.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 10-ти глав, заключения, библиографического списка и приложения.

В первой главе приведено обоснование и актуальность совершенствования тепловой схемы путем установки за котлом контактного теплообменника с активной насадкой (КТАН).

Во второй главе описаны нормативно-правовые акты Российской Федерации, учебно-методическая литература, а также интернет ресурсы, которые были использованы при написании работы.

В третьей главе приведено сравнение отечественных и зарубежных технологий в области котельных жаротрубных агрегатов.

В четвертой главе произведены расчет тепловых нагрузок, расчет температурного графика и расхода сетевой воды, поверочный тепловой расчет котельного агрегата, а также расчет тепловой схемы котельной. Выбрано основное и вспомогательное оборудование котельной.

В пятой главе рассмотрены вопросы энергосбережения в теплоэнергетических установках. Дано описание КТАНа, схемы подключения для открытой и закрытой систем теплоснабжения.

В шестой главе выполнены тепловой и гидравлический расчеты КТАНа.

В седьмой главе был произведен расчет вредных выбросов и расчет минимальной высоты трубы.

В восьмой главе приведено описание схемы контроля и автоматики.

В девятой главе рассмотрены вопросы безопасности производственных процессов и оборудования и выявлены опасные и вредные производственные факторы.

В десятой главе была обоснована экономическая эффективность проекта.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ.....	8
1	ОБОСНОВАНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ П. ГОРНЯК КГО ПУТЕМ УСТАНОВКИ КТАН ЗА КОТЛОМ № 3	10
2	ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	12
3	СРАВНЕНИЕ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	14
4	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ.....	16
4.1	Исходные данные	16
4.2	Тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение ..	17
4.3	Годовой расход тепловой энергии	22
4.4	Тепловая нагрузка в отопительный период.....	26
4.5	Расчет температур теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха	29
4.6	Поверочный тепловой расчет котельного агрегата	34
5	ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	42
5.1	Контактный теплообменник с активной насадкой	42
5.2	Утилизация теплоты уходящих газов в газифицированных котельных	44
6	НАУЧНАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА	48
6.1	Исходные данные	48
6.2	Расчет параметров дымовых газов	49
6.3	Теплобалансовый расчет КТАНа	50
6.3.1	Расчет поверхности теплообмена.....	51
6.4	Аэродинамический расчет газового тракта котла с КТАНом	54
6.5	Гидравлический расчет КТАН.....	58
7	ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	60
7.1	Расчет концентрации вредных выбросов	60
7.2	Расчет максимальной приземной концентрации выбросов.....	62
7.3	Расчет минимальной высоты трубы.....	64
8	КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА КОТЕЛЬНОЙ	71
8.1	Общие сведения.....	71
8.2	Описание работы автоматики безопасности котельной	72
8.3	Контрольно-измерительные приборы.....	74

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

9	БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНИДЕЯТЕЛЬНОСТИ	76
9.1	Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов	76
9.2	Безопасность производственных процессов и оборудования	77
9.2.1	Воздух рабочей зоны	77
9.2.2	Воздух рабочей зоны	78
9.2.3	Световая среда.....	79
9.2.4	Виброакустические факторы	79
9.2.5	Повышенный уровень вибрации	80
9.3	Безопасность производственных процессов и оборудования	81
9.3.1	Электробезопасность	82
9.3.2	Пожаровзрывобезопасность.....	83
10	ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ.....	85
10.1	Смета капитальных затрат на совершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3.....	85
10.2	Смета текущих затрат на усовершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3	86
10.3	Модель ранжирования проблем теплоэнергетики и теплотехники.....	90
10.4	Модель причинно-следственной связи.....	90
10.5	Модель SWOT- анализ вариантов технических решений	91
10.6	Планирование целей предприятия и проекта.....	92
10.6.1	Планирование целей предприятия и проекта в пирамиде целеполагания...	92
10.6.2	Планирование целей проекта в дереве целей.....	94
10.7	Модель поля сил реализации проекта совершенствования котельной	95
10.8	Ленточный график Ганта.....	97
10.9	Основные технико-экономические показатели проекта.....	99
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	101

ВВЕДЕНИЕ

Отопительные котельные установки представляют собой комплекс устройств, размещенных в специальных помещениях и предназначенных для преобразования химической энергии топлива в тепловую энергию пара или горячей воды. Основными элементами отопительной котельной являются: котел, топка, питательные, подпиточные и тягодутьевые устройства. К вспомогательным элементам отопительных котельных относятся устройства для подачи топлива, подогрева воды, очистки дымовых газов, водоподготовки, приборы теплового контроля и средства автоматизации. В зависимости от вида применяемого теплоносителя котлы подразделяют на водогрейные и паровые.

Водогрейный котел – это устройство, имеющее топку, обогреваемое продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенное для нагревания воды находящейся под давлением выше атмосферного и используемой в качестве теплоносителя вне самого устройства.

Топочное устройство (топка) служит для сжигания топлива и превращения его химической энергии а теплоту вырабатываемых газов. Основным топочным устройством отопительных котлов малой мощности на твердом топливе является простая колосниковая решетка с ручным обслуживанием. Для сжигания газа или жидкого топлива устраивается камерная топка и устанавливаются газовые горелки или форсунки.

Питательные и подпиточные устройства (насосы, баки, трубопроводы) предназначены для подачи воды в котел или тепловую сеть (систему отопления). Тягодутьевые устройства состоят из дутьевых вентиляторов, системы воздухопроводов, газоходов, дымососов и дымовой трубы, с помощью которых обеспечиваются подача необходимого количества воздуха в топку и движение продуктов сгорания (топочных газов) по газоходам котла, а также удаление их в атмосферу. Продукты сгорания топлива, перемещаясь по газоходам котла и соприкасаясь с его поверхностями нагрева, передают теплоту воде.

Производительность водогрейных котлов исчисляют в мегаваттах (МВт) или киловаттах (кВт), а также в килокалориях, вырабатываемых в 1 ч (ккал/ч).

Для утилизации теплоты уходящих после котлов, промышленных печей, парогенераторов газов используют КТАН (контактный теплообменник с активной насадкой). Они позволяют при приемлемых габаритных размерах и металлоемкости на их изготовление, а также при сравнительно невысоком расходе электроэнергии при их эксплуатации обеспечить глубокое охлаждение отходящих газов, конденсацию содержащихся в них водяных паров и возможность использования получаемого конденсата, то есть экономию воды. Контактный теплообменник с активной насадкой относится к низкотемпературным (меньше 230С) тепловым ВЭР.

Низкотемпературные ВЭР в основном используются для отопления, ГВС и кондиционирования, для подогрева подпиточной воды. Основным оборудованием для это вида тепловых ВЭР являются теплообменники (КТАН, тепловые колёса-регенераторы вращающегося типа и т.д.) и тепловые насосы.

В контактных теплообменниках тепло передается путем непосредственного

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

соприкосновения рабочих тел. Теплообмен сопровождается массообменом (испарение жидкости в газовую фазу, конденсация пара, конвективный и диффузионный перенос). Сопутствующий теплообмену массоперенос часто существенно влияет на ход процессов в аппарате. При изучении рабочих процессов в теплообменнике массообмен необходимо учитывать лишь в той мере, в какой он влияет на теплообмен. Теплоносители взаимодействуют через границу раздела (контакта) фаз, которая должна быть, возможно, более развитой. Для увеличения поверхности контакта в аппарате используют насадки, перегородки, решетки, тарелки, распылители жидкости и другие устройства.

Контактные теплообменники состоят из следующих основных элементов: камер греющей и нагреваемой среды, устройств для распределения и взаимодействия теплоносителей в объеме аппарата, корпуса. Кроме того, для функционирования теплообменника необходимы устройства подачи и отвода теплоносителей (насосы, газодувки, транспортеры и т. п.). Контактный теплообменник представляет собой систему взаимодействующих элементов, в то же время он сам взаимодействует с агрегатами, обеспечивающими подачу и отвод теплоносителей, и с другими аппаратами технологических систем, в которых этот аппарат функционирует.

Использование контактных теплообменников — один из эффективных путей экономии металлов и других дефицитных материалов, снижения капитальных и эксплуатационных затрат, повышения надежности оборудования.

Таким образом, являясь элементом технологических систем, контактный теплообменник, в свою очередь, представляет собой систему взаимодействующих элементов процессов.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБОСНОВАНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ П. ГОРНЯК КГО ПУТЕМ УСТАНОВКИ КТАН ЗА КОТЛОМ № 3

Развитие энергетики в настоящее время характеризуется значительно возросшей стоимостью органического топлива и других природных ресурсов, а также постоянно возрастающими трудностями охраны окружающей среды от воздействия энергоустановок и промышленных предприятий.

Для того чтобы снизить себестоимость электрической и тепловой энергии большое внимание уделяют недорогим, малозатратным технологиям, которые в небольшие сроки могут быть запущены в работу. В основном под этим подразумевают технологии повышения экономичности на котельных установках, используя вторичные энергоресурсы.

Одним из основных направлений энергосбережения для повышения энергетической эффективности котельной является увеличения коэффициента использования теплоты топлива на энергетических установках. Котельные, которые работают на газе, теряют не менее 13-18 % теплоты с уходящими газами.

На данный момент в котельной п. Горняк КГО установлено 11 котлов: водогрейные котлы НР-18 в количестве 8 шт., водогрейные жаротрубные котлы КВ-ГМ-1,5 и КВ-ГМ-1,0 в количестве 2 шт. и 1 шт. соответственно. Топливом служит природный газ. Общая мощность котельной 10 МВт.

У котельной в настоящее время 17 потребителей тепла по отоплению и ГВС, и 3 потребителя по вентиляции. В основном потребители в данном случае это многоэтажные жилые дома (8 этажей), но также имеются два детских сада и одна школа. Детский сад № 1 находится на расстоянии 40 метров от котельной.

В связи с необходимостью повышения энергетической эффективности работы котельной п. Горняк КГО предлагается установить КТАН за котлом № 3, что позволит уменьшить тарифы за тепловую энергию. Нагретую в контактном теплообменнике воду можно использовать для ГВС детского сада № 1, нагревая в котельной воду до 40 °С, а затем догревая ее до 65 °С уже в здании детского сада с помощью ТЭНов или системой отопления гладкими трубами. Также в садике планируют построить бассейн и воду, нагретую в КТАНе, можно использовать и в этом случае. Так же стоит отметить, что детский сад находится на небольшом расстоянии от котельной, что является одним из основных условий для эффективного использования контактного теплообменника.

С установкой КТАНа образуется экономия за счет снижения температуры уходящих газов и за счет конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах.

Контактный теплообменник с активной насадкой – это аппарат рекуперативно - смесительного типа, он предназначен для утилизации теплоты дымовых газов и для нагрева воды различных нужд в температурном диапазоне от 5 до 50 °С. Он состоит из корпуса, изготовленного из листовой стали, образующей камеры с системой орошения, активной насадки, выполненной в виде пучка труб с циркулирующим в них теплоносителем, и сепарационного устройства.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Применение контактных теплообменников с активной насадкой позволяет повысить эффективность использования природного газа до 12 %, в зависимости от наличия потребителей горячей воды с температурой до 50 °С.

Одновременно с процессами теплообмена в КТАНе происходит очистка утилизируемых газов от механических примесей неполного сгорания топлива, которые улавливаются орошающей жидкостью, собираются в баке-отстойнике и периодически удаляются. Может быть проведена селективная очистка от газовых компонентов в зависимости от состава орошающей жидкости.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В написания выпускной квалификационной работы были использованы нормативные правовые акты Российской Федерации, учебно-методическая литература, а так же интернет-ресурсы.

Работа выполнена в целях выполнения стратегии «Социально-экономического развития Челябинской области до 2030 года» от 13 ноября 2009 года, а так же соответствует требованиям Федерального закона №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Основой данных нормативных правовых актов является выполнение мероприятий, направленных на рациональное использование энергетических ресурсов и внедрение перспективных энергетических технологий.

Рассмотрение вопросов обоснования и актуальности разработки источника теплоснабжения произведено на основе государственной программы Челябинской области «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» на 2014 - 2020 гг., а так же интернет-публикация «В регионе продолжается работа по модернизации и замене неэффективных котельных» на сайте Правительства Челябинской области.

Сравнение отечественных и зарубежных передовых технологий проведено с использованием материалов публикации С.Г. Каспарова «Особенности современных жаротрубных котлов для отопительных систем».

Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, построение температурных графиков и графиков расхода теплоносителя, произведен с использованием справочника проектировщика «Внутренние санитарно-технические устройства. Отопление, водопровод, канализация» в 2-х частях под редакцией И.Г. Староверова, а также справочника «Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей» подготовленного коллективом авторов В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. были взяты необходимые данные для расчетов.

При расчете тепловой схемы котельной использовался нормативный документ СП 13330.2012. Котельные установки. Так же применены учебное пособие Е.В. Шумилина «Расчет тепловых схем и подбор основного оборудования котельных» и справочно-практическое пособие «Проектирование котельных в секторе ЖКХ» Е.Л. Палея.

Расчет жаротрубного котла произведен с использованием литературы «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативного метод», а так же учебного электронного текстового издания «Расчет жаротрубно-дымогарного котла» разработанного А.П. Лумми и В.А. Мунц. Также использовалась техническая документация на котлы КВ-ГМ-1,5 и КВ-ГМ-1,0 предприятия АО «Дорогобужкотломаш».

Тепловой расчет пластинчатого теплообменника выполнен по методике, изложенной в книге «Пластинчатые и спиральные теплообменники» под авторством Н.В. Барановского, Л.М. Коваленко и А.Р. Ястребенецкого.

При рассмотрении вопросов энергосбережения основным источником

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

информации послужил Федеральный закон РФ № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Так же был использован учебник для вузов «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях» под редакцией А.В. Клименко.

Для описания схемы установки и принципа работы контактного теплообменника с активной насадкой была использована интернет-публикация «Технические решения по использованию утилизаторов в котельных малой мощности» под авторством кандидата технических наук З.В. Короткова. Для расчета КТАНа был использован проект «Рекомендации для проектирования котельных и промышленных ТЭЦ с применением КТАНов-утилизаторов» автор проекта Н.В. Кириллов также из данного проекта были взяты все необходимые для расчета коэффициенты.

Вопросы экологии рассмотрены с использованием материалов методического пособия «Очистка дымовых газов. Часть 1» А.И. Грибанова. Расчет массовых выбросов загрязняющих веществ и высоты дымовой трубы проведен по методическому пособию «Расчет дымовой трубы» А.И. Грибанова.

Системы автоматизации котельной рассмотрены с использованием технической документации на систему автоматики ЩКА-1-8 и учебного пособия А.Е. Булкина «Автоматическое регулирование энергоустановок».

Экономическая часть работы выполнена по материалам учебного пособия А.А. Алабугина «Экономико-управленческая часть дипломного проекта».

При написании части по безопасности жизнедеятельности, мной была использована следующая литература – «Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие с элементами самостоятельной работы студентов» [9]. В том учебном пособии подробно изложены основные положения по безопасности жизнедеятельности человека на производственных объектах.

Так же мною были использованы ГОСТы и СНиПы, такие как «ГОСТ 12.0.003-80 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [10], СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [11], «СНиП 23-05-95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение – М.: Минстрой России, 1995» [12].

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

3 СРАВНЕНИЕ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Основным оборудованием любой котельной является сам котел. Развитие конструкций водогрейных котельных установок в начале своего пути шло двумя направлениями: водотрубным или газотрубным. В первом случае вода циркулирует в трубах, омываемых продуктами сгорания снаружи. Во втором наоборот, газы заключены в дымогарные или жаровые трубы, а вода циркулирует в межтрубном пространстве, омывая поверхности нагрева. Водотрубные котлы более металлоемки, обладают большим гидравлическим сопротивлением и более чувствительны к гидравлическому режиму. В связи с этим в настоящее время среди водогрейных котельных установок малой и средней мощности широкое распространение получили жаротрубно-дымогарные водогрейные котельные установки

В данных установках водяное пространство пронизывают топочная камера и ряд дымогарных труб. За счет большого водяного объема эти котлы имеют плавный режим работы. Горение газа в данных установках происходит в жаровой трубе (топке). Продукты сгорания топлива, дойдя до дна топки, разворачиваются и двигаются по периферийной части к передней части котла (двери). Далее дымовые газы вновь разворачиваются от двери и попадают в дымогарные трубы второго хода, в которых, в ряде установок, предусмотрены турбулизаторы, обеспечивающие завихрение и снижение скорости потока газа, в результате обеспечивается более эффективное использование тепла продуктов сгорания. Вокруг топки находится водяной объем котла, он значительно больше водотрубных, что обеспечивает более равномерный режим работы. Пройдя дымогарные трубы, уходящие газы попадают в сборный дымовой короб и оттуда в газоход[33].

В настоящее время производство жаротрубно-дымогарных котлов налажено как в России, так и в Европе. Проведем сравнение отечественных и зарубежных котельных установок.

АО «Дорогобужкотломаш» (Дорогобужский котельный завод) работает в сфере теплоэнергетики в течение 55 лет. Данное предприятие специализируется на выпуске водогрейных и паровых котельных установок. У данного производителя представлена широкая линейка котлов теплопроизводительностью от 0,05 до 10 МВт. Рассмотрим на примере котельного агрегата КВ-ГМ-1,5-115Н[46].

Одной из ведущих итальянских компаний производящих водогрейные котлы является I.VAR (Италия). В линейке данного производителя представлен широкий спектр котлов как водогрейных, так и паровых, мощностью до 10МВт. Котел для сравнения представлен в серии SuperRAC 1450[47].

Сравнение указанных выше котельных установок проведем в виде таблицы, в которой представим технические характеристики котлов указанных выше производителей, габаритные размеры и стоимость (таблица 3.1).

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Таблица 3.1– Сравнение КВ-ГМ-1,5-115Н и I.VAR SuperRAC 1450

Параметр	КВ-ГМ-1,5-115Н[46]	I.VAR SuperRAC 1450[47]
Топливо	природный газ, дизельное топливо	природный газ, легкое жидкое топливо
Номинальная тепловая мощность, кВт	1500	1480
Максимальная температура воды, °С	115	115
Минимальная температура воды на входе в котел, °С	70	60
КПД, %	93	93
Температура уходящих газов, °С	155	160
Масса, кг	2850	2350
Габариты, ДхШхВ, м	3,513х1,5х2,046	3200х1380х1,5
Система автоматики	ЩКА-1-8	I.VAR
Стоимость, тыс. руб.	1009	1105

Из таблицы видно, что котел от производителя Дорогобуж КВ-ГМ-1,5-115Н по некоторым показателям уступает зарубежному аналогу, в частности имеет больший вес и габариты, что повышает размеры помещения для его установки. Положительными показателями являются более низкая стоимость отечественного котельного агрегата (ниже на 8,7%) и большая производительность. Оба котла имеют одинаковый КПД и поставляются с комплектом автоматики. Котел КВ-ГМ имеет более низкую температуру уходящих газов.

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время могут эффективно применяться как зарубежные, так и отечественные аналоги.

4 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ

4.1 Исходные данные

Город – Копейск;

Число жителей в расчетном микрорайоне поселка Горняк – 5370;

Температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха меньше $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – 218 суток;

Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_{н,о} = -34 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Средняя продолжительность периода с температурой воздуха различных градаций отражена в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной и ниже данной

$t_{н}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+8
n, ч	7	39	166	520	1110	1950	2980	3920	5180

Потребители тепловой энергии представлены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Потребители тепловой энергии

Наименование потребителя	Объем здания V, м ³	Число человек, использующих ГВС
1	2	3
Многоквартирный жилой дом № 1	22087	404
Многоквартирный жилой дом № 2	22087	404
Многоквартирный жилой дом № 3	20619	370
Многоквартирный жилой дом № 4	20619	370
Многоквартирный жилой дом № 5	20619	370
Многоквартирный жилой дом № 6	21090	385
Многоквартирный жилой дом № 7	21090	385
Многоквартирный жилой дом № 8	21090	385
Многоквартирный жилой дом № 9	21090	385

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
Многоквартирный жилой дом № 10	20192	360
Многоквартирный жилой дом № 11	20192	360
Многоквартирный жилой дом № 12	20192	360
Многоквартирный жилой дом № 13	20192	360
Многоквартирный жилой дом № 14	20192	350
Детский сад № 1	9600	154
Детский сад № 2	2360	45
Школа № 1	8880	141

4.2 Тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Для определения тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию воспользуемся методом расчета по укрупненным показателям с использованием удельных тепловых нагрузок для различных категорий объектов теплоснабжения.

Расчетная тепловая нагрузка на отопление (4.1):

$$Q_{от} = \alpha \cdot V \cdot q_{от} \cdot (t_{в} - t_{н}), \quad (4.1)$$

где α – поправочный коэффициент, равен 0,96;

V – строительный объем здания по наружному обмеру (m^3);

$q_{от}$ – удельная тепловая характеристика здания ($ккал/(m^3 \cdot ч \cdot ^\circ C)$) для расчета отопления;

$t_{в}$ – средняя температура воздуха, $^\circ C$, в помещениях отапливаемого здания;

$t_{н}$ – расчётная температура наружного воздуха для проектирования отопления.

Многоквартирный жилой дом №1, 8 этажей $S=7750$ С

$$Q_{от} = 0,96 \cdot 22087 \cdot 0,34 \cdot (20 - (-34)) = 0,3893 \text{ Гкал/ч} = 0,453 \text{ МВт}$$

Многоквартирный жилой дом №2, 8 этажей $S=7750$ м²

$$Q_{от} = 0,96 \cdot 22087 \cdot 0,34 \cdot (20 - (-34)) = 0,3893 \text{ Гкал/ч} = 0,453 \text{ МВт}$$

Многоквартирный жилой дом №3, 8 этажей $S=7235$ м²

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

$$Q_{от} = 0,96 \cdot 20619 \cdot 0,34 \cdot (20 - (-34)) = 0,3634 \text{ Гкал/ч} = 0,423 \text{ МВт}$$

Детский сад № 1 S=2400 м²

$$Q_{от} = 0,96 \cdot 9600 \cdot 0,34 \cdot (20 - (-34)) = 0,1692 \text{ Гкал/ч} = 0,197 \text{ МВт}$$

Детский сад № 2 S=590 м²

$$Q_{от} = 0,96 \cdot 2360 \cdot 0,34 \cdot (20 - (-34)) = 0,0416 \text{ Гкал/ч} = 0,048 \text{ МВт}$$

Школа № 1 S=1110 м²

$$Q_{от} = 0,96 \cdot 8880 \cdot 0,34 \cdot (20 - (-34)) = 0,156 \text{ Гкал/ч} = 0,182 \text{ МВт}$$

Аналогично проведем расчет для остальных потребителей и сведем полученные результаты в таблицу (4.3).

Расчетная тепловая нагрузка на вентиляцию (4.2):

$$Q_B = \alpha \cdot V \cdot q_B \cdot (t_B - t_H), \quad (4.2)$$

где α – поправочный коэффициент, равен 0,96;

V – строительный объем здания по наружному обмеру (м³);

$q_{от}$ – удельная тепловая характеристика здания (ккал/(м³·ч·°C)) для расчета вентиляции;

t_B – средняя температура воздуха, в помещениях отапливаемого здания;

t_H – расчётная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции.

Детский сад № 1 S=2400 м²

$$Q_B = 0,96 \cdot 9600 \cdot 0,11 \cdot (20 - (-34)) = 0,055 \text{ Гкал/ч} = 0,064 \text{ МВт}$$

$$Q_B^{год} = 24 \cdot 0,055 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 0,14 \text{ тыс. Гкал/год}$$

Детский сад № 2 S=590 м²

$$Q_B = 0,96 \cdot 2360 \cdot 0,11 \cdot (20 - (-34)) = 0,0134 \text{ Гкал/ч} = 0,016 \text{ МВт}$$

$$Q_B^{год} = 24 \cdot 0,0124 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 0,034 \text{ тыс. Гкал/год}$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Школа № 1 $S=1110 \text{ м}^2$

$$Q_B = 0,96 \cdot 8880 \cdot 0,11 \cdot (20 - (-34)) = 0,0506 \text{ Гкал/ч} = 0,059 \text{ МВт}$$

$$Q_B^{\text{год}} = 24 \cdot 0,0506 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 0,129 \text{ тыс. Гкал/год}$$

Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение:

Часовой расход тепла на горячее водоснабжение в зимний период рассчитывается по формуле (4.3):

$$Q_{\text{ГВС}}^3 = G \cdot c \cdot \rho \cdot (t_r - t_x), \quad (4.3)$$

где $G_{\text{ГВС}}$ – максимальный часовой расход воды на ГВС, л/час;

$t_x = +5^\circ\text{C}$ – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период;

$t_r = +70^\circ\text{C}$ – температура горячей воды;

c – теплоемкость воды, равная $1 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

ρ – плотность воды, принимается 1 кг/л .

Максимальный часовой расход воды на горячее водоснабжение рассчитывается по формуле (4.4):

$$G_{\text{ГВС}} = m \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{сут}} \cdot \frac{g_{\text{u,m}}^{\text{h}}}{n}, \quad (4.4)$$

где $k_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности, принимаемый равным $2,0$;

$k_{\text{сут}}$ – коэффициент суточной неравномерности, принимаемый $1,2$;

$g_{\text{u,m}}^{\text{h}}$ – норма расхода горячей воды в средние сутки, л/сут;

m – количество потребителей;

n – число часов работы системы горячего водоснабжения в сутки.

Часовой расход тепла на горячее водоснабжение в летний период рассчитывается по формуле (4.5):

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = G \cdot c \cdot \rho \cdot (t_r - t_x^{\text{л}}), \quad (4.5)$$

где $t_x^{\text{л}} = +15 \text{ oC}$ – температура холодной воды (водопроводной) в летний период;

$\beta = 0,8$ – коэффициент, учитывающий изменение расхода воды на горячее водоснабжение в неотапливаемый период по отношению к отопительному.

Многоквартирный жилой дом №1, 8 этажей $S=7750 \text{ м}^2$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

$$G_{\text{ГВС}} = 300 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot \frac{115}{24} = 3450 \text{ л/ч}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^3 = 3450 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 5) = 0,207 \text{ Гкал/ч} = 0,241 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = 3450 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 15) = 0,172 \text{ Гкал/ч} = 0,200 \text{ МВт}$$

Многоквартирный жилой дом №2, 8 этажей S=7750 м²

$$G_{\text{ГВС}} = 300 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot \frac{115}{24} = 3450 \text{ л/ч}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^3 = 3450 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 5) = 0,207 \text{ Гкал/ч} = 0,241 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = 3450 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 15) = 0,172 \text{ Гкал/ч} = 0,200 \text{ МВт}$$

Многоквартирный жилой дом №3, 8 этажей S=7235 м²

$$G_{\text{ГВС}} = 250 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot \frac{115}{24} = 2875 \text{ л/ч}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^3 = 2875 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 5) = 0,172 \text{ Гкал/ч} = 0,201 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = 2875 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 15) = 0,143 \text{ Гкал/ч} = 0,167 \text{ МВт}$$

Детский сад № 1 S=2400 м²

$$G_{\text{ГВС}} = 150 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot \frac{30}{16} = 675 \text{ л/ч}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^3 = 675 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 5) = 0,0405 \text{ Гкал/ч} = 0,047 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = 675 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 15) = 0,034 \text{ Гкал/ч} = 0,04 \text{ МВт}$$

Детский сад № 2 S=590 м²

$$Q_{\text{ГВС}}^3 = 360 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 5) = 0,0216 \text{ Гкал/ч} = 0,025 \text{ МВт}$$

$$G_{\text{ГВС}} = 80 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot \frac{30}{16} = 360 \text{ л/ч}$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

$$Q_{ГВС}^I = 360 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 15) = 0,018 \text{ Гкал/ч} = 0,021 \text{ МВт}$$

Школа № 1 $S=1110 \text{ м}^2$

$$G_{ГВС} = 300 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot \frac{30}{16} = 1350 \text{ л/ч}$$

$$Q_{ГВС}^3 = 1350 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 5) = 0,081 \text{ Гкал/ч} = 0,094 \text{ МВт}$$

$$Q_{ГВС}^L = 1350 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (70 - 15) = 0,068 \text{ Гкал/ч} = 0,079 \text{ МВт}$$

Для остальных потребителей расчет проводится аналогично. Полученные результаты сведем в таблицу (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Тепловые нагрузки по видам теплоснабжения

Наименование потребителя		Тепловые нагрузки, МВт (Гкал/час)			Итого МВт (Гкал/час)
		Отопление	Вентиляция	ГВС	
1		2	3	4	5
многоквартирный дом №1	жилой	0,45276 (0,389305)	-	0,24074 (0,207)	0,6935 (0,59631)
многоквартирный дом №2	жилой	0,45276 (0,389305)	-	0,24074 (0,207)	0,6935 (0,59631)
многоквартирный дом №3	жилой	0,42267 (0,363435)	-	0,20062 (0,1725)	0,62329 (0,53594)
многоквартирный дом №4	жилой	0,42267 (0,363435)	-	0,20062 (0,1725)	0,62329 (0,53594)
многоквартирный дом №5	жилой	0,42267 (0,363435)	-	0,20062 (0,1725)	0,62329 (0,53594)
многоквартирный дом №6	жилой	0,43232 (0,371724)	-	0,21667 (0,1863)	0,64898 (0,55802)
многоквартирный дом №7	жилой	0,43232 (0,371724)	-	0,21667 (0,1863)	0,64898 (0,55802)
многоквартирный дом №8	жилой	0,43232 (0,371724)	-	0,21667 (0,1863)	0,64898 (0,55802)
многоквартирный дом №9	жилой	0,43232 (0,371724)	-	0,21667 (0,1863)	0,64898 (0,55802)
многоквартирный дом №10	жилой	0,41391 (0,355901)	-	0,18858 (0,16215)	0,60249 (0,51805)

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5
многоквартирный жилой дом №11	0,41391 (0,355901)	-	0,18858 (0,16215)	0,60249 (0,51805)
многоквартирный жилой дом №12	0,41391 (0,355901)	-	0,18858 (0,16215)	0,60249 (0,51805)
многоквартирный жилой дом №13	0,41391 (0,355901)	-	0,18858 (0,16215)	0,60249 (0,51805)
многоквартирный жилой дом №14	0,41391 (0,355901)	-	0,18858 (0,16215)	0,60249 (0,51805)
Детский сад № 1	0,19678 (0,1692)	0,06362 (0,0547)	0,0471 (0,0405)	0,3075 (0,2644)
Детский сад № 2	0,04838 (0,0416)	0,01558 (0,0134)	0,02512 (0,0216)	0,08909 (0,0766)
Школа № 1	0,18201 (0,1565)	0,05885 (0,0506)	0,0942 (0,081)	0,33506 (0,2881)
Итого	6,39954 (5,50261)	0,138 (0,1187)	3,0593 (2,6305)	9,597 (8,25187)
Всего с учетом потерь в тепловых сетях (5%)	6,7195 (5,777)	0,1449 (0,1246)	3,2122 (2,7621)	10,07 (8,6644)

4.3 Годовой расход тепловой энергии

Годовой расход тепла на отопление рассчитывается по формуле (4.6):

$$Q_{\text{от}}^{\text{год}} = 24 \cdot Q_{\text{от}}^{\text{max}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} \cdot n_0, \quad (4.6)$$

где $Q_{\text{от}}^{\text{max}}$ – максимальный часовой расход тепла на отопление здания;
 $t_{\text{ср.о}}$ – температура наружного воздуха средняя за отопительный период;
 $t_{\text{в}}$ – средняя температура воздуха в помещениях отапливаемого здания;
 $t_{\text{н}}$ – расчётная температура наружного воздуха для проектирования отопления;
 n_0 – продолжительность отопительного периода.

Многоквартирный жилой дом №1, 8 этажей $S=7750 \text{ м}^2$

$$Q_{\text{от}}^{\text{год}} = 24 \cdot 0,3893 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 999,5 \text{ Гкал/год} = 1162,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Многоквартирный жилой дом №2, 8 этажей $S=7750 \text{ м}^2$

$$Q_{от}^{год} = 24 \cdot 0,3893 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 999,5 \text{ Гкал/год} = 1162,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Многоквартирный жилой дом №3, 8 этажей S=7235 м²

$$Q_{от}^{год} = 24 \cdot 0,3634 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 933,1 \text{ Гкал/год} = 1085,2 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Детский сад № 1 S=2400 м²

$$Q_{от}^{год} = 24 \cdot 0,1692 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 434,4 \text{ Гкал/год} = 505,2 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Детский сад № 2 S=590 м²

$$Q_{от}^{год} = 24 \cdot 0,0416 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 106,81 \text{ Гкал/год} = 124,2 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Школа № 1 S=1110 м²

$$Q_{от}^{год} = 24 \cdot 0,1565 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 401,8 \text{ Гкал/год} = 467,3 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Годовой расход тепла на вентиляцию рассчитывается по формуле (4.7):

$$Q_{в}^{год} = 24 \cdot Q_{в}^{max} \cdot \frac{t_{в} - t_{ср.о}}{t_{в} - t_{н}} \cdot n_0, \quad (4.7)$$

где $Q_{в}^{max}$ – максимальный часовой расход тепла на вентиляцию здания;
 $t_{ср.о}$ – температура наружного воздуха средняя за отопительный период;
 $t_{в}$ – средняя температура воздуха в помещениях отапливаемого здания;
 $t_{н}$ – расчётная температура воздуха для проектирования вентиляции;
 n_0 – продолжительность отопительного периода.

Детский сад № 1 S=2400 м²

$$Q_{от}^{год} = 24 \cdot 0,0547 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 140 \text{ Гкал/год} = 162,8 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Детский сад № 2 S=590 м²

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$Q_{от}^{год} = 24 \cdot 0,0134 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 34 \text{ Гкал/год} = 39,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Школа № 1 S=1110 м²

$$Q_{от}^{год} = 24 \cdot 0,0506 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 218 = 129 \text{ Гкал/год} = 150 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Годовой расход тепла на ГВС рассчитывается по формуле (4.8):

$$Q_h = m \cdot g_{u,m}^h \cdot c \cdot \rho \cdot [(t_h - t_c^3) \cdot Z_3 + \beta \cdot (t_h - t_c^l) \cdot Z_l] \cdot 10^{-9}, \quad (4.8)$$

где $g_{u,m}^h$ – норма расхода горячей воды в средние сутки, л/сут,

t_h - средняя температура горячей воды, принимается равной 70 °С;

c - удельная теплоемкость горячей воды, 1 ккал/(кг·°С);

ρ - плотность горячей воды, принимается равной 1 кг/л;

t_c^3 - температура холодной (водопроводной) воды в отопительном периоде, принимается при отсутствии данных 5 °С;

t_c^l - температура холодной (водопроводной) воды в неотопительном периоде, принимается при отсутствии данных 15 °С;

Z_3, Z_l - продолжительность работы системы горячего водоснабжения соответственно в отопительном и неотопительном периодах, сут., (для жилого сектора и магазинов $Z_3 = 218, Z_l = 133$, для садика $Z_3 = 146, Z_l = 85$);

m – количество потребителей;

$\beta=0,8$ – коэффициент, учитывающий изменение расхода воды на горячее водоснабжение в неотопительный период по отношению к отопительному.

Многоквартирный жилой дом №1, 8 этажей S=7750 м²

$$Q_h = 300 \cdot 115 \cdot 1 \cdot 1 \cdot [(70 - 5) \cdot 218 + 0,8 \cdot (70 - 15) \cdot 133] \cdot 10^{-9} = 738,3 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Многоквартирный жилой дом №2, 8 этажей S=7750 м²

$$Q_h = 300 \cdot 115 \cdot 1 \cdot 1 \cdot [(70 - 5) \cdot 218 + 0,8 \cdot (70 - 15) \cdot 133] \cdot 10^{-9} = 738,3 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Многоквартирный жилой дом №3, 8 этажей S=7235 м²

$$Q_h = 250 \cdot 115 \cdot 1 \cdot 1 \cdot [(70 - 5) \cdot 218 + 0,8 \cdot (70 - 15) \cdot 133] \cdot 10^{-9} = 615,2 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Детский сад № 1 S=2400 м²

$$Q_h = 150 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 1 \cdot [(70 - 5) \cdot 146 + 0,8 \cdot (70 - 15) \cdot 85] \cdot 10^{-9} = 62,8 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Детский сад № 2 S=590 м²

$$Q_h = 80 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 1 \cdot [(70 - 5) \cdot 146 + 0,8 \cdot (70 - 15) \cdot 85] \cdot 10^{-9} = 33,3 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Школа № 1 S=1110 м²

$$Q_h = 300 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 1 \cdot [(70 - 5) \cdot 146 + 0,8 \cdot (70 - 15) \cdot 85] \cdot 10^{-9} = 125,6 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Для остальных потребителей расчет проводится аналогично. Полученные результаты сведем в таблицу (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Годовые расходы тепловой энергии по видам теплоснабжения

Наименование потребителя	Расход тепла, МВт·ч (Гкал)			Итого МВт·ч (Гкал)
	Отопление	Вентиляция	ГВС	
1	2	3	4	5
многоквартирный жилой дом №1	1162,49 (999,56)	-	738,272 (634,8)	1900,76 (1634,363)
многоквартирный жилой дом №2	1162,49 (999,56)	-	738,272 (634,8)	1900,76 (1634,363)
многоквартирный жилой дом №3	1085,24 (933,14)	-	615,227 (529)	1700,47 (1462,141)
многоквартирный жилой дом №4	1085,24 (933,14)	-	615,227 (529)	1700,47 (1462,141)
многоквартирный жилой дом №5	1085,24 (933,14)	-	615,227 (529)	1700,47 (1462,141)
многоквартирный жилой дом №6	1109,99 (954,42)	-	664,445 (571,32)	1774,44 (1525,742)
многоквартирный жилой дом №7	1109,99 (954,42)	-	664,445 (571,32)	1774,44 (1525,742)
многоквартирный жилой дом №8	1109,99 (954,42)	-	664,445 (571,32)	1774,44 (1525,742)
многоквартирный жилой дом №9	1109,99 (954,42)	-	664,445 (571,32)	1774,44 (1525,742)
многоквартирный жилой дом №10	1062,74 (913,79)	-	578,313 (497,26)	1641,06 (1411,054)
многоквартирный жилой дом №11	1062,74 (913,79)	-	578,313 (497,26)	1641,06 (1411,054)
многоквартирный жилой дом №12	1062,74 (913,79)	-	578,313 (497,26)	1641,06 (1411,054)

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5
многоквартирный жилой дом №13	1062,74 (913,79)	-	578,313 (497,26)	1641,06 (1411,054)
многоквартирный жилой дом №14	1062,74 (913,79)	-	578,313 (497,26)	1641,06 (1411,054)
Детский сад № 1	505,207 (434,4)	162,82 (140)	62,802 (54)	730,829 (628,4)
Детский сад № 2	124,208 (106,8)	39,542 (34)	33,262 (28,6)	197,012 (169,4)
Школа № 1	467,293 (401,8)	150,027 (129)	125,604 (108)	742,924 (638,8)
Итого	16431,1047 (14128,207)	352,389 (303)	9093 (7818,78)	25876,735 (22249,987)
Всего с учетом потерь в тепловых сетях (5%)	17252,7 (14834,61)	370,008 (318,15)	9547,9 (8209,72)	27170,6 (23362,48)

4.4 Тепловая нагрузка в отопительный период

Определим зависимость тепловой нагрузки от температуры наружного воздуха
Нагрузка на отопление при $t_H = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ (4.9):

$$Q_{\text{от}}^{+8} = Q_{\text{от}} \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{\text{н.о.}}}, \quad (4.9)$$

$$Q_{\text{от}}^{+8} = 6,72 \cdot \frac{20 - 8}{20 - (-34)} = 1,49 \text{ МВт}$$

Нагрузка на вентиляцию при $t_H = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ (4.10):

$$Q_B^{+8} = Q_B \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{\text{н.о.}}}, \quad (4.10)$$

$$Q_B^{+8} = 0,145 \cdot \frac{20 - 8}{20 - (-34)} = 0,032 \text{ МВт}$$

Суммарная тепловая нагрузка (4.11):

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{от}} + Q_B + Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}, \quad (4.11)$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

При $t_n = 8 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q_\Sigma = 1,49 + 0,032 + 3,21 = 4,74 \text{ МВт}$$

Для остальных температур наружного воздуха тепловые нагрузки рассчитываются аналогично. Результаты для расчета других температур представлены в таблице (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Сводная таблица тепловой нагрузки при различных значениях температуры наружного воздуха

$t_n, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_v, \text{ }^\circ\text{C}$	Часовой расход теплоты, МВт			$Q_\Sigma, \text{ МВт}$
		Отопление	Вентеляция	ГВС	
-34	20	6,71950	0,14490	3,2122	10,07660
-30		6,22176	0,13417	3,2122	9,56813
-26		5,72402	0,12343	3,2122	9,05965
-22		5,22628	0,11270	3,2122	8,55118
-18		4,72854	0,10197	3,2122	8,04270
-14		4,23080	0,09123	3,2122	7,53423
-10		3,73306	0,08050	3,2122	7,02576
-6		3,23531	0,06977	3,2122	6,51728
-2		2,73757	0,05903	3,2122	6,00881
0		2,48870	0,05367	3,2122	5,75457
8		1,49322	0,03220	3,2122	4,73762

Используя данные из таблицы 4.5, построим график тепловой нагрузки в отопительный период (рисунок 4.1).

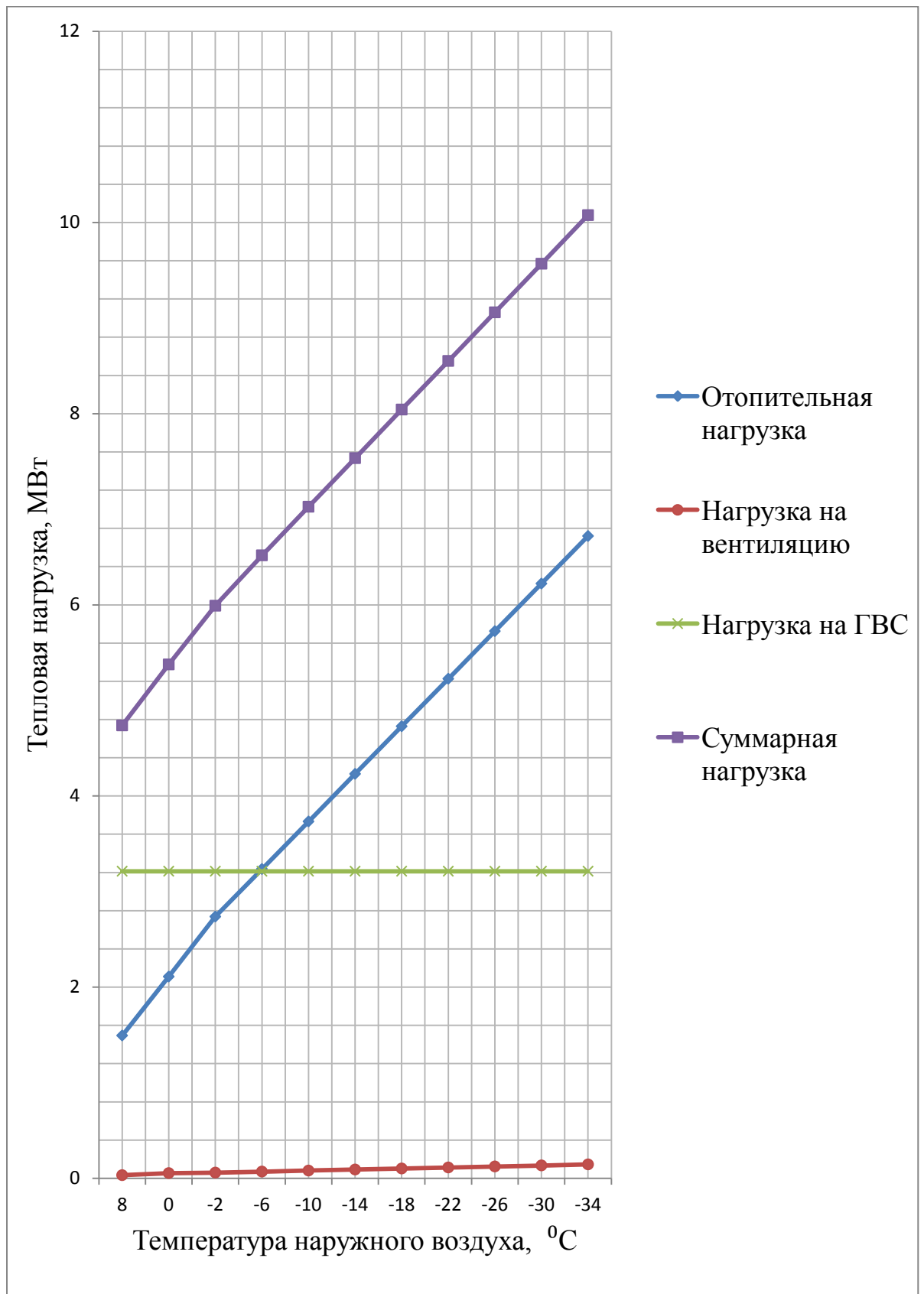


Рисунок 4.1 – График тепловой нагрузки в отопительный период

Построим график (рисунок 4.2) продолжительности тепловой нагрузки. Для этого воспользуемся исходными данными (см. таблицы 4.1 и 4.3).

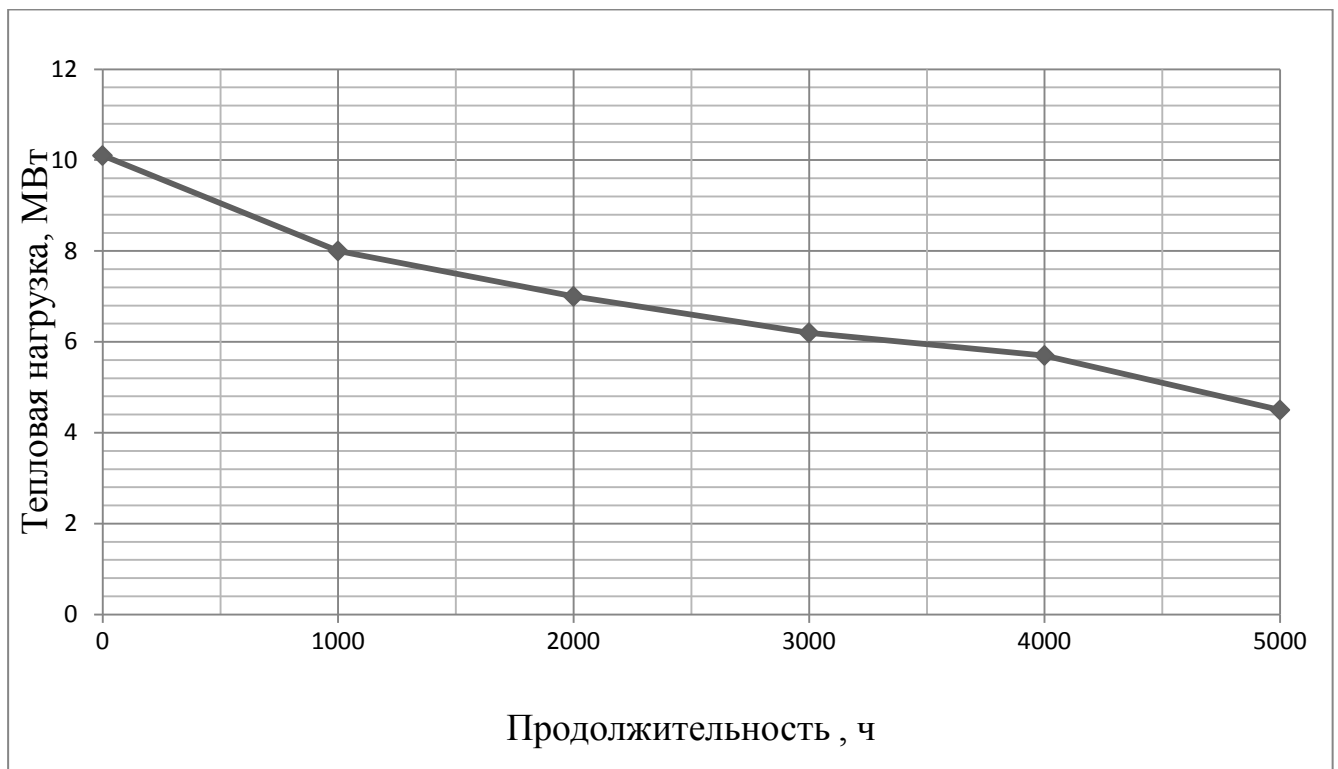


Рисунок 4.2 – График продолжительности тепловой нагрузки

4.5 Расчет температур теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха

Значения температур сетевой воды в зависимости от температур наружного воздуха определяются методом регулирования тепловых нагрузок и температурным графиком тепловой сети. В данном случае – качественное регулирование по отопительной нагрузке в закрытой системе теплоснабжения при температурном графике теплосети 95/70 °С.

Независимо от метода регулирования тепловых нагрузок необходимо учитывать, что при любых температурах наружного воздуха температура сетевой воды в подающем трубопроводе не может опускаться ниже заданной $t_g=65$ °С. Поэтому при определенной температуре наружного воздуха происходит смена метода регулирования с качественного на количественное.

Температуры воды в подающем трубопроводе (4.12):

$$t_{01} = t_g + \Delta t_0' \cdot Q_0''^{0,8} \cdot (\delta t_0' - 0,5 \cdot \theta_0'), \quad (4.12)$$

Температуры воды в обратном трубопроводе (4.13):

$$t_{02} = t_g + \Delta t_0' \cdot Q_0''^{0,8} - 0,5 \cdot Q_0'' \cdot \theta_0', \quad (4.13)$$

где $\Delta t'_0$ – температурный напор отопительного прибора при расчетном режиме;
 Q_0'' – относительная величина нагрузки отопления;
 $\delta t'_0$ – расчетное значение температуры в подающем трубопроводе;
 θ'_0 – перепад температур в узле смешения при расчетном режиме;
 $t'_{01} = 90^\circ C$ – расчетная температура воды в подающем трубопроводе;
 $t'_{02} = 70^\circ C$ – расчетная температура воды в обратном трубопроводе;
 $t'_{03} = 90^\circ C$ – температура воды в стояке местной системы после смешения на вводе.

Температурный напор отопительного прибора при расчетном режиме (4.14)

$$\Delta t'_0 = \frac{t'_{03} + t'_{02}}{2} - t'_e, \quad (4.14)$$

$$\Delta t'_0 = \frac{90 + 70}{2} - 20 = 60 \text{ } ^\circ C$$

Относительная величина нагрузки отопления (4.15)

$$Q_0'' = \frac{t'_B + t'_H}{t'_B - t'_{HO}}, \quad (4.15)$$

$$Q_0 = 95,59 \cdot \frac{20 - 8}{8 + 34} = 21,24 \text{ МВт}$$

Расчетное значение температуры в подающем трубопроводе (4.16)

$$\delta t'_0 = t'_{01} - t'_{02}, \quad (4.16)$$

$$\delta t'_0 = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ C$$

Перепад температур в узле смешения при расчетном режиме

$$\theta'_0 = t'_{03} - t'_{02}, \quad (4.17)$$

$$\theta'_0 = 90 - 70 = 20 \text{ } ^\circ C$$

Относительная величина нагрузки отопления и температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе для разных температур наружного воздуха представлены в таблице 4.6

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4.6-Температура сетевой воды

t_n °C	+8	0	-5	-9,4	-10	-15	-15,8	-20	-25	-30	-34
Q_0''	0,222	0,37	0,463	0,544	0,556	0,648	0,663	0,741	0,833	0,926	1
t_{01} °C	46,3	52,7	59,3	65	65,8	72,1	73,1	78,3	84,4	90,3	95
t_{02} °C	35,8	43,4	47,8	51,4	51,9	55,9	56,6	59,8	63,5	67,2	70

По данным из таблицы (см. таблицу 4.6) составим график температуры теплоносителя при качественном регулировании рисунок (4.3).

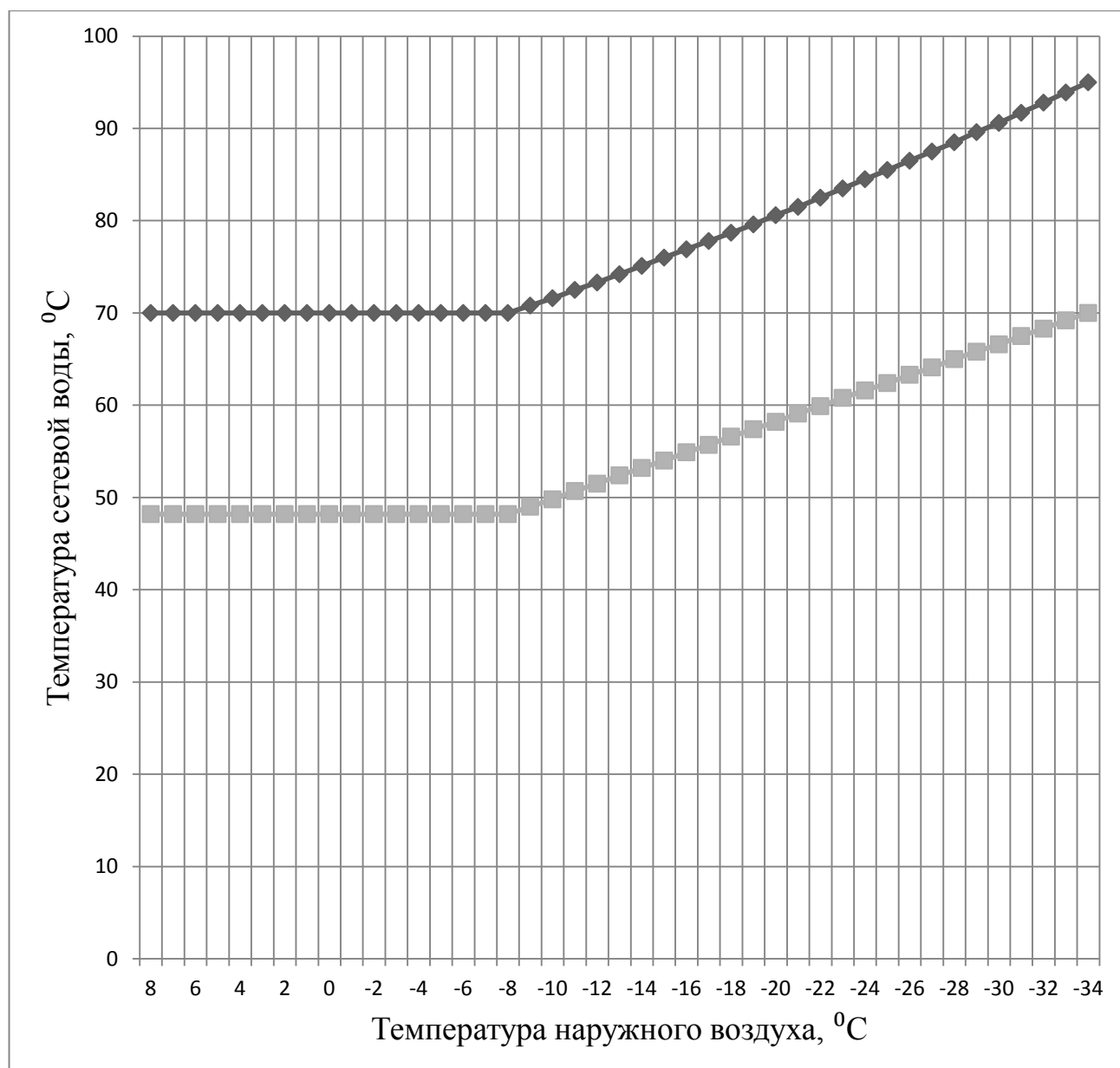


Рисунок 4.3 – Температуры теплоносителя при качественном регулировании по отопительной нагрузке в закрытой системе теплоснабжения

По графику определяем необходимые для проведения центрального регулирования температуры наружного воздуха и соответствующие им температуры срезки графика: $t_{ни} = 3,2 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_{01}'' = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_{02}'' = 45 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{но} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$.

Расход воды на отопление, G'_0 , будет неизменным при любой температуре в диапазоне температур от $t_{ни} = 3,2 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_{но} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$ определяется по формуле (4.18):

$$G_0 = \frac{Q_0'}{h_{01}' - h_{02}'}, \quad (4.18)$$

Энтальпия сетевой воды при данных температурах:

– в подающем трубопроводе: $h_{01}' = 632,2 \text{ кДж/кг}$;

– в обратном трубопроводе: $h_{02}' = 292,97 \text{ кДж/кг}$;

$$G_0 = \frac{95,59 \cdot 10^3}{632,2 - 292,97} = 281,8 \text{ кг/с}$$

При $t_n > t_{ни}$ происходит смена регулирования на источнике теплоты с качественного регулирования на количественное. В этом диапазоне температур расход на отопление уменьшается от G'_0 при $t_{ни}$ до $G_0^{+8} t_n = +8 \text{ }^\circ\text{C}$.

При температуре больше чем $t_{ни}$ расход сетевой воды на отопление рассчитывается с учетом срезки температурного графика, определим расход для температуры $t_n = +8 \text{ }^\circ\text{C}$ по формуле (4.19):

$$G_0^{+8} = \frac{Q_0^{+8}}{c_p \cdot (\tau_{01}'' - \tau_{02}'')}, \quad (4.19)$$

$$G_0 = \frac{21,24 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 45)} = 202,8 \text{ кг/с}$$

Потребность в горячем водоснабжении существует круглый год. В диапазоне температур наружного воздуха от $t_n = +8 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_{ни} = 3,2 \text{ }^\circ\text{C}$ расход воды на ГВС определяется по формуле (4.20):

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$G_{zbc}^{+8} = \frac{(Q_{zbc}^{расч})_3}{c_p \cdot (\tau_{01}'' - \tau_{02}'')}, \quad (4.20)$$

$$G_{zbc}^{+8} = \frac{8,84 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70 - 45)} = 84,33 \text{ кг/с}$$

В диапазоне температур наружного воздуха от $t_{ни} = 3,2 \text{ }^\circ\text{C}$ до $<t_{но}$ расход воды на ГВС определяется по формуле (4.21):

$$G_{zbc} = \frac{(Q_{zbc}^{расч})_3}{c_p \cdot (\tau_{01}'' - \tau_{02}'')}, \quad (4.21)$$

$$G_{zbc} = \frac{8,83 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (73,23 - 43,6)} = 71,15 \text{ кг/с}$$

Формула справедлива для любых температур сетевой воды с указанным диапазоне температур наружного воздуха. В этом случае рассчитаем расход на ГВС для $t_{но} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, остальные результаты сведем в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Сводная таблица расходов сетевой воды при центральном регулировании на источнике теплоты по отопительной нагрузке в закрытых системах теплоснабжения

$t_b, \text{ }^\circ\text{C}$	-34	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	3,2	5	8
$G_0, \text{ кг/с}$	281,8	281,8	281,8	281,8	281,8	281,8	281,8	281,8	281,8	253,5	202,8
$G_{ГВС}, \text{ кг/с}$	26,35	28,46	31,62	35,58	40,66	47,43	56,9	71,15	84,33	84,33	84,33
$G_\Sigma, \text{ кг/с}$	307,8	310,3	313,4	317,4	322,5	329,2	338,7	352,9	366,1	337,8	287,1

По данным из таблицы (см. таблицу 4.7) расходов сетевой воды при центральном регулировании составим график расходов сетевой воды (рисунок 4.4).

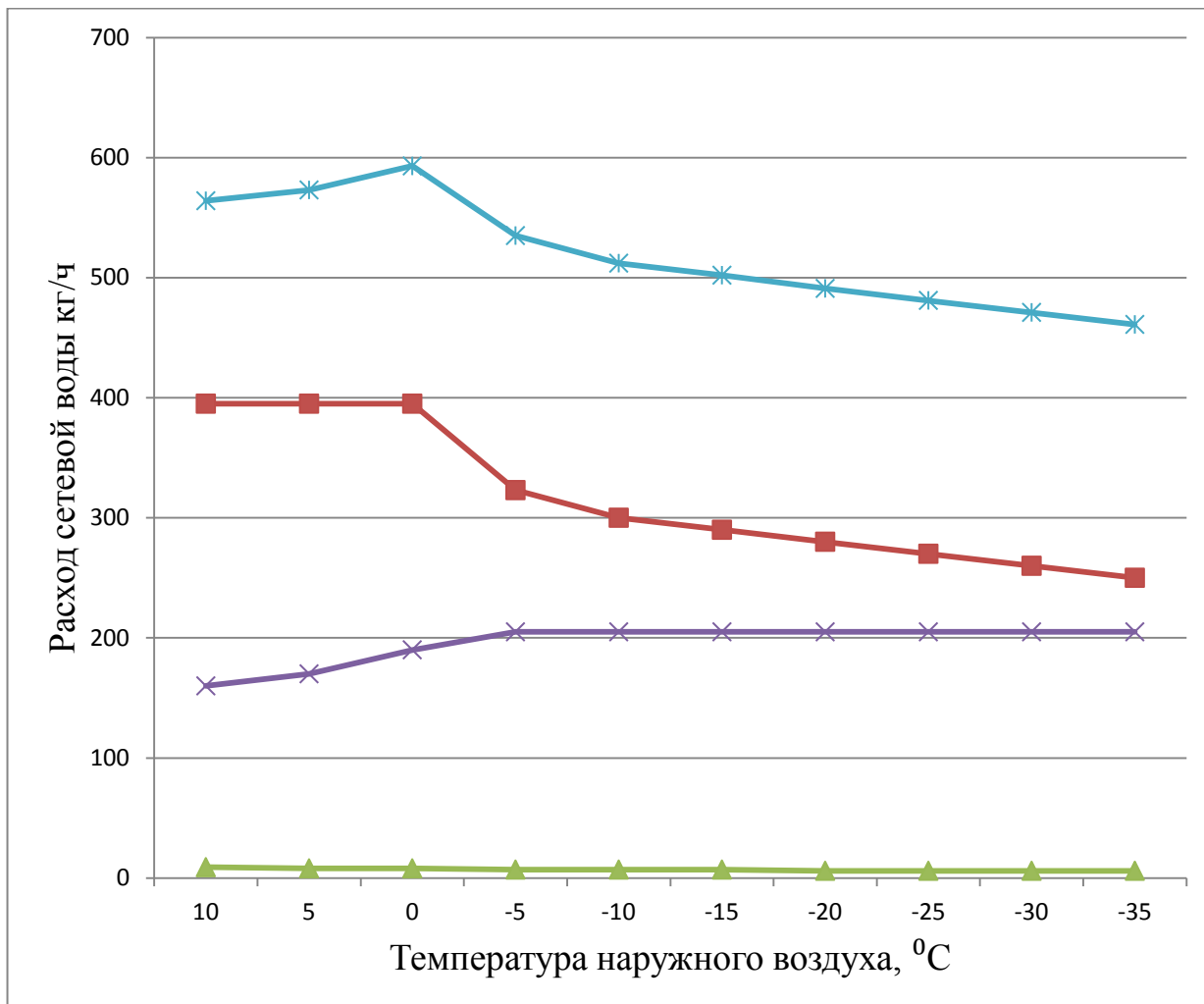


Рисунок 4.4 – График расходов сетевой воды

4.6 Поверочный тепловой расчет котельного агрегата

Целью теплового поверочного расчета является определение температуры воды, воздуха и продуктов сгорания на границах между поверхностями нагрева на выходе из котла, КПД котла, расход топлива [39]. В результате расчета получают данные, необходимые для выбора вспомогательного оборудования и выполнения гидравлических, аэродинамических и прочностных расчетов.

Основные исходные данные:

- номинальная теплопроизводительность $Q=1,5$ МВт
- температура воды на входе 70 °C
- энтальпия воды на входе $i=293,3$ кДж/кг
- температура воды на выходе 115 °C
- энтальпия воды на выходе $i=481,85$ кДж/кг
- топливо – природный газ – месторождение Бухара-Урал:

$CH_4=94,2\%$

$C_2H_6=3\%$

$C_3H_8=0,89\%$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР

Лист

34

$$C_4H_{10}=0,39\%$$

$$C_5H_{12}=0,17\%$$

$$C_6H_{14}=0,13\%$$

$$N_2=0,9\%$$

$$CO_2=0,28\%$$

Низшая теплота сгорания газа: $Q_{нр}=37,56 \text{ МДж/м}^3$

4.6.1 Состав и количество продуктов сгорания

Теоретически необходимый объем воздуха при $\alpha = 1 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ для газообразного топлива (4.22):

$$V^0 = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum (m + 0,25 \cdot n) \cdot C_m H_n - O_2] \quad (4.22)$$

где m,n – числа атомов углерода и водорода в химической формуле углеводородов, входящих в состав топлива.

$$V^0 = 0,0476 \cdot [(1+1) \cdot 94,2 + (2+1,5) \cdot 3 + (3+2) \cdot 0,89 + (4+2,5) \cdot 0,39 + (5+3) \cdot 0,17 + (6+3,5) \cdot 0,13] = 9,904 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем продуктов сгорания при $\alpha = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ [8]:

- объем трехатомных газов (4.23):

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot [CO_2 + CO + \sum m \cdot C_m H_n] \quad (4.23)$$

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot [0,4 + 1 \cdot 94 + 2 \cdot 3 + 3 \cdot 0,89 + 4 \cdot 0,39 + 5 \cdot 0,17 + 6 \cdot 0,13] = 1,06 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- объем двухатомных газов (4.24):

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot N_2, \quad (4.24)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 9,904 + 0,01 \cdot 0,9 = 7,833 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- объем водяных паров (4.25):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{z.мл.}] + 0,0161 \cdot V^0, \quad (4.25)$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

где $d_{з.мл.}$ – влагосодержание топлива, отнесенное к 1 м³ сухого газа.

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [0,5 \cdot 4 \cdot 94 + 0,5 \cdot 6 \cdot 3 + 0,5 \cdot 8 \cdot 0,89 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,39 + 0,5 \cdot 12 \cdot 0,17 + 0,5 \cdot 14 \cdot 0,13 + 0,124 \cdot 10] + 0,0161 \cdot 9,904 = 2,215 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева приведена в таблице 4.8

Таблица 4.8 – Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева

Обозначение величины	Ед. изм.	Топка	Конвективный пучок
Коэффициент избытка воздуха за газоходом, α''	-	1,05	1,15
Коэффициент избытка воздуха средний, α_{cp}	-	1,05	1,125
$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0$	м3/м3	8,328	9,071
$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0$	м3/м3	2,294	2,234
$V_2 = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O}$	м3/м3	11,684	12,367
$r_{RO_2} = V_{R_2} / V_2$	-	0,09	0,086
$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_2$	-	0,196	0,18
$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	-	0,28	0,266

Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах приведено в таблице 4.9

Таблица 4.9 – Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах

$\vartheta, \text{ }^\circ\text{C}$	$I_g^0, \text{ КДж/м}^3$	$I_2^0, \text{ КДж/м}^3$	$I = I_2^0 + (\alpha'' - 1) \cdot I_g^0, \text{ КДж/м}^3$			
			$\alpha_m'' = 1,05$		$\alpha_{kn}'' = 1,15$	
			I	ΔI	I	ΔI
1	2	3	4	5	6	7
2200	33664	41586	43269		46636	
2000	30346	37369	38887	4383	41921	4714
1800	27028	33200	34551	4336	37254	4667
1600	23799	29083	30273	4278	32653	4601
1400	20561	25047	26075	4198	28131	4522
1200	17372	21053	21921	4154	23658	4473
1000	14222	17216	17927	3994	19350	4309
800	11192	13435	13994	3933	15113	4236
600	8220	9815	10226	3769	11048	4066

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7
400	5368	6384	6653	3573	7190	3858
300	3991	4727	4926	1727	5325	1864
200	2634	3113	3245	1681	3508	1817
100	1307	1544	1610	1635	1740	1768

4.6.2 Тепловой баланс котла и расчет расхода топлива

Расчет теплового баланса и расчет расхода топлива рассчитаны в таблице 4.10

Таблица 4.10 - Расчет теплового баланса котла и расхода топлива

Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Ед. изм.	Расчет
1	2	3	4	5
Располагаемая теплота топлива	Q_p^p	$Q_H^p + Q_{B.VH} + i_{TL}$	КДж/кг	$37560 + 0 + 0 = 37560$
Температура уходящих газов	ϑ_{yx}	По паспорту котла [44]	°С	155
Энтальпия уходящих газов	I_{yx}	По таблице 4.5.	КДж/м ³	2036,85
Температура холодного воздуха	$t_{xв}$	По выбору	°С	10
Потери тепла с уходящими газами	q_2	$\frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} I_{xв}) \cdot (100 - q_4)}{Q_p^p}$	%	$\frac{(2036,8 - 1,05 \cdot 128,7)}{37560} = 4,8$
Потери тепла в окр. среду	q_5	[36, табл. 3-1]	%	1,1
Потери тепла от химич. недожога	q_3	По паспорту котла	%	0
Сумма тепловых	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	$4,8 + 0 + 0 + 1,1 = 5,9$

Продолжение таблицы 4.10

1	2	3	4	5
Коэффициент сохранения тепла	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta_{ка} + q_5}$	-	$1 - \frac{1,1}{94,1 + 1,1} = 0,988$
Температура питательной воды на входе в котел	t'	По техническим характеристикам котла [44]	°C	70
Энтальпия питательной воды на входе	i'	$i' = t' \cdot 4,19$	КДж/кг	293,3
Температура питательной воды на выходе из котла	t''	По техническим характеристикам котла [44]	°C	115
Энтальпия питательной воды на выходе из котла	i''	$i'' = t'' \cdot 4,19$	КДж/кг	481,85
КПД котла	$\eta_{ка}$	$100 - \sum q$	%	$100 - 5,9 = 94,1$
Расход питательной воды через котел	G	$\frac{Q_{ка} \cdot 10^3}{(i'' - i')}$	кг/с	$\frac{1,5 \cdot 10^3}{(481,85 - 293,3)} = 7,95$
Полный расход топлива	B	$\frac{Q_{ка}}{\eta_{ка} \cdot Q_p^p}$	м ³ /с	$\frac{1,5 \cdot 10^3}{0,941 \cdot 37560} = 0,042$
Расчетный расход топлива	B_p	$B \cdot \frac{100 - q_4}{100}$	м ³ /с	$0,042 \cdot \frac{100}{100} = 0,042$

4.6.3 Поверочный расчет топки

Поверочный расчет топки рассчитан в таблице 4.11

Таблица 4.11 – Поверочный расчет топки

Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Ед. изм.	Расчет
1	2	3	4	5
Объем топочной камеры	V_m	По конструктивным характеристикам котла [44]	м ³	4,69
Полная поверхность стен топочной камеры	F_{cm}	По конструктивным характеристикам котла [44]	м ²	13,45
Объем топочной камеры	V_m	По конструктивным характеристикам котла [44]	м ³	4,69
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	H_l	По конструктивным характеристикам котла [44]	м ²	5,78
Коэффициент загрязнения	ξ	По таблице 5-2 [36]	-	0,65
Коэффициент загрязнения	ξ	По таблице 5-2 [36]	-	0,65
Коэффициент тепловой эффективности экранов	ψ	$\xi \cdot \frac{H_l}{F_{cm}}$	-	$0,65 \cdot \frac{5,78}{13,45} = 0,28$
Эффективная толщина излучающего слоя	S	$3,6 \cdot \frac{V_m}{F_{cm}}$	м	$3,6 \cdot \frac{4,69}{13,45} = 1,25$
Объемная доля водяных паров	r_{H_2O}	По таблице 4.4	-	0,196

Продолжение таблицы 4.11

1	2	3	4	5
Объемная доля трехатомных газов	r_{RO_2}	По таблице 4.4	-	0,09
Поглощательная способность газов	$P_n \cdot S$	$P \cdot r_n \cdot S$	м·МПа	$0,1 \cdot 0,28 \cdot 1,25 = 0,035$
Температура газов на выходе из топки	g_m''	Принимается	оС	1000
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m''	По таблице 4.5	КДж/м3	17927
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_z	По номограмме 5-5 [36]		9
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся трехатомных газов	$k_{\text{нсв}}$	$k_z \cdot r_n$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$9 \cdot 0,28 = 2,52$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{\text{нсв}} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$2,52 \cdot 0,1 \cdot 1,25 = 0,315$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	$a_{\text{нсв}}$	По номограмме 5-4 [36]	-	0,3
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	По таблице 4.5	-	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_{\text{в}}$	$I_{\text{хв}} \cdot \alpha_m$	КДж/м3	$128,75 \cdot 1,05 = 135,18$

Окончание таблицы 4.11

1	2	3	4	5
Полезное тепловыделение в топке	Q_m		КДж/м ³	$37560 + 135,18 = 37695,98$
Коэффициент ослабления лучей сажистыми частицами	$k_{саж}$	$0,3(2 - \alpha_m)$	-	$0,3(2 - 1,05) \cdot (1,6 \cdot 1,273 - 0,5) \cdot 3,02 = 1,322$
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_z \cdot r_n + k_{саж}$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$9 \cdot 0,28 + 1,322 = 3,842$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{св} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$3,842 \cdot 0,1 \cdot 1,25 = 0,48$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	$a_{св}$	По номограмме 5-4 [36]	-	0,38
Видимое теплонапряжени е	q_v	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	кВт/м ³	$\frac{0,042 \cdot 37560}{4,69} = 336,35$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	m	Методом интерполяции	-	0,25
Эффективная степень черноты факела	a_ϕ	$m \cdot a_{св} + (1 - m) \cdot a_{нсв}$	-	$0,25 \cdot 0,38 + (1 - 0,25) \cdot 0,3 = 0,32$
Коэффициент избыткавоздуха в топке	α_m	По таблице 4.5	-	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_в$	$I_{хв} \cdot \alpha_m$	КДж/м ³	$128,75 \cdot 1,05 = 135,18$
Полезное теплоеление в	Q_m	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_в$	КДж/м ³	$37560 + 135,18 = 37695,98$

5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Отопительные и производственно-отопительные котельные, работающие на природном газе, теряют с уходящими продуктами сгорания значительное количество теплоты. Одним из наиболее перспективных направлений экономии органического топлива является использование теплоты продуктов сгорания природного газа для технологических нужд предприятия и теплоснабжения.

Отсутствие в продуктах сгорания природного газа соединений серы дает возможность применять в качестве теплоутилизаторов теплообменные аппараты контактного типа. Их основным преимуществом является возможность использования теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах, что позволяет повысить коэффициент использования топлива.

При снижении температуры уходящих газов ниже температуры точки росы происходит конденсация водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, что дополнительно позволяет использовать скрытую теплоту парообразования. При сжигании 1 м³ природного газа образуется более 2 м³ водяных паров. В этом случае полная конденсация водяных паров позволяет получить дополнительно значительное количество теплоты, ранее теряемой с уходящими газами.

Снижение потерь теплоты с уходящими газами путем применения традиционных поверхностных теплообменников связано с большими габаритными размерами, металлоемкостью и высокой стоимостью теплоутилизационных установок. При относительно невысоких температурах продуктов сгорания за теплотехнологическими агрегатами при использовании контактных теплообменников типа КТАН достигается глубокая утилизация теплоты как за счет снижения температуры уходящих газов, так и за счет использования дополнительного количества теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в газах.

5.1 Контактный теплообменник с активной насадкой

КТАН-утилизатор является аппаратом рекуперативно-смесительного типа и предназначен для утилизации теплоты парогазовых потоков технологического и теплоэнергетического оборудования, может использоваться как подогреватель, устройство для очистки газов и др. Он состоит из системы орошения, активной насадки, выполненной в виде пучка водоохлаждаемых труб, закрепленных в трубных досках, и сепарационного устройства (рис. 1).

В КТАНе протекают два независимых друг от друга потока воды:

- 1) чистая, подогреваемая через теплопередающую поверхность;
- 2) орошающая, нагреваемая в результате непосредственного контакта с уходящими газами.

Чистый поток воды протекает внутри трубок. Принципиальная схема КТАНа приведена на рисунке 5.1.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

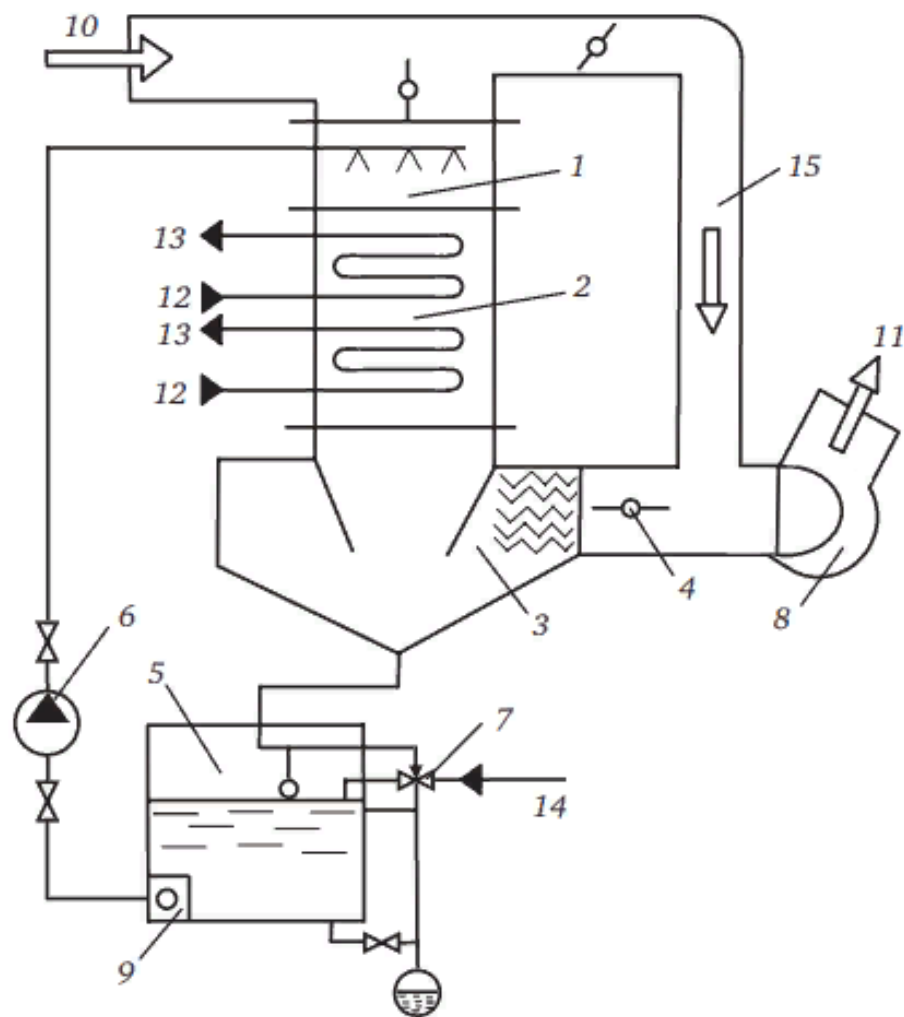


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема КТАН-утилизатора:

1- система орошения; 2- блок насадок; 3- сепаратор; 4- заслонка; 5- бак орошающей воды и конденсата водяных паров; 6- насос; 7- регулятор уровня; 8- дымосос; 9- фильтр; 10,11- вход и выход дымовых газов; 12,13- вход и выход нагреваемой воды; 14- заполнение системы орошения; 15- байпасный газоход

Пучок трубок выполняет функцию насадки, предназначенной для создания развитой поверхности контакта орошающей воды и уходящих газов.

Поверхность нагрева, внутри которой циркулирует чистый поток воды, снаружи орошаемая капельным теплоносителем и омываемая газами, одновременно участвующая в теплообмене, называется активной насадкой (по сравнению с традиционными насадками, например, из колец Рашига). Наружная поверхность насадки в КТАНе омывается газами и орошающей водой, что интенсифицирует теплообмен в аппарате. Теплота уходящих газов в КТАНе передается воде, протекающей внутри трубок активной насадки, двумя путями:

- 1) за счет непосредственной передачи теплоты газов и орошающей воды;
- 2) за счет конденсации части водяных паров, содержащихся в газах, на поверхности насадки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР

Лист

43

Температура орошающей жидкости на входе и выходе из аппарата остается постоянной. Конечная температура нагреваемой воды на выходе из насадки ограничена температурой мокрого термометра газов. При сжигании природного газа с коэффициентом избытка воздуха 1...1,5 температура мокрого термометра уходящих газов составляет 55...65 оС. Поэтому температура нагреваемой воды на выходе из активной насадки в расчетах принимается равной 50 оС. Газы, пройдя насадку, поступают в сепарационное устройство, где капли воды отделяются от дымовых газов. Из аппарата дымовые газы выходят с относительной влажностью 95...100 %, что не исключает возможности конденсации водяных паров из газов в газоотводящем тракте после КТАНа. Для устранения этого необходимо подогревать охлажденные газы путем их смешивания с частью уходящих газов, перепускаемых помимо КТАНа.

Для бесперебойной подачи орошающей воды устанавливают бак и насос. Орошающая вода и конденсат водяных паров из продуктов сгорания собираются в нижней части КТАНа и самотеком стекают в сборный бак. Из сборного бака орошающая вода насосом подается к форсункам системы орошения. Отделение капельной влаги от газов и отвод ее из аппарата осуществляется через сепарационное устройство.

В КТАНе применен прямоток газов и орошающей воды, что позволяет осуществлять движение газов со скоростями до 10 м/с, при этом КТАН обладает достаточно низким аэродинамическим сопротивлением (примерно 300 Па).

Одновременно с процессами теплообмена в КТАНе происходит очистка утилизируемых газов от механических примесей неполного сгорания топлива, которые улавливаются орошающей жидкостью, собираются в баке-отстойнике и периодически удаляются. Может быть проведена селективная очистка от газовых компонентов в зависимости от состава орошающей жидкости.

5.2 Утилизация теплоты уходящих газов в газифицированных котельных

Газообразное топливо является наиболее перспективным для сжигания в котельных установках по ряду показателей. С точки зрения утилизации теплоты уходящих дымовых газов их преимущество в отсутствии окислов серы, механических примесей и высоком влагосодержании.

Отсутствие соединений серы позволяет охлаждать газы до относительно низкой температуры, поскольку точка росы 40-50 °С. Отсутствие механических примесей отличает выбор теплоутилизаторов и облегчает их эксплуатацию. Относительно высокое влагосодержание дымовых газов дает возможность использовать теплоту конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах, и там увеличить эффективность процесса утилизации.

Специфические особенности газа и продуктов сгорания позволяют применять контактные теплообменники, в которых происходит непосредственный теплообмен между дымовыми газами и охлаждающей их водой. Такие теплообменники при достаточно приемлемых габаритах, умеренном расходе металла на их изготовление и сравнительно невысоком расходе электроэнергии

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

при эксплуатации обеспечивают глубокое охлаждение дымовых газов до 40 °С и конденсацию 60-90 % водяных паров, содержащихся в газах.

Но нагрев воды в контактных теплообменниках возможен только до температуры «мокрого термометра», которая составляет 50-60 °С. Температура «мокрого термометра» зависит от влагосодержания дымовых газов и коэффициента избытка воздуха. С уменьшением коэффициента избытка воздуха и увеличением влагосодержания парциальное давление водяных паров в дымовых газах растет, а вместе с ним при прочих равных условиях растет температура «мокрого термометра».

Эффективность контактных экономайзеров снижается с увеличением температуры воды на входе, и применение их рекомендуется при температуре воды на входе не выше 35 °С.

Суммарная нагрузка КТАНов в водогрейных котельных, работающих в закрытых системах теплоснабжения, составляет 35-50 % от возможной теплопроизводительности в зависимости от режима работы котельной.

В котельных, работающих в закрытых системах теплоснабжения, часть утилизированного тепла может быть использована для подогрева обратной сетевой воды в системе теплоснабжения.

Однако в КТАНах подогрев обратной сетевой воды нецелесообразен, так как в течение отопительного сезона температура ее выше или сравнима с максимально возможной температурой подогрева воды в КТАНе.

Разработанный типоряд КТАНов позволяет использовать эту конструкцию в широком диапазоне мощностей за котлами теплопроизводительностью 0,23-116,3 МВт, но эта конструкция нуждается в дополнительной экспериментальной проверке.

В последнее время значительное внимание уделяется разработке мероприятий по утилизации теплоты дымовых газов для котельных мощностью свыше 116,3 МВт. Для средних мощностей преимущественно предлагается использовать подогреватели воды и воздуха. Разработка проектно-конструкторских решений проводилась ВНИПИэнергопромом (Украинское, Бакинское отделения), МИНХ им. Г. В. Плеханова.

В основном, технические решения основаны на применении контактных охладителей уходящих газов и контактных воздухоподогревателей.

Схема утилизации теплоты уходящих дымовых газов для открытой и закрытой систем теплоснабжения с котлами КВГМ-180 приведена на рис. 5.2. На рис. 2, а – уходящие дымовые газы охлаждаются в контактном теплообменнике 3 до 52 °С. Орошающая вода циркулирует в замкнутом контуре, отдавая теплоту в воздухоподогревателе 5 и охлаждаясь от 67,2 до 10 °С. В калорифере 6 производится догрев воздуха на 3-5 °С выше точки росы. С целью более полной утилизации теплоты уходящих газов часть воды из циркуляционного контура проходит через водоводяной теплообменник 4, в котором осуществляется подогрев подпиточной воды с 5 до 52 °С.

В случае работы установки без теплообменника 4 сырая вода после скруббера-охладителя газов 3 отбирается из циркуляционного контура и подается непосредственно на химводоочистку (ХВО) и деаэрацию 2 тепловой сети.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

В летнем режиме воздухоподогреватель отключается вместе с циркуляционным контуром и насосом циркуляции, а вся подпиточная вода после охлаждения газов из скруббера 3 подается на ХВО и деаэрацию.

При максимальной нагрузке, когда выпаривается вода из циркуляционного контура, последний пополняется сырой водой, а при средних нагрузках, когда происходит конденсация водяных паров из продуктов сгорания, они используются для подпитки тепловой сети, что составляет около 6,75 % от расхода подпиточной воды.

Утилизация теплоты уходящих газов котла, работающего на открытую систему теплоснабжения, предусматривает подогрев только подпиточной воды.

Схема утилизации теплоты дымовых газов для открытой тепловой сети показана на рисунке 5.2, б, где нагрев подпиточной воды осуществляется непосредственно в скруббере и при температуре около 60 °С подается в ХВО и деаэрацию тепловой сети.

При необходимости в циркуляционный контур может быть включен промежуточный теплообменник, в котором нагрев подпиточной воды будет производиться с помощью орошающей воды, т.е. подпиточная вода не будет иметь прямого контакта с продуктами сгорания (рис. 5.2, в).

В схеме для открытой системы теплоснабжения вся подпиточная вода подогревается в контактном охладителе газов до температуры около 30 °С и подается на ХВО и деаэрацию. Включение в контур утилизации воздухоподогревателя для открытой тепловой сети нецелесообразно вследствие наличия большого количества воды, достаточного для эффективного охлаждения продуктов сгорания. В случае закрытой системы теплоснабжения ввиду недостаточного количества охлаждающей воды в контур утилизации включен воздухоподогреватель. Опыт работы системы теплоснабжения показал, что при обработке воды на фильтрах в катионитном КУ-2 и вакуумной деаэрацией практически полностью уходят из воды продукты неполного сгорания топлива, растворенные в процессе прохождения воды и газа в контактном экономайзере.

Для снижения коррозионных повреждений в дымовой трубе часть газов по байпасной линии перепускается мимо охладителя газов.

Утилизационное оборудование разрабатывалось как нестандартное применительно к конкретным объектам.

Орошающая вода циркулирует в замкнутом контуре, отдавая теплоту в воздухоподогревателе 5 и охлаждаясь от 67,2 до 10 °С. С целью более полной утилизации теплоты уходящих газов часть воды из циркуляционного контура проходит через водоводяной теплообменник.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

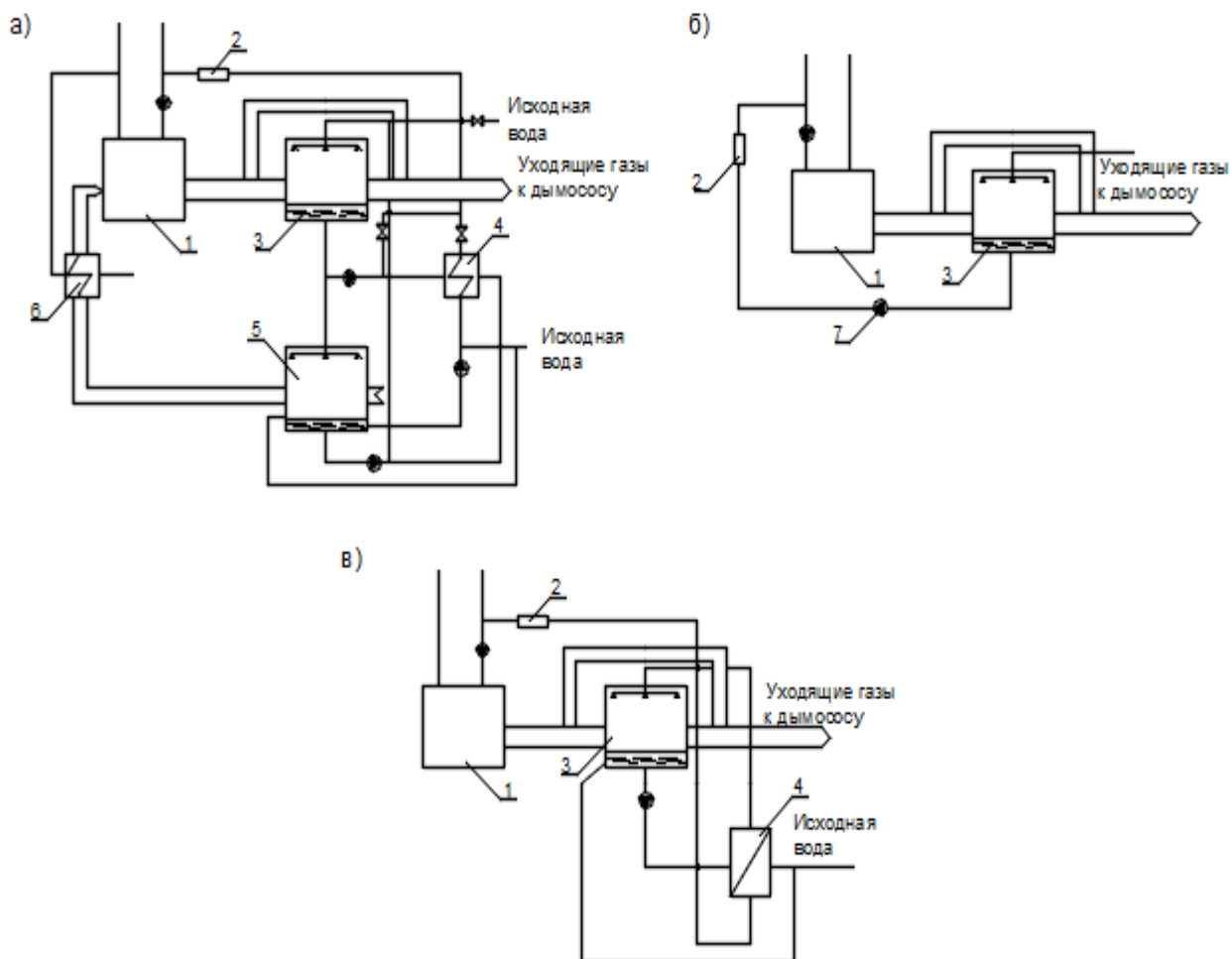


Рисунок 5.2 – Схема утилизации теплоты уходящих газов.

а – для закрытой тепловой сети; б – для открытой тепловой сети; в – для открытой тепловой сети с использованием промежуточного теплообменника; 1 – водогрейный котел; 2 – оборудование ХВО; 3 – контактный охладитель газов; 4 – теплообменник подогрева подпиточной воды; 5 – контактный воздухоподогреватель; 6 – калорифер догрева воздуха; 7 – насос подпиточной воды.

Недостатком использования контактных теплообменников является наличие подогретой орошающей воды, насыщенной углекислотой, нагрев воздуха в отдельном контактном воздухоподогревателе к подаче сильно увлажненного воздуха в топку котла, что приводит к снижению температуры дымовых газов в топке и снижению производительности котла.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6 НАУЧНАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

6.1 Исходные данные

Характеристика котлоагрегата – КВ-ГМ-1,5 приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Характеристики котлоагрегата КВ-ГМ-1,5

Параметр	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Температура газов за котлом	t_2'	$^{\circ}\text{C}$	155
Коэффициент избытка воздуха	α	–	1,15
Теплопроизводительность	Q	МВт	1,5

Характеристики сжигаемого топлива приведены в таблице 6.2

Таблица 6.2 – Характеристика сжигаемого топлива

Параметр	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Низшая теплотворная способность топлива	Q_n^p	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	37560
Плотность сухого топлива	ρ_2^c	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	0,752
Теоретически необходимый объем воздуха для горения 1 м ³ топлива	V^0	$\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$	9,904
Объем азота в продуктах сгорания топлива	V_{N_2}	$\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$	7,833
Объем трехатомных газов в продуктах сгорания топлива	V_{RO_2}	$\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$	1,062
Теоретический объем водяных паров в продуктах сгорания топлива	$V_{H_2O}^0$	$\frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$	2,215
Влагосодержание воздуха, подаваемого на горение	d_e	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	0,01

Характеристика нагреваемого в КТАНе потока воды приведена в таблице 6.3

Таблица 6.3 – Характеристика нагреваемого в КТАНе потока воды

Параметр	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Температура нагреваемой воды на входе в КТАН	t'_g	$^{\circ}\text{C}$	10
Температура нагреваемой воды на выходе из КТАНа	t''_g	$^{\circ}\text{C}$	40

6.2 Расчет параметров дымовых газов

Объем водяных паров в дымовых газах на 1 м^3 топлива при влагосодержании воздуха $d_g = 0,01 \text{ кг/кг}$ (6.1):

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (6.1)$$

$$V_{H_2O} = 2,215 + 0,0161 \cdot (1,15 - 1) \cdot 9,904 = 2,24 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объем дымовых газов на 1 м^3 топлива (6.2):

$$V_2 = V^0 \cdot (\alpha - 1) + V_{H_2O} + V_{RO_2} + V_{N_2}, \quad (6.2)$$

$$V_2 = (1,15 - 1) \cdot 9,904 + 2,24 + 1,0626 + 7,833 = 12,62 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Массовый расход сухих дымовых газов на 1 м^3 топлива (6.3):

$$G_2^c = V_{RO_2} \cdot \rho_{RO_2} + V_{N_2} \cdot \rho_{N_2} + V^0 \cdot \rho_0 \cdot (\alpha - 1), \quad (6.3)$$

где $\rho_{RO_2} = 1,96 \text{ кг/м}^3$ – плотность трехатомного газа,

$\rho_{N_2} = 1,25 \text{ кг/м}^3$ – плотность азота,

$\rho_0 = 1,29 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха.

$$G_2^c = 1,0626 \cdot 1,96 + 7,833 \cdot 1,25 + 9,904 \cdot 1,29 \cdot (1,15 - 1) = 13,79 \text{ кг/м}^3$$

Массовый расход влажных дымовых газов на 1 м^3 топлива при $d_g = 0,01 \text{ кг/кг}$ (6.4):

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$G_2 = \rho_2^c + \rho_0 \cdot \alpha \cdot V^0, \quad (6.4)$$

$$G_2 = 0,752 + 1,29 \cdot 1,15 \cdot 9,904 = 15,44 \text{ кг/м}^3$$

Влажосодержание дымовых газос на входе в КТАН (6.5):

$$d' = \frac{G_2 - G_2^c}{G_2^c}, \quad (6.5)$$

$$d' = \frac{15,44 - 13,79}{13,79} = 0,12 \text{ кг/кг}$$

Энтальпия дымовых газос на входе в КТАН (6.6):

$$I' = C_{c2} \cdot t_2' + d' \cdot (C_n \cdot t_2' + r), \quad (6.6)$$

где C_{c2} – теплоемкость сухих газос, принимаем $C_{c2} = 1 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$,

C_n – теплоемкость пара, принимаем $C_n = 1,97 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$

r – внутренняя теплота парообразования, принимаем $r = 2491 \text{ кДж/кг}$

$$I' = 1 \cdot 155 + 0,12 \cdot (1,97 \cdot 155 + 2490) = 490,44 \text{ кДж/кг}$$

6.3 Теплосбалансовый расчет КТАНа

Исходные данные для теплосбалансового расчета приведены в таблице 6.4

Таблица 6.4 – Исходные данные для теплосбалансового расчета

Параметр	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Температура дымовых газос за КТАНОм (принимаем)	t_2''	$^\circ\text{C}$	40
Коэффициент обвода дымовых газос помимо КТАНа	$\eta_{об}$	–	0,9
Энтальпия дымовых газос на выходе из КТАНа	I''	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	153,46
Влажосодержание дымовых газос на выходе из КТАНа	d''	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	0,044

Теплопроизводительность КТАНа со стороны дымовых газов (6.7):

$$Q_{км} = G_2^c \cdot \Delta t \cdot B \cdot \eta_{об}, \quad (6.7)$$

где $B = 0,042 \text{ м}^3/\text{с}$ – расход топлива на котел без установки КТАНа

$$Q_{км} = 13,79 \cdot (490,44 - 153,46) \cdot 0,9 \cdot 0,042 = 175,65 \text{ кВт}$$

Расход воды нагреваемой в насадке (6.8):

$$G_6 = \frac{0,98 \cdot Q_{км}}{C_6 \cdot (t_6'' - t_6')}, \quad (6.8)$$

где $C_6 = 4,186 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ – теплоемкость воды,

t_6'', t_6' – температуры нагреваемой воды на входе и выходе из КТАНа, $^\circ\text{C}$

$$G_6 = \frac{0,98 \cdot 176}{4,186 \cdot (40 - 10)} = 1,37 \text{ кг/с}$$

6.3.1 Расчет поверхности теплообмена

Объемный расход дымовых газов в активной насадке КТАНа (6.9):

$$V = V_2 \cdot B \cdot \eta_{об} \cdot \frac{273 + t_2^{cp}}{273}, \quad (6.9)$$

где t_2^{cp} – средняя температура дымовых газов в насадке, $^\circ\text{C}$

$$V = 12,62 \cdot 0,042 \cdot 0,9 \cdot \frac{273 + 70}{273} = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Скорость дымовых газов в активной насадке (6.10):

$$\omega_2 = \frac{V}{S_2^{np}}, \quad (6.10)$$

где $S_2^{np} = 0,0425 \text{ м}^2$ – проходное сечение активной насадки

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$\omega_2 = \frac{0,6}{0,0425} = 14,11 \text{ м/с}$$

Скорость нагреваемой в КТАНе воды (6.11):

$$\omega_6 = \frac{G_6}{S_6^{np} \cdot \rho_6}, \quad (6.11)$$

где $S_6^{np} = 0,000055 \text{ м}^2$ – проходное сечение КТАНа по нагреваемой воде

$$\omega_6 = \frac{1,37}{0,00055 \cdot 1000} = 2,49 \text{ м/с}$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны дымовых газов к насадке (6.12):

$$\alpha_2 = 110 \cdot \omega_2^{0,8} \cdot \omega_6^{0,2}, \quad (6.12)$$

$$\alpha_2 = 110 \cdot 14,11^{0,8} \cdot 2,49^{0,2} = 1096,92 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Коэффициент теплоотдачи от трубок насадки к нагреваемой воде (6.13):

$$\alpha_6 = (1400 + 18 \cdot t_6^{cp} - 0,035 \cdot t_6^{cp2}) \cdot \frac{\omega_6^{0,8}}{d_6^{0,2}}, \quad (6.13)$$

$$\alpha_6 = (1400 + 18 \cdot 25 - 0,035 \cdot 25^2) \cdot \frac{2,49^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 9097,29 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Коэффициент теплопередачи (6.14):

$$k = \frac{C}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_6}}, \quad (6.14)$$

где $C = 0,9$ – коэффициент, учитывающий наружные и внутренние загрязнения,

$\delta = 0,002 \text{ м}$ – толщина стенки трубки,

$\lambda = 45 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ – теплопроводность трубки

$$k = \frac{0,9}{\frac{1}{1096} + \frac{0,002}{45} + \frac{1}{9097}} = 854 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Среднелогарифмический температурный напор (6.15):

$$\Delta t_L = \frac{(t_2' - t_6'') - (t_2'' - t_6')}{\ln \frac{t_2' - t_6''}{t_2'' - t_6'}}, \quad (6.15)$$

$$\Delta t_L = \frac{(155 - 40) - (40 - 10)}{\ln \frac{155 - 40}{40 - 10}} = 64^{\circ}C$$

Требуемая поверхность нагрева активной насадки КТАНа (6.16):

$$F = \frac{Q_{km}}{k \cdot \Delta t_L}, \quad (6.16)$$

$$F = \frac{176 \cdot 10^3}{854 \cdot 64} = 3.22 \text{ м}^2$$

Полученную поверхность сравнивают с поверхностью КТАНа (6.17):

$$\left| \frac{F - F_{КТ}}{F_{КТ}} \right| \leq 0.05 \quad (6.17)$$

где $F_{КТ} = 2.57 \text{ м}^2$ – поверхность нагрева КТАНа, если расчетная и фактическая поверхности практически совпадают расчет можно считать окончанным.

$$\left| \frac{3,22 - 2,57}{2,57} \right| = 0,25 > 0.05$$

следовательно необходим перерасчет с новым значением t_2'' .

Принимаем $t_2'' = 45^{\circ}C$, $d'' = 0,056 \text{ кг/кг}$, $I'' = 189,92 \text{ кДж/кг}$

$$Q_{km} = 13,79 \cdot (490,44 - 189,92) \cdot 0,9 \cdot 0,042 = 156,64 \text{ кВт}$$

$$G_6 = \frac{0,98 \cdot 156,64}{4,186 \cdot (40 - 10)} = 1,22 \text{ кг/с}$$

$$\omega_6 = \frac{1,22}{0,00055 \cdot 1000} = 2,22 \text{ м/с}$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$\alpha_2 = 110 \cdot 14,11^{0,8} \cdot 2,22^{0,2} = 1072,24 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$\alpha_6 = (1400 + 18 \cdot 25 - 0,035 \cdot 25^2) \cdot \frac{2,22^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 8308,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$k = \frac{0,9}{\frac{1}{1072,24} + \frac{0,002}{45} + \frac{1}{8308,67}} = \frac{0,9}{0,001032} = 871,71 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$\Delta t_L = \frac{(155 - 40) - (45 - 10)}{\ln \frac{155 - 40}{45 - 10}} = 67 \text{ °C}$$

$$F = \frac{156,64 \cdot 10^3}{871,71 \cdot 67} = 2,67 \text{ м}^2$$

$$\left| \frac{2,67 - 2,57}{2,57} \right| = 0,039 \leq 0,05$$

Теплопроизводительность (расчетная) КТАНа-0,1УГ $Q_{кт} = 0,156 \text{ МВт}$, а дымовые газы охладятся с $t_2' = 155 \text{ °C}$ до $t_2'' = 45 \text{ °C}$

6.4 Аэродинамический расчет газового тракта котла с КТАНом

При установке КТАНа за котельным агрегатом необходимо выполнять аэродинамический расчет газового тракта котлоагрегата для определения мощности используемого дымососа.

Расход дымовых газов на входе в КТАН составит, $\text{м}^3/\text{с}$ (6.18):

$$V_2' = V_2 \cdot B \cdot \eta_{об} \cdot \frac{(273 + t_2')}{273}, \quad (6.18)$$

$$V_2' = 12,62 \cdot 0,042 \cdot 0,9 \cdot \frac{(273 + 155)}{273} = 0,75 \text{ м}^3/\text{с}$$

Сопротивление орошающей камеры Δh_k состоит из сопротивления гребенок разводки трубопроводов Δh_{zp} и сопротивления орошаемого пространства Δh_{op} .

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Скорость газов в орошающей камере составляет, м/с (6.19):

$$\omega_2^{op} = V_2' / S_2, \quad (6.19)$$

$$\omega_2^{op} = 0,75 / 0,0425 = 17,64 \text{ м/с}$$

Сопrotивление гребенок трубопроводов, подводящих воду к форсункам камеры орошения, определяется (6.20):

$$\Delta h_{zp} = 0,1 \cdot z \cdot h_\partial, \quad (6.20)$$

где $z=1$ – число рядов форсунок, установленных в камере орошения,
 h_∂ – динамическое давление, определяется по формуле (6.21):

$$\Delta h_\partial = \frac{\omega_2^2 \cdot \rho_{\partial z}}{2}, \quad (6.21)$$

где $\Delta h_\partial = 12,3 \text{ Па}$

$$\Delta h_{zp} = 0,1 \cdot 1 \cdot 12,3 = 1,23 \text{ Па}$$

Аэродинамическое сопротивление орошающего пространства связано с наличием факелов разбрызгиваемой воды, Па (6.22):

$$\Delta h_{op} = 120 \cdot \eta_n \cdot \mu \cdot p \cdot g, \quad (6.22)$$

где p – это давление воды перед форсунками, принимается $p=0,2 \text{ МПа}$;

$g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

$\eta_n = 0,13$ – коэффициент, учитывающий направление орошения установленных форсунок, при установке форсунок против движения дымовых газов значение;

$\mu = 2 \text{ кг/кг}$ – коэффициент орошения, характеризующий отношение расхода орошающей воды к расходу дымовых газов.

$$\Delta h_{op} = 120 \cdot 0,13 \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 9,81 = 61,2 \text{ Па}$$

Сопrotивление орошающей камеры (6.23):

$$\Delta h_k = \Delta h_{zp} + \Delta h_{op}, \quad (6.23)$$

$$\Delta h_k = 1,23 + 61,2 = 62,43 \text{ Па}$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Расход дымовых газов через насадку при $t_2 = 70^0C$ (6.24):

$$V_2^{нас} = V_2 \cdot B \cdot \eta_{об} \cdot \frac{(273 + t_2)}{273}, \quad (6.24)$$

$$V_2^{нас} = 12,62 \cdot 0,042 \cdot 0,9 \cdot \frac{(273 + 70)}{273} = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Скорость газов в межтрубном пространстве при прохождении насадки (6.25):

$$\omega_2^{нас} = V_2^{нас} / S_2, \quad (6.25)$$

$$\omega_2^{нас} = 0,6 / 0,0425 = 14,11 \text{ м/с}$$

Сопротивление при прохождении дымовых газов через активную насадку с учетом уменьшения проходного сечения и трения жидкости рассчитывается по формуле (6.26)

$$\Delta h_{ун}' = 1,5 \cdot h_{ун}, \quad (6.26)$$

где $h_{ун}$ определяется по формуле (6.27)

$$\Delta h_{ун} = h_d \cdot C_s \cdot C_d \cdot (Z_2 + 1) \quad (6.27)$$

где C_d поправочный коэффициент, зависящий от наружного диаметра трубок d_n (для $d_n = 0,014\text{м}$ $C_d = 1,2$);

$C_s = 1,2$ – коэффициент формы шахматного пучка;

$Z_2 = 14$ – число рядов трубок в блоке насадки по ходу газов.

$$\Delta h_{ун} = 12,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot (14 + 1) = 256,7 \text{ Па}$$

$$\Delta h_{ун}' = 1,5 \cdot 256,7 = 385,05 \text{ Па}$$

Сопротивление сепарационного устройства (6.28):

$$\Delta h_c = \Delta h_{uc} + \Delta h_{жс}, \quad (6.28)$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Расход дымовых газов в центробежном сепараторе при температуре газов t_2'' (6.29):

$$V_2^c = V_2 \cdot B \cdot \eta_{об} \cdot \frac{(273 + t_2'')}{273}, \quad (6.29)$$

$$V_2^c = 12,62 \cdot 0,042 \cdot 0,9 \cdot \frac{(273 + 45)}{273} = 0,55 \text{ м}^3/\text{с}$$

Скорость газов в центробежном сепараторе (6.30):

$$\omega_2^{uc} = V_2^c / S_{uc}, \quad (6.30)$$

где $S_{uc} = 0,1 \text{ м}^2$ – проходное сечение центробежного сепаратора для КТАН 0,1 УГ

$$\omega_2^{uc} = 0,55 / 0,1 = 0,055 \text{ м/с}$$

Сопrotивление центробежного сепаратора (6.31):

$$\Delta h_{uc} = B_{нов} \cdot C_{нов} \cdot k \cdot \Delta \xi \cdot h_d, \quad (6.31)$$

где $B_{нов} = 3$ – коэффициент, учитывающий угол поворота $\alpha = 180^\circ$;
 $C_{нов} = 0,83$ – коэффициент, учитывающий форму поворота;
 $k \cdot \Delta \xi = 1,4$ – коэффициент, учитывающий плавность поворота.

$$\Delta h_{uc} = 3 \cdot 0,83 \cdot 1,4 \cdot 12,3 = 42,87 \text{ Па}$$

Сопrotивление жалюзийного сепаратора (6.32):

$$\Delta h_{жс} = \zeta_c \cdot h_d, \quad (6.32)$$

где $\zeta_c = 12,5$ – коэффициент местного сопротивления

$$\Delta h_{жс} = 12,5 \cdot 12,3 = 153,75 \text{ Па}$$

$$\Delta h_c = 42,87 + 153,75 = 196,6 \text{ Па}$$

Суммарное сопротивление контактного теплообменника (6.33):

$$\Delta h_{ктан} = \Delta h_k + \Delta h_{ун}' + \Delta h_c, \quad (6.33)$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$\Delta h_{ктан} = 64.43 + 385.05 + 196.6 = 646 \text{ Па}$$

Мощность привода дымососа при значении КПД $\eta = 0,78$ (6.34):

$$N_{\partial} = \frac{V_{zp} \cdot \Delta h_{ктр}}{\eta}, \quad (6.34)$$

Расход дымовых газов через гребенки разводки трубопроводов (6.35):

$$V_{zp} = V_z^c \cdot \beta_1, \quad (6.35)$$

Сопротивление орошающей камеры (6.36):

$$\Delta h_{ктр} = \Delta h_{ктан} \cdot \beta_2, \quad (6.36)$$

где $\beta_1 = 1,1$ – коэффициент запаса по расходу;
 $\beta_2 = 1,2$ – коэффициент запаса по давлению.

$$V_{zp} = 0,55 \cdot 1,1 = 0,605 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta h_{ктр} = 646 \cdot 1,2 = 775,3 \text{ Па}$$

$$N_{\partial} = \frac{0,605 \cdot 775,3}{0,78} = 601,4 \text{ Вт}$$

6.5 Гидравлический расчет КТАН

Суммарное гидравлическое сопротивление КТАНа по потоку воды будет складываться из сопротивления блока насадки и сопротивления трубопроводов перепуска потока воды из одного блока насадки в другой.

Общее сопротивление состоит из сопротивления участка входа подводящей воды в коллектор, сопротивления трубной насадки, сопротивления участка входа в отводящую трубу из коллектора (6.37):

$$\Delta h_{гидр} = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3, \quad (6.37)$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Местные потери давления на входе из подводящей трубы в коллектор (6.38)

$$\Delta h_1 = \xi_1 \cdot \frac{\rho \cdot W_1^2}{2} \cdot m_1, \quad (6.38)$$

$$\Delta h_1 = 1,3 \cdot \frac{1000 \cdot 2,49^2}{2} = 0,4 \text{ кПа}$$

Местные потери давления на входе из коллектора в трубки пакета (6.39):

$$\Delta h_2 = \xi_2 \cdot \frac{\rho \cdot W_2^2}{2} \cdot m_2, \quad (6.39)$$

$$\Delta h_2 = 1,3 \cdot \frac{1000 \cdot 2,29^2}{2} = 0,6 \text{ кПа}$$

Местные потери давления при повороте пакета на 180° в трубках (6.40):

$$\Delta h_3 = \xi_3 \cdot \frac{\rho \cdot W_3^2}{2} \cdot m_3, \quad (6.40)$$

$$\Delta h_3 = 1,3 \cdot \frac{1000 \cdot 2,29^2}{2} = 1,2 \text{ кПа}$$

Общее гидравлическое сопротивление:

$$\Delta h_{\text{гидр}} = 0,4 + 0,6 + 1,2 = 2,2 \text{ кПа}$$

В процессе поверочного расчета мы добились совпадения расчетной поверхности нагрева с поверхностью нагрева, выбранного из типового ряда КТана –утилизатора, путем изменения параметров дымовых газов на выходе из КТана при заданных начальных температурах. Теплопроизводительность (расчетная) КТана-0,1УГ $Q_{\text{км}} = 0,156 \text{ МВт}$, а дымовые газы охлаждаются с $t_2' = 155^\circ \text{C}$ до $t_2'' = 45^\circ \text{C}$. Также был выполнен аэродинамический расчет газового тракта котлоагрегата для определения мощности используемого дымососа. Из расчета получили следующие результаты: суммарное аэродинамическое сопротивление КТана равно 646 Па; мощность привода дымососа равна 601,4 Вт. Благодаря установке контактного теплообменника с активной насадкой за котлом, мы смогли использовать теплоту уходящий газов и нагреть воду с 10°C до 40°C .

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

7 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

После очистки в дымовых газах от вредных примесей, в любом случае остаются вредные вещества, особенно газообразные, количество которых может значительно превосходить предельно допустимую концентрацию (ПДК) этих веществ в атмосфере [37]. Основным методом снижения концентрации выбросов на уровне земли является рассеивание их через высокие дымовые трубы [29]. Из дымовых труб поток газов выбрасывается в высокие слои атмосферы, перемешивается с воздухом, за счет чего концентрация вредных веществ на уровне дыхания снижается до нормативного значения. К тому же окислы азота и серы, попавшие в атмосферу, там не накапливаются, т.к. под действием ультрафиолетового излучения сравнительно быстро происходит самоочищение. В котельной устанавливаются два водогрейных котла мощностью 1,5 МВт и один котел 1,0 МВт. Помимо проектируемых котлов установлено 8 котлов НР-18 мощностью 0,756 МВт каждый.

Топливом будет природный газ. Природный газ - это самое распространенное топливо на сегодняшний день. Природный газ так и называется природным, потому что он добывается из самых недр Земли.

Процесс горения газа является химической реакцией, при которой происходит взаимодействия природного газа с кислородом, который содержится в воздухе.

Необходимо организовать отвод продуктов сгорания в атмосферу.

Полное горение достигается в том случае, если в продуктах сгорания выходящих в атмосферу отсутствуют горючие вещества. При этом углерод и водород соединяются вместе и образуют углекислый газ и пары воды. Визуально при полном сгорании пламя светло-голубое или голубовато-фиолетовое. Кроме этих газов в атмосферу с горючими газами выходит азот и оставшийся кислород. Если сгорание газа происходит не полностью, то в атмосферу выбрасываются горючие вещества – угарный газ, водород, сажа. Неполное сгорание газа происходит вследствие недостаточного количества воздуха. При этом визуально в пламени появляются языки копоти.

Содержание СО в воздухе 0,01-0,02% может вызвать легкое отравление. Более высокая концентрация может привести к тяжелому отравлению и смерти. Образующаяся сажа оседает на стенках котлов ухудшая тем самым передачу тепла теплоносителю снижает эффективность работы котельной. Сажа проводит тепло хуже метана в 200 раз.

7.1 Расчет концентрации вредных выбросов

– температура уходящих газов $t = 155 \text{ }^\circ\text{C}$ ($T = 428\text{K}$);

– расчетная температура в зимний период - $34 \text{ }^\circ\text{C}$;

– тепловая мощность котельной в зимний период от проектируемых котлов

$Q_3 = 3,951 \text{ МВт}$, от существующих котлов $Q_3 = 6,05 \text{ МВт}$;

– тепловая мощность котельной в летний период $Q_{л} = 0,76488 \text{ МВт}$ от проектируемых котлов, $Q_{л} = 1,147 \text{ МВт}$ от существующих котлов;

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

– температура при нормальных условиях 0 °C (T=273K);

Топливом служит природный газ.

– топливо – природный газ:

CH₄=94,2%

C₂H₆=3%

C₃H₈=0,89%

C₄H₁₀=0,39%

C₅H₁₂=0,17%

C₆H₁₄=0,13%

N₂=0,9%

CO₂=0,28%

Низшая теплота сгорания газа: Q_{нр}=37,56 МДж/кг

Состав и количество продуктов сгорания

Теоретически необходимый объем воздуха при $\alpha = 1 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ для газообразного топлива (7.1):

$$V^0 = 0,0476 \cdot \left[0,5 \cdot \text{CO} + 0,5 \cdot \text{H}_2 + 1,5 \cdot \text{H}_2\text{S} + \sum (m + 0,25 \cdot n) \cdot \text{C}_m \text{H}_n - \text{O}_2 \right] \quad (7.1)$$

где m, n – числа атомов углерода и водорода в химической формуле углеводородов, входящих в состав топлива.

$$V^0 = 0,0476 \cdot [(1+1) \cdot 94,2 + (2+1,5) \cdot 3 + (3+2) \cdot 0,89 + (4+2,5) \cdot 0,39 + (5+3) \cdot 0,17 + (6+3,5) \cdot 0,13] = 9,904 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем продуктов сгорания при $\alpha = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ [8]:

- объем трехатомных газов (7.2):

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01 \cdot [\text{CO}_2 + \text{CO} + \sum m \cdot \text{C}_m \text{H}_n], \quad (7.2)$$

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01 \cdot [0,4 + 1 \cdot 94 + 2 \cdot 3 + 3 \cdot 0,89 + 4 \cdot 0,39 + 5 \cdot 0,17 + 6 \cdot 0,13] = 1,06 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- объем двухатомных газов (7.3):

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot \text{N}_2, \quad (7.3)$$

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79 \cdot 9,904 + 0,01 \cdot 0,9 = 7,833 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

- объем водяных паров (7.4):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{z.мл.}] + 0,0161 \cdot V^0, \quad (7.4)$$

где $d_{z.мл.}$ – влагосодержание топлива, отнесенное к 1 м^3 сухого газа

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [0,5 \cdot 4 \cdot 94 + 0,5 \cdot 6 \cdot 3 + 0,5 \cdot 8 \cdot 0,89 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,39 + 0,5 \cdot 12 \cdot 0,17 + 0,5 \cdot 14 \cdot 0,13 + 0,124 \cdot 10] + 0,0161 \cdot 9,904 = 2,215 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объем дымовых газов при нормальных условиях (7.5):

$$V_z = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (7.5)$$

$$V_z = 1,0626 + 7,833 + 2,215 + (1,05 - 1) \cdot 9,904 = 11,605 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Расчетный объем продуктов сгорания, образующихся при сжигании топлива за одну секунду (7.6):

$$V_p = \frac{P_{ny} \cdot V_{ny} \cdot T}{P \cdot T_{ny}}, \quad (7.6)$$

где $t_{yx} = 155 \text{ }^\circ\text{C} = 428 \text{ K}$ – температура дымовых газов на выходе из котла

$$V_p = \frac{101090 \cdot 11,605 \cdot 428}{97000 \cdot 273} = 18,96 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

7.2 Расчет максимальной приземной концентрации выбросов

Для зимнего периода:

В зимний период работают 2 котла мощностью 1,5 МВт каждый, один котел 1,0 МВт, 8 котлов мощностью 0,756 МВт.

Расход топлива на 4 котла (7.7):

$$B_p = 2 \cdot \frac{Q}{Q_n^p \cdot \eta} + \frac{Q}{Q_n^p \cdot \eta} + 8 \cdot \frac{Q}{Q_n^p \cdot \eta}, \quad (7.7)$$

где Q – тепловая мощность одного котла;

η – КПД котла.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$B_p = 2 \cdot \frac{1,5}{37,56 \cdot 0,93} + \frac{1,0}{37,56 \cdot 0,93} + 8 \cdot \frac{0,756}{37,56 \cdot 0,70} = 0,344 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе всех котлов (7.8):

$$V = V_p \cdot B, \quad (7.8)$$

$$V = 18,96 \cdot 0,344 = 6,52 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для летнего периода

В летний период работает 1 котел КВ-ГМ-1,0-115Н мощностью 1,0 МВт и 2 котла НР-18 мощностью 0,756 МВт.

Расход топлива для летнего периода (7.9):

$$B_p = 1 \cdot \frac{Q}{Q_H^p \cdot \eta} + 2 \cdot \frac{Q}{Q_H^p \cdot \eta}, \quad (7.9)$$

$$B_p = 1 \cdot \frac{1,0}{37,56 \cdot 0,93} + 2 \cdot \frac{0,756}{37,56 \cdot 0,70} = 0,086 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе котлов:

$$V = 18,96 \cdot 0,086 = 1,63 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для зимнего периода:

Расчет выбросов окислов азота:

Суммарное количество окислов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами (7.10):

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_H^p \cdot K_{\text{NO}_2} \cdot (1 - \beta), \quad (7.10)$$

где β – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов окислов азота в результате технических решений;

$K_{\text{NO}_2} = 0,11$ кг/МДж – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на 1МДж теплоты, зависит от мощности котельного агрегата;
 $\beta = 0$ – применяемые технические решения для снижения выбросов.

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot 0,344 \cdot 37560 \cdot 0,11 \cdot (1 - 0) = 1,42 \text{ г/с}$$

$$\text{ПДК} = 0,085 \text{ мг/м}^3$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Для летнего периода:

Расчет выбросов оксидов азота:

Суммарное количество оксидов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами (7.11):

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_p^H \cdot K_{\text{NO}_3} \cdot (1 - \beta) \quad (7.11)$$

где $K_{\text{NO}_2} = 0,11$ кг/МДж – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на 1МДж теплоты, зависит от мощности котельного агрегата;
 $\beta=0$ – применяемые технические решения для снижения выбросов

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot 0,086 \cdot 37560 \cdot 0,11 \cdot (1 - 0) = 0,355 \text{ г/с}$$

$$\text{ПДК} = 0,085 \text{ мг/м}^3$$

7.3 Расчет минимальной высоты трубы

Расчет рассеивания выбросов ведется в соответствии с СН-369-74 [37], согласно которым минимальная высота трубы определяется из условия, что максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое C_m не превосходит максимально разовую ПДК этого вещества в атмосферном воздухе.

$$C_m \leq \text{ПДК}$$

В соответствии с этим уравнением минимально допустимая высота трубы H , м, при которой обеспечивается значение C_m , равное ПДК, при наличии Z труб одинаковой высоты и выброса при температуре выбрасываемых газов большей температуры атмосферного воздуха ($\Delta T > 0$), может быть рассчитана по формуле (7.12):

$$H = \sqrt{AFnm \frac{M}{\text{ПДК}} \sqrt[3]{\frac{Z}{V_1 \Delta T}}}, \quad (7.12)$$

где M – суммарное количество вредного вещества выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

V_1 – полный расход дымовых газов на срезе (устье) трубы, м³/с;

$A=160$ – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, определяет условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе, определяется климатической зоной;

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для газообразных примесей F = 1; m и n – коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой;

m, n – безразмерные коэффициенты учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса.

Для зимнего периода:

Задаем скорость газа на выходе из трубы:

$$w_z = 20 \text{ м/с}$$

Диаметр трубы (7.13):

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{w \cdot \pi}}, \quad (7.13)$$

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,52}{20 \cdot 3,14}} = 0,644 \text{ м}$$

Принимаем диаметр устья дымовой трубы $D_o = 1 \text{ м}$, тогда скорость дымовых газов на выходе из устья трубы (7.14):

$$w_z = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_o^2}, \quad (7.14)$$

$$w_z^3 = \frac{4 \cdot 16}{3,14 \cdot 1^2} = 20,0 \text{ м/с}$$

$$w_n^3 = \frac{4 \cdot 4,04}{3,14 \cdot 1^2} = 5,2 \text{ м/с}$$

На территории Российской Федерации, в Среднем Поволжье и Урале параметр A = 160, параметр F = 1. Задаем высоту трубы $h_1 = 10 \text{ м}$ и находим значения коэффициентов m и n (7.15):

$$f = \frac{10^3 w_z^2 D_o}{h_1^2 \Delta T}, \quad (7.15)$$

где $\Delta T_z = 155 + 273 - (-34 + 273) = 189 \text{ К}$,

$\Delta T_n = 155 + 273 - (23 + 273) = 132 \text{ К}$

$$f^3 = \frac{10^3 \cdot 20,0^2 \cdot 1}{10^2 \cdot 189} = 21,16$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$$f^{\text{л}} = \frac{10^3 \cdot 5,2^2 \cdot 1}{10^2 \cdot 132} = 2,04$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (7.16)$$

$$m^3 = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{21,16} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{21,16}} = 0,483$$

$$m^{\text{л}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{2,04} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{2,04}} = 0,803$$

Максимальная скорость (7.17):

$$v_{\text{м}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T / h_1} \quad (7.17)$$

$$v_{\text{м}}^3 = 0,65 \cdot \sqrt[3]{6,52 \cdot 189 / 10} = 3,23 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{м}}^{\text{л}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{1,63 \cdot 132 / 10} = 1,807 \text{ м/с}$$

При расчете зимнего периода $v^{\text{м}} \geq 2$, следовательно: $n = 1$, для летнего режима $0,5 < v^{\text{м}} < 2$, следовательно $n = 0,532v_{\text{м}}^2 - 2,13v_{\text{м}} + 3,13$ $n=1,019$.

$$h_1^3{}^{\text{п}} = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,483 \cdot \frac{1,42}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{6,52 \cdot 189}}} = 10,78 \text{ м}$$

$$h_1^{\text{л}}{}^{\text{п}} = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1,019 \cdot 0,803 \cdot \frac{0,355}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,63 \cdot 132}}} = 9,52 \text{ м}$$

Задаем высоту трубы $h_2 = 20$ м и находим значения коэффициентов m и n .

$$f^3 = \frac{10^3 \cdot 20,0^2 \cdot 1}{20^2 \cdot 189} = 5,29$$

$$f^{\text{л}} = \frac{10^3 \cdot 5,2^2 \cdot 1}{20^2 \cdot 132} = 0,512$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$m^3 = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{5,29} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{5,29}} = 0,67$$

$$m^{\text{л}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,512} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,512}} = 1,006$$

$$v^3_{\text{м}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{6,52 \cdot 189 / 20} = 2,56 \text{ м/с}$$

$$v^{\text{л}}_{\text{м}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{1,63 \cdot 132 / 20} = 1,43 \text{ м/с}$$

При расчете зимнего периода $v_{\text{м}} \geq 2$, следовательно: $n = 1$, для летнего режима $0,5 < v_{\text{м}} < 2$, следовательно $n = 0,532v_{2\text{м}} - 2,13v_{\text{м}} + 3,13$ $n=1,17$.

$$h^{\text{з}}_{\text{2}} = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,67 \cdot 1 \cdot \frac{1,42}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{6,52 \cdot 189}}} = 12,9 \text{ м}$$

$$h^{\text{л}}_{\text{2}} = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1,17 \cdot 1,006 \cdot 1 \cdot \frac{0,355}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,63 \cdot 132}}} = 11,73 \text{ м}$$

Задаем высоту трубы $h_3 = 15$ м и находим значения коэффициентов m и n .

$$f^3 = \frac{10^3 \cdot 20,0^2 \cdot 1}{15^2 \cdot 189} = 9,4$$

$$f^{\text{л}} = \frac{10^3 \cdot 5,2^2 \cdot 1}{15^2 \cdot 132} = 0,91$$

$$m^3 = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{9,4} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{9,4}} = 0,588$$

$$m^{\text{л}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,91} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,91}} = 0,913$$

$$v^3_{\text{м}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{6,52 \cdot 189 / 30} = 2,24 \text{ м/с}$$

$$v^{\text{л}}_{\text{м}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{1,63 \cdot 132 / 30} = 1,253 \text{ м/с}$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

При расчете зимнего периода $v_m \geq 2$, следовательно: $n = 1$, для летнего режима $0,5 < v_m < 2$, следовательно $n = 0,532\sqrt{2m} - 2,13v_m + 3,13$ $n=1,296$.

$$h_3^p = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,588 \cdot \frac{1,42}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{6,52 \cdot 189}}} = 12,1 \text{ м}$$

$$h_3^p = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1,296 \cdot 0,913 \cdot \frac{0,355}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{4,04 \cdot 95}}} = 11,45 \text{ м}$$

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{A \cdot M_{\text{NO}_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{h^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad (7.18)$$

$$f^3 = \frac{10^3 \cdot 20,0^2 \cdot 1}{30^2 \cdot 189} = 2,35$$

$$f^{\text{л}} = \frac{10^3 \cdot 5,2^2 \cdot 1}{30^2 \cdot 132} = 0,227$$

Данные из проделанного расчета используем для составления графика определение высоты дымовой трубы (см. рисунок 7.1).

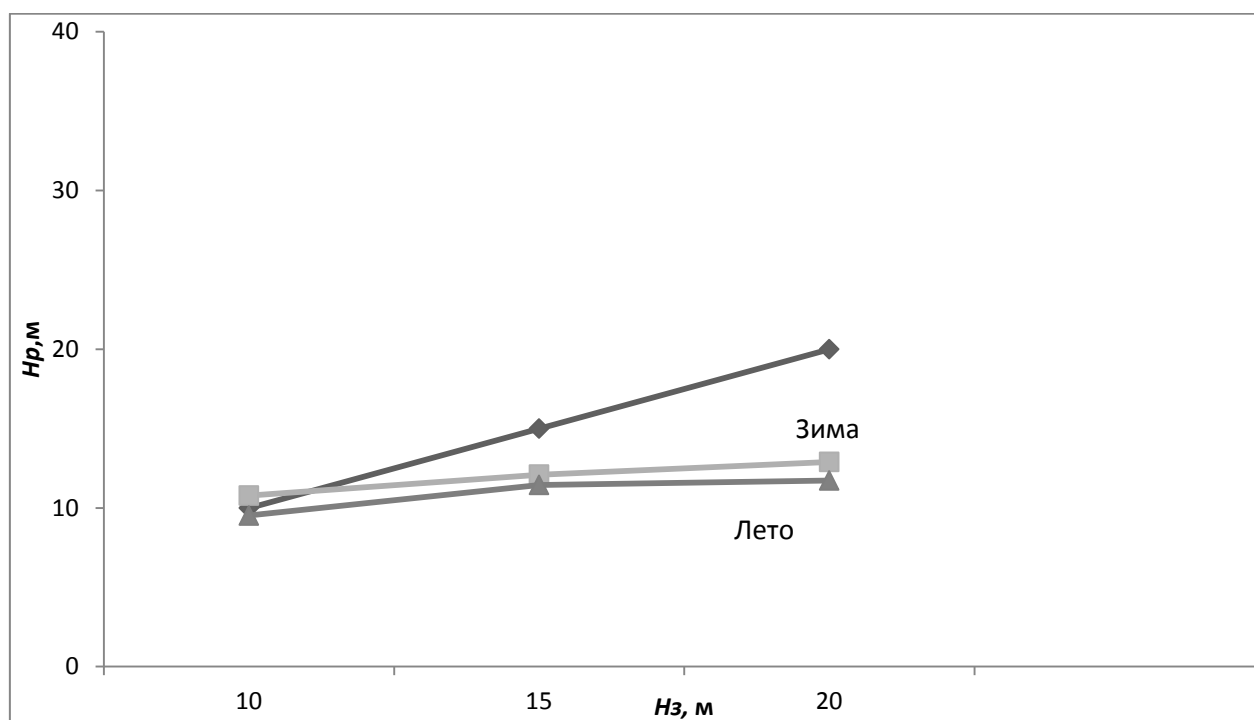


Рисунок 7.1 – Определение высоты дымовой трубы

По графику получается, что минимальная допустимая высота трубы $h = 12,5$ м, следовательно, выбирается стальная труба высотой 30 м и диаметром устья 1 м.

$$m^3 = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{2,35} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{2,35}} = 0,784$$

$$m^л = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,227} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,227}} = 1,09$$

$$v^3_м = 0,65 \cdot \sqrt[3]{6,52 \cdot 189 / 30} = 2,24 \text{ м/с}$$

$$v^л_м = 0,65 \cdot \sqrt[3]{1,63 \cdot 132 / 30} = 1,2532 \text{ м/с}$$

При расчете зимнего периода $v_m \geq 2$, следовательно: $n = 1$, для летнего режима $0,5 < v_m < 2$, следовательно $n = 0,532v_m - 2,13v_m + 3,13$ $n=1,296$.

Максимальная приземная концентрация оксидов азота:

$$C^3_{NO_2} = \frac{160 \cdot 1,42 \cdot 1 \cdot 0,784 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{6,52 \cdot 189}} = 0,0184 \text{ мг/м}^3$$

$$C^л_{NO_2} = \frac{160 \cdot 0,355 \cdot 1 \cdot 1,09 \cdot 1,296}{30^2 \cdot \sqrt[3]{1,63 \cdot 132}} = 0,0148 \text{ мг/м}^3$$

$ПДК \geq C^3_{NO_2} = 0,0184 \text{ мг/м}^3$, $ПДК \geq C^л_{NO_2} = 0,0148 \text{ мг/м}^3$ расчет произведен верно.

$$\frac{C_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} \leq 1$$

$$\frac{0,0184}{0,085} = 0,216 \leq 1$$

$$\frac{0,0148}{0,085} = 0,174 \leq 1$$

Расстояние по оси факела, на котором концентрация вредных веществ у земной поверхности будет максимальна:

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

$$x_m = d \cdot H \quad (7.19)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \quad (7.20)$$

$$d^3 = 7 \cdot \sqrt{2,24} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{2,35}) = 14,35 \text{ м}$$

$$d^n = 7 \cdot \sqrt{1,2532} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,227}) = 9,16 \text{ м}$$

$$x_m^3 = 14,35 \cdot 30 = 430,5 \text{ м}$$

$$x_m^n = 9,16 \cdot 30 = 274,8 \text{ м}$$

Сточные воды

В проектируемой котельной существуют бытовые сточные воды от душевых установок, которые находятся в здании котельной. Спуск происходит в дренажный колодец, из которого вода поступает в канализацию поселка. Температура сточных вод не превышает 40 °С. Объем стоков от котельной при повседневной эксплуатации составляет 0,36 м³/сут.

Сточные воды от водоподготовительных установок направляются в отстойник (бак V=50м³) и далее используются для промывки механических фильтров.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

8 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА КОТЕЛЬНОЙ

8.1 Общие сведения

Автоматизация – это применение комплекса средств, позволяющих осуществлять производственные процессы без непосредственного участия человека, но под его контролем. Автоматизация производственных процессов приводит к увеличению выпуска, снижению себестоимости и улучшению качества продукции, уменьшает численность обслуживающего персонала, повышает надежность и долговечность машин, дает экономию материалов, улучшает условия труда и техники безопасности.

Автоматизация освобождает человека от необходимости непосредственного управления механизмами. В автоматизированном процессе производства роль человека сводится к наладке, регулировке, обслуживании средств автоматизации и наблюдению за их действием. Если автоматизация облегчает физический труд человека, то автоматизация имеет цель облегчить так же и умственный труд. Эксплуатация средств автоматизации требует от обслуживающего персонала высокой техники квалификации.

По уровню автоматизации теплоэнергетика занимает одно из ведущих мест среди других отраслей промышленности. Теплоэнергетические установки характеризуются непрерывностью протекающих в них процессов. При этом выработка тепловой и электрической энергии в любой момент времени должна соответствовать потреблению (нагрузке). Почти все операции на теплоэнергетических установках механизированы, а переходные процессы в них развиваются сравнительно быстро. Этим объясняется высокое развитие автоматизации в тепловой энергетике.

Автоматизация параметров дает значительные преимущества: обеспечивает уменьшение численности рабочего персонала, т.е. повышение производительности его труда, приводит к изменению характера труда обслуживающего персонала, увеличивает точность поддержания параметров.

Автоматизация котельной включает в себя автоматическое регулирование, дистанционное управление, технологическую защиту, теплотехнический контроль, технологические блокировки и сигнализацию.

Автоматическое регулирование обеспечивает ход непрерывно протекающих процессов в котельной.

Дистанционное управление позволяет дежурному персоналу пускать и останавливать котлы, а так же переключать и регулировать ее механизмы на расстоянии, с пульта, где сосредоточены устройства управления.

Теплотехнический контроль за работой котельных агрегатов и оборудования котельной осуществляется с помощью показывающих и самопишущих приборов, действующих автоматически. Приборы ведут непрерывный контроль процессов или же подключаются к объекту измерения обслуживающим персоналом или информационно-вычислительной машиной. Приборы теплотехнического

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

контроля размещают на панелях, щитах управления по возможности удобно для наблюдения и обслуживания.

Надежная, экономичная и безопасная работа котельной, с минимальным числом обслуживающего персонала возможна только при наличии теплового контроля, автоматического регулирования и управления технологическими процессами, сигнализации и защиты оборудования.

Общими задачами контроля и управления работой котельного агрегата является обеспечение:

- выработки в каждый данный момент необходимого количества тепла и горячей воды при определенных ее параметрах - давлении и температуры,
- экономичности сжигания топлива, рационального использования электроэнергии для собственных нужд установки и сведение потерь теплоты к минимуму,
- экономичности сжигания топлива, рационального использования электроэнергии для собственных нужд установки и сведение потерь теплоты к минимуму,
- надежности, т.е. установление и сохранение нормальных условий работы котла, исключающих возможность неполадок и аварий как собственно агрегата, так и вспомогательного оборудования [27].

Персонал, обслуживающий данный агрегат постоянно должен иметь ясное представление о режиме работы на основании показаний контрольно-измерительных приборов, которыми должен быть оснащен котел. Эти приборы делятся на пять групп:

- расхода горячей воды, топлива, воздуха, дымовых газов,
- давлений воды, газа, воздуха и для измерений разряжения в элементах и газоходах котла и вспомогательного оборудования,
- температур воды, топлива, воздуха и дымовых газов,

С помощью регулирования решаются следующие основные задачи:

- регулирование в определенных пределах заранее заданных значений величин, характеризующих процесс,
- управление, т.е. осуществление обычно дистанционно периодических операций,
- блокировка, которая обеспечивает автоматическое включение и выключение оборудования, вспомогательных механизмов и органов управления с определенной последовательностью, обусловленной технологическим процессом.

Перечисленные задачи решаются одновременно и в объеме, зависящем от мощности и стоимости оборудования: чем крупнее и дороже агрегат или установка, тем больше количество процессов автоматизируется.

8.2 Описание работы автоматики безопасности котельной

В данной котельной объем средств автоматизации соответствует требованиям "Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов", "Правил безопасности в газовом хозяйстве", СНиП П-35-76.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Два котла КВ-ГМ-1,5-115Н и один котел КВ-ГМ-1,0-115Н подключены к системе теплоснабжения через теплообменники и образуют независимый «котловой контур». Котлы установлены в котельном зале №1.

Аппаратура управления и регулирования котлами размещена в щитах 1-ЩК, 2-ЩК, 3-ЩК, разработанных на базе регуляторов ОВЕН ТРМ 12. Предусмотрено 2 режима управления котлом: автоматический и ручной. В автоматическом режиме пуск котла происходит по команде контроллера общекотельного ОВЕН ПЛК100, регулирование температуры на выходе из котла регулятором ОВЕН ТРМ12. При ручном режиме управления включение котла производится кнопкой со щита управления 1(2,3)-ЩК, регулирование температуры воды на выходе из котла кнопками «Больше»/«Меньше».

Включение рециркуляционного насоса котла в автоматическом режиме производится по команде прибора температуры воды в котле ОВЕН 2ТРМ1 (датчик температуры устанавливается в патрубке предохранительного клапана).

Котлы оборудованы автоматизированными газовыми горелками Р91А в количестве двух штук и Р73А в количестве одной штуки фирмы СІВ UNIGAS. Автоматизация горелок предусматривает:

- Автоматический розжиг горелки;
- Поддержание заданной температуры;
- Регулирование соотношения «газ-воздух»;
- Автоматическую отсечку подачи газа к горелке при:
 - повышении давления газа к горелке;
 - повышении давления воды на выходе из котла;
 - понижении давления воды на выходе из котла;
 - повышении температуры воды на выходе из котла;
 - отсутствии противотока;
 - исчезновении напряжения.

Защиты по понижению давления газа к горелке, понижению давления воздуха к горелке, погасанию пламени заложены в автоматике горелки.

Щиты 1-ЩК, 2-ЩК, 3-ЩК установлены у фасадов котлов.

Аппаратура управления насосами котлового контура, подпиточными насосами, клапаном-отсекателем газа и вспомогательным оборудованием расположена в щите общекотельном ЩА, разработанном на базе контроллера ОВЕН ПЛК100.

Контроллер выполняет следующие функции:

- Каскадное включение котлов в зависимости от температуры наружного воздуха;
- АВР и управление насосами котлового контура и подпиточными насосами;
- Аварийная сигнализация (НА1).

Предусмотрено два режима управления насосами: автоматический и ручной. В автоматическом режиме управление насосами осуществляется от контроллера общекотельного ПЛК100. В ручном режиме управления пуск подпиточного насоса происходит по датчику давления на линии подпитки котлового контура,

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

сигнализация аварии насосов по датчику давления в напорном трубопроводе насосов. Пуск насосов котлового контура производится кнопками по месту, сигнализация аварии насосов по датчику давления в напорном трубопроводе.

Для контроля загазованности по метану (СН₄) и угарному газу (СО) применяется сигнализатор СТГ-1 с двумя выносными датчиками на метан и существующие сигнализаторы СОУ-1 и СГГ-6. Один выносной датчик на метан сигнализатора СТГ-1 установлен на стене на расстоянии 0,2 м от потолка в котельном зале №1 возле операторской, другой в котельном зале №2. Блок сигнализации и питания СТГ-1 со встроенным датчиком на угарный газ установлен на стене операторской у фасадов проектируемых котлов. Существующий сигнализатор горючих газ СГГ-6 установлен в районе ГРУ, сигнализатор оксида углерода СОУ-1 в котельном зале №2. При повышении концентраций контролируемых параметров выше предельно допустимых произойдет отсечка подачи газа в котельную быстродействующим запорным клапаном, установленном на вводе газопровода в котельную. Срабатывание быстродействующего запорного клапана сопровождается звуковой изоляцией (НА2) и высвечиванием сигнальной лампы «Загазованность» на щите ЩА. На щит ЩА также выведены следующие сигналы:

- Авария котла №1;
- Авария котла №2;
- Авария котла №3;
- АНУ в баке подпиточной воды;
- АВУ в баке подпиточной воды
- АНУ в баке сырой воды;
- АВУ в баке сырой воды;
- Авария насоса котлового контура;
- Авария подпиточного насоса;
- Давление воды в обратном трубопроводе низко.

Схема сигнализации выполнена с запоминанием первопричины аварии. Приборы и средства автоматизации должны быть заземлены согласно ПУЭ0 присоединены к общему контуру заземлителя.

8.3 Контрольно-измерительные приборы

Кроме приборов, выведенных на щит управления, применяется местная установка контрольно – измерительных приборов:

- термометров для измерения температур воды; манометров для измерения давления;
- различных тягометров и газоанализаторов;
- расходомеров;
- запально-сигнализирующих устройств.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Приборы, используемые в котельной, в зависимости от определяемых параметров, можно разделить на четыре группы:

- для измерения температуры;
- давления и разрежения;
- расхода жидкостей, водяного пара и газа;
- для анализа газов.

В зависимости от способов фиксирования результатов измерения приборы разделяют:

- на показывающие;
- регистрирующие (самопишущие);
- суммирующие (интегрирующие).

На шкале манометра должна быть нанесена красная черта на уровне деления, соответствующего рабочему давлению для данного элемента с учетом добавочного давления от веса столба жидкости.

Манометр должен быть установлен так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу, при этом шкала его должна быть расположена вертикально или с наклоном вперед до 30° для улучшения видимости показаний. Для водогрейных котлов приборы для измерения температуры воды должны быть установлены на входе и выходе воды.

Допустимая температура горячей воды должна быть отмечена на шкале термометра красной чертой.

Котельная работает с постоянным присутствием рабочего персонала.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

9.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов

В котельной 2 котла КВ-ГМ-1,5-115Н и 1 котел КВ-ГМ-1,0-115Н, предназначенные для нагрева сетевой воды до 115 °С, котлы работают на природном газе $Q_H^P = 37560$ КДж/м³ (при 0 °С и 0,10132 МПа). Кроме того в котельной установлены сетевые насосы, теплообменные аппараты и другое вспомогательное оборудование, к которым эксплуатационный и ремонтный персонал имеет непосредственное отношение.

Также в помещении котельной расположены циркуляционные насосы, установка водоподготовки с подпиточным баком объемом V=30 м³ и различные устройства автоматизации.

Основное топливо – природный газ, плотность – 0,685 кгс / м³. Давление газа на вводе в котельную p=0,25 МПа.

Котельная работает в автоматическом режиме с присутствием обслуживающего персонала. Сигнал о неполадках в работе котельной передается в помещение оператора. При эксплуатации тепловых энергоустановок на работников возможно воздействие вредных и (или) опасных производственных факторов, в том числе [4]:

- теплоносителя (пара, горячей воды), химических реагентов при возможных разрушениях элементов тепловых энергоустановок и трубопроводов;
- повышенной температуры наружной поверхности тепловых энергоустановок и трубопроводов;
- повышенной температуры воздуха рабочих зон;
- повышенной загазованности воздуха рабочих зон топливным газом;
- недостаточной освещенности рабочих зон;
- повышенного уровня шума, вибрации и излучений на рабочих местах;
- движущихся транспортных средств, грузоподъемных машин, перемещаемых материалов, подвижных частей теплового оборудования (компрессоры, насосы, вентиляторы) и инструмента;
- падающих предметов (элементов оборудования) и инструмента;
- расположения рабочих мест на значительной высоте (глубине) относительно поверхности пола (земли);
- стесненных условий работы (в камерах, отсеках, бункерах, колодцах);
- поражения электрическим током.

Возможные варианты возникновения аварийной ситуации:

- разрыв трубопроводов с выбросом горячей воды;
- взрыв газа при неправильной эксплуатации оборудования или при не срабатывании системы автоматизации или неправильной ее работы;
- пожар, приводящий к выбросу вредных веществ и высокой температуре.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

9.2 Безопасность производственных процессов и оборудования

Безопасность производственного процесса - это свойство производственного процесса соответствовать требованиям безопасности труда при проведении его в условиях, установленных нормативной документацией. Обеспечивается: правильным выбором технологических процессов, рабочих операций и порядка обслуживания производственного оборудования; выбором исходных материалов; выбором производственного оборудования; расположением производственного оборудования; организации рабочих мест; выбором способов хранения и транспортировки исходных материалов, готовой продукции и отходов производства; распределением функций между человеком и оборудованием; профессиональным отбором и обучением работников; применением средств защиты работников; включением требований безопасности в нормативно-техническую и технологическую документацию.

9.2.1 Воздух рабочей зоны

Общие мероприятия по охране труда [4]:

- оборудование оснащается необходимыми средствами защиты (предохранительные установки, электроблокировка) и сигнализацией об отклонении от рабочих параметров;
- производится контроль за исправным состоянием газовых сетей и газового оборудования;
- изолируются тепловыделяющее оборудование, трубопроводы и дымоходы (температура на поверхности изоляции менее 35 оС);
- трубопроводы маркируются наклейками, указывающими направление и характеристику среды;
- все металлические нетоковедущие части заземляются;
- выполнено требуемое освещение котельной и оборудования;
- установлены сигнализаторы для контроля загазованности помещения котельной оксидом углерода (СО) и природным газом (СН₄);
- работники, занятые техническим обслуживанием и ремонтом тепловых энергоустановок, обеспечиваются необходимым комплектом исправного инструмента и приспособлений в соответствии с требованиями технической документации организации-изготовителя;
- у входов в газоопасные помещения вывешиваются знаки безопасности, предупреждающие о наличии вредных веществ и об опасности пожара или взрыва;
- полы в производственных помещениях выполнены из негорючих материалов с негладкой и нескользкой поверхностью; быть ровными и иметь устройства для отвода воды в канализацию;
- в производственных помещениях устанавливаются закрывающиеся металлические ящики с отделениями для чистого и грязного обтирочного материала.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

9.2.2 Воздух рабочей зоны

Микроклимат рабочей среды оказывает воздействие на процесс теплообмена и характер работы. Микроклимат характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения, а также интенсивностью теплового излучения. Длительность воздействия на человека неблагоприятных метеорологических условий, может резко ухудшить его самочувствие, снижает производительность труда и привести к заболеваниям. В таблице 10.1 приведены допустимые значения микроклимата в котельной.

Работа оператора котельной происходит сидя, стоя и ходьбой, но не требует систематических напряжений или поднятия тяжестей с энергозатратами организма до 140 Вт, следовательно, категория выполняемых работ Ia в операторской и Ib при обходах технологического оборудования.

В ГОСТ 12.1.005-88 (2001) ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» указаны оптимальные и допустимые показатели в производственных помещениях. Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону, а допустимые устанавливаются отдельно для постоянных и непостоянных рабочих мест в тех случаях, когда по технологическим, техническим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные условия.

Интенсивность теплового облучения оператора котельной от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 100 Вт/м^2 – при облучении не более 25% поверхности тела. Интенсивность теплового облучения оператора от открытых источников (нагретый металл, «открытое пламя и др.) не должна превышать 140 Вт/м^2 , при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств лица и глаз.

Для профилактики тепловых травм температура наружных поверхностей технологического оборудования или ограждающих его устройств не должна превышать $45 \text{ }^\circ\text{C}$.

С целью защиты оператора котельной от воздействия теплового излучения необходимо использовать теплоизоляцию горячих поверхностей.

Для нормирования количества вредных веществ в воздухе рабочей зоны установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) для каждого вещества, которые приведены в ГОСТ 12.1.005-88 (2001) ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

В нормативном документе ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ И – 01.12.81; 02.06.90. «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» устанавливаются степени воздействия на организм вредных веществ, а так же требования безопасности.

Наличие в котельной вентиляции и отопления обеспечивают удаление излишков влаги, вредных газов, пыли. Данную тему регулирует СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». В нем описаны основные позиции в области отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

9.2.3 Световая среда

По типу источника производственное освещение бывает:

- естественное - за счет солнечного излучения;
- искусственное - за счет источников света;
- совмещенное.

Недостаточное освещение вызывает постоянное напряжение зрения. При выполнении любых работ недостаточная естественная и искусственная освещенность приводит к ослаблению, а иногда и потере зрения и возрастанию вероятности травматизма.

Основные требования, предъявляемые к производственному освещению - это соответствие освещенности характеру зрительной работы, постоянство освещенности во времени, обеспечение электро-, взрыво- и пожаробезопасности. Эти требования могут быть соблюдены при правильном выборе типа и системы производственного освещения.

В соответствии со СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» помещение котельной должно быть обеспечено достаточным естественным светом, а в ночное время — искусственным освещением.

Для дежурного оператора котельной установки освещение рабочей зоны определяется по СП 52.13330.2016.

Помимо рабочего освещения в котельной предусматривается аварийное освещение от источников питания, независимых от общей электроосветительной системы котельной.

9.2.4 Виброакустические факторы

Шум является одним из факторов, сопровождающих практически любой производственный процесс, и оказывает воздействие на окружающую среду.

Неблагоприятные воздействия шума определяют комплекс мер, направленные на снижение шума, которые предпринимают разработчики конструкций и технологий, специалисты в области безопасности и комфортности труда. К данным мерам относят различные рода конструктивные приемы, технологические и защитные мероприятия.

Работа оборудования котельной сопровождается механическими, аэродинамическими и гидравлическими шумами. Поэтому оно должно быть спроектировано так, чтобы шум при любых режимах эксплуатации не превышал установленных стандартами допустимых уровней.

Однако большое распространение в промышленности получили методы, основанные на поглощении шума на пути его распространения, такие как звукоизоляция, звукопоглощение. А также достигается снижение шума благодаря применению следующих средств: звукоизолирующих кожухов, рациональным размещением оборудования, дистанционным управлением оборудованием.

В качестве индивидуальных средств защиты используют вкладыши и наушники.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Источниками повышенного уровня шума в помещении котельной являются следующие оборудования:

- котлы;
- электродвигатели;
- горелки;
- трубопроводы.

Производственный шум оказывает вредное воздействие на организм человека: нарушает работу сердечно-сосудистой системы, некоторых внутренних органов, способствует возникновению гипертонических болезней, ослабляет слуховую способность.

Согласно нормативным значениям уровней шумов (ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности») на щитах дистанционного управления и наблюдения с речевой связью по телефону, уровень звука должен составлять не более 65 дБА.

Меры по защите от повышенного шума и вибрации осуществляются согласно нормативному документу: ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ «Средства и методы защиты от шума». Рабочее место оператора вынесено в отдельное помещение. Обход котельной происходит с периодичностью 1 час.

9.2.5 Повышенный уровень вибрации

Вибрация представляет собой процесс распространения механических колебаний в твердом теле. В таблице 10.2 приведены допустимые значения вибрации в котельной.

Длительное воздействие вибрации ведет к развитию профессиональной вибрационной болезни. Вибрация, воздействуя на машинный компонент системы человек-машина, снижает производительность технических установок, вызывает нарушение работы оборудования и т.д.

Вибрации характеризуются частотой и амплитудой смещения, скоростью и ускорением.

Особенно вредны вибрации с вынужденной частотой, совпадающей с частотой собственных колебаний тел человека или его отдельных органов (для тела человека 6...9 Гц, для головы 6 Гц, желудка 8 Гц, других органов - в пределах 25 Гц).

Частичный диапазон расстройств зрительных восприятий лежит между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок.

Вибрация по способу передачи по телу человека подразделяется на общую (воздействие на все тело человека) и локальную (воздействие на отдельные части тела - руки или ноги).

Общую вибрацию по источнику ее возникновения и возможности регулирования ее интенсивности оператором, подразделяют на категории, описанные в ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). «Вибрационная безопасность. Общие требования».

Локальная вибрация - вызывает спазм сосудов, которые начинаются с концевых фаланг пальцев рук и распространяются на всю кисть, предплечье,

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

захватывают сосуды сердца. Диапазон частот 35...250 Гц является наиболее критичным для развития вибрационной болезни.

Можно выделить несколько способов защиты от вибрации:

1. виброизоляция (осуществляется виброизоляторами с большим внутренним трением, которые устанавливаются на пути распространения вибрации. В качестве виброизоляторов применяют гибкие вставки в трубопроводах, прокладки из резины, стальные пружины и т.д.);

2. вибропоглощение (осуществляется рассеиванием энергии колебаний на преодоление сил трения.);

3. виброгашение (осуществляется за счет потерь энергии колебаний на преодоление инерционного или упругого сопротивления);

4. уменьшение возбуждающих вибрацию сил в самом её источнике

В котельной котел и вспомогательное оборудование размещены с учетом создания минимальных уровней вибрации на рабочих местах ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). «Вибрационная безопасность. Общие требования». Санитарные нормы показателей вибрационной нагрузки на оператора приведены в таблице (9.1).

Таблица 9.1 - Санитарные нормы показателей вибрационной нагрузки на оператора ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). «Вибрационная безопасность. Общие требования»

Вид вибрации	Категория вибрации по санитарным нормам	Нормативные, скорректированные по частоте и эквивалентные скорректированные значения			
		виброускорения		виброскорости	
		м/с ²	дБ	м/с·10 ⁻²	дБ
Общая	3 тип А	0,1	100	0,2	92
	3 тип В	0,014	83	0,028	75

9.3 Безопасность производственных процессов и оборудования

Производственная инструкция по обслуживанию котлов и вспомогательного оборудования должна быть вывешена на рабочем месте оператора котельной.

Персонал котельной должен четко знать и выполнять все требования, изложенные в производственной инструкции.

Обслуживание котлов может быть поручено лицам не моложе 18 лет, прошедшим медицинское освидетельствование, обученным по соответствующей программе и имеющим удостоверение квалификационной комиссии на право обслуживания котлов.

Повторная проверка знаний этих лиц должна производиться комиссией предприятия.

При вступлении на дежурство персонал котельной обязан, ознакомиться с записями в оперативном журнале, и проверить исправность обслуживаемых котлов и относящегося к ним оборудования, а также исправность аварийного освещения.

Приём и сдача смены должны оформляться старшим оператором по смене записью в оперативном журнале с указанием результатов проверки котлов и относящегося к ним оборудования, водоуказательных приборов, сигнализаторов предельных уровней воды, манометров, предохранительных клапанов, питательных приборов и средств автоматики.

Операторы котельной во время дежурства не должны отвлекаться от выполнения своих обязанностей, возложенных на них данной инструкцией.

Помещение котельной, котлы и всё оборудование должны содержаться в исправном виде и надлежащей чистоте.

Запрещается загромождать помещения котельной или хранить в нём какие-либо материалы и предметы. Проходы в котельной и выходы из неё должны быть всегда свободными. Двери для выхода из котельной должны легко открываться наружу.

Открывание люков и лючков, а также ремонт элементов котлов разрешается производить только при полном отсутствии давления. Перед открыванием люков и лючков, расположенных в пределах водяного пространства вода из элементов котлов должна быть удалена.

При работе в котле, на его площадках и в газоходах для освещения должно применяться напряжение не выше 12 В.

При обнаружении признаков загазованности помещения котельной включение и выключение электроосвещения и электрооборудования, выполненного не во взрывозащищённом исполнении, растопка котлов, а также пользование открытым огнём запрещается. Настоящий стандарт устанавливает следующие сигнальные цвета: красный, желтый, зеленый, синий. Для усиления зрительного восприятия цветографических изображений знаков безопасности и сигнальной разметки сигнальные цвета следует применять в сочетании с контрастными цветами – белым или черным. Контрастные цвета необходимо использовать для выполнения графических символов и поясняющих надписей.

9.3.1 Электробезопасность

Электронасыщенность современного производства формирует электрическую безопасность, источником которой могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструмент, работающая на электричестве.

Конструкция производственного оборудования должны отвечать нормам электробезопасности.

Требования по электробезопасности ссылаются на следующие нормативные документы:

ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ И 1.08.87 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».

ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ И - 1.04.88 «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов».

Можно выделить следующие причины поражения электрическим током:

- случайные прикосновения к токоведущим частям,
- поражения при поврежденной изоляции,
- вследствие ошибочного включения установки, находящейся под напряжением.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрическим током зависит от:

- рода и величины напряжения и силы электрического тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения электрического тока через тело человека;
- продолжительности воздействия электрического тока на человека.

Взаимодействие с электрическим током может привести к:

- электротравмам (ожоги, механического повреждения, электроофтальмия);
- электрическим ударам (возможно со смертельным исходом).

Ранее был разработан стандарт, который устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через человека (ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»).

Помещение котельной по поражению электрическим током можно отнести к помещению с повышенной опасностью.

Основные мероприятия по защите рабочих от поражения электрическим током изложены в ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»

К мероприятиям по устранению опасности поражения электрическим током можно отнести следующее:

- защитное заземление;
- электрическая блокировка (при отключении котельных агрегатов предусматривают блокировку электродвигателей вспомогательного оборудования);

9.3.2 Пожаровзрывобезопасность

Оборудование котельной должно быть пожаро- и взрывобезопасным в предусмотренных условиях эксплуатации.

Данный раздел нормируют следующие документы:

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования».

СП 89.13330.2012 «Котельные установки».

СП 118.13330.2012* «Общественные здания и сооружения».

Согласно СП 89.13330.2012 «Котельные установки»:

- помещение котельной относится к категории «Г»;
- степень огнестойкости здания II;

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

- крыша котельной негорячая 3-го типа;
- стены противопожарные 2-го типа.

Горячие поверхности котельного оборудования, трубопроводов, размещенных в помещениях, в которых они создают опасность воспламенения, следует изолировать.

Внутренние поверхности стен котельной окрашены влагостойкими красками. Полы котельного помещения необходимо выполнять из негорячих материалов с негладкой и нескользящей поверхностью. Входные двери должны иметь пороги для предотвращения попадания воды за пределы котельной при аварии трубопроводов.

В помещении котельной необходимо не допускать захламления проходов и рабочих мест.

В помещении, а в необходимых случаях и у входа установлены пожарные щиты с набором пенных и углекислых огнетушителей, плотного полотна, ломов, багров, топоров. Рядом с пожарным щитом располагаются ящик с песком. Пожарные щиты устанавливаются в легко доступных местах, по возможности ближе к выходам из помещений.

Котельная должна быть оборудована пожарными кранами с рукавами и шлангами.

Для успешного тушения пожара согласно ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» на объекте применяется специальное оборудование.

Административное здание, в котором находится помещение дежурного оператора относится к категории «Д» и имеет II степень огнестойкости.

Помещения оснащаются ручными огнетушителями.

Огнетушители должны размещаться в легкодоступных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное воздействие отопительных и нагревательных приборов.

Ручные огнетушители должны размещаться путем навески на вертикальные конструкции на высоте не более 1,5 м от уровня пола. В ГОСТ 12.2.064-81 ССБТ. «Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности» идет повествование, что органы управления должны обеспечивать эффективное управление производственным оборудованием, как в обычных условиях эксплуатации, так и в аварийных ситуациях. Органы управления и функционально связанные с ними средства отображения информации необходимо располагать вблизи друг друга функциональными группами таким образом, чтобы рука работающего при манипуляции с ним не закрывала индикаторы.

Рациональное расположение оборудования, механизмов, приспособлений и инструментов сокращает лишние движения, снижает утомляемость, а, следовательно, и потери рабочего времени.

						13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
							84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Объект изучения находится в поселке Горняк КГО. Котельная мощностью 10 МВт, имеет 17 потребителей теплоты в том числе 2 детских сада и 1 школу. Топливо – природный газ.

В данной работе рассматривается возможность совершенствования тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3.

Исходные данные, полученные при расчете тепловых нагрузок:

Расчетный расход на отопление $Q_{от} = 6,39 \text{ МВт}$

Расчетный расход тепла на вентиляцию $Q_v = 0,14 \text{ МВт}$

Расчетный расход тепла на ГВС $Q_{ГВС} = 3,06 \text{ МВт}$

Суммарная тепловая нагрузка $Q = 9,59 \text{ МВт}$

Годовой расход топлива в котельной $B = 4207 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{год}$

Годовой расход исходной воды через КТАН $G_v = 38,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{год}$

Годовой расход на электроэнергию котельной $N_{эл} = 950,6 \text{ МВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$

10.1 Смета капитальных затрат на совершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3

Капитальные вложения совершенствования тепловой схемы котельной путем установки контактного теплообменника с активной насадкой (таблица 10.1) рассчитаны в ценах 2018 года.

Таблица 10.1 – Сводная объектная смета на усовершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3

Статьи затрат	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость за ед. тыс. руб.	Сумма тыс. руб.
1	2	3	4	5
1 Разработка проекта внедрения КТАН [51]	шт.	1	55,00	55,00
2 Оборудование, всего в том числе:	шт.	4	-	239,3
Контактный теплообменник с активной насадкой КТАН-0,1УГ [51]	шт.	1	90,00	90,00
Тепловое реле Danfoss T1 630 E [54]	шт.	2	22,15	44,30
Реле давления Danfoss RT 260 A [54]	шт.	2	32,00	64,00
Реле расхода Danfoss SONO 1500 [54]	шт.	1	41,00	41,00
3 Транспортировка КТАН [51]	компл.	1	30,00	30,00

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5
4 Монтаж оборудования КТАН [51]	компл.	1	40,00	40,00
5 Монтаж защитного оборудования [51]	компл.	1	35,00	35,00
6 Пуско-наладочные работы [51]	компл.	1	25,00	25,00
Всего				424,30

10.2 Смета текущих затрат на усовершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3

Рассмотрим годовые затраты на топливо без внедрения КТАН (10.1)

$$I_T = C_T \cdot B_{\text{год}}, \quad (10.1)$$

где C_T — цена топлива природного газа составляет 5800 руб./тыс. м³ [52]

$B_{\text{год}}$ — годовой расход топлива на котельной

$$I_T = 5800 \cdot 4207 = 24400,6 \text{ тыс. руб./год}$$

Годовые затраты на электроэнергию котельной без установки КТАН (10.2)

$$I_{\text{э}} = C_{\text{э}} \cdot N_{\text{э}}, \quad (10.2)$$

где $C_{\text{э}} = 3,03$ руб./кВт · ч — по тарифам ОАО «ЧелябЭнергосбыт»,

$N_{\text{э}}$ — годовая суммарная мощность электродвигателей котельной

$$I_{\text{э}} = 3,03 \cdot 950,6 \cdot 10^3 = 2880,3 \text{ тыс. руб./год}$$

Далее проведем расчеты при условии внедрения КТАН.

Количество теплоты, утилизированной в КТАН (10.3)

$$Q_{\text{час}} = Q_{\text{кт}} \cdot 3600, \quad (10.3)$$

$$Q_{\text{час}} = 0,156 \cdot 3600 = 561,6 \text{ МДж/ч}$$

Годовое количество утилизированной теплоты (10.4)

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{час}} \cdot \tau, \quad (10.4)$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

$$Q_{\text{год}} = 561,6 \cdot 260 \cdot 24 = 3504,3 \text{ ГДж/год}$$

Годовая экономия условного топлива (10.5)

$$\Delta B_{\text{ут}} = \frac{Q_{\text{год}} \cdot 10^{-3}}{Q_{\text{н ут}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{к}}}, \quad (10.5)$$

где $Q_{\text{н ут}}^{\text{р}} = 29,33 \text{ МДж/кг}$ – теплотворная способность условного топлива

$$\Delta B_{\text{ут}} = \frac{3504,3 \cdot 10^{-3}}{29,33 \cdot 0,93} = 128,47 \text{ туг/год}$$

Экономия природного газа (10.6)

$$\Delta B_{\text{г}} = 1,15 \cdot \Delta B_{\text{ут}} \cdot \frac{Q_{\text{н ут}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}, \quad (10.6)$$

где $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – это низшая теплота сгорания природного газа,

1,15 – коэффициент перевода условного топлива в натуральное.

$$\Delta B_{\text{г}} = 1,15 \cdot 128,47 \cdot \frac{29,33}{37,56} = 115,37 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$$

Дополнительный расход электроэнергии (10.7)

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = N_{\text{н}} \cdot \tau_{\text{н}}, \quad (10.7)$$

где $N_{\text{н}}$ – дополнительная потребляемая мощность ,

$\tau_{\text{н}}$ – число часов работы электродвигателей.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 1,2 \cdot 5460 = 6552 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

Затраты на электроэнергию (10.8)

$$I_{\text{эл}} = \mathcal{E}_{\text{год}} \cdot C_{\text{ээ}}, \quad (10.8)$$

где $C_{\text{ээ}} = 3,03 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч}$ – по тарифам ОАО «ЧелябЭнергосбыт»

$$I_{\text{эл}} = 6552 \cdot 3,03 = 19,852 \text{ тыс. руб/год}$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

Затраты на содержание оборудования в части материалов и запчастей для ремонта составляют 1% от стоимости оборудования рассчитаем по формуле (10.9)

$$I_{\text{сод}} = 0,01 \cdot O_{\text{об}}, \quad (10.9)$$

где $O_{\text{об}} = 239,3$ тыс. руб – стоимость оборудования (см. таблицу 10.1)

$$I_{\text{сод}} = 0,01 \cdot 239,3 = 2,39 \text{ тыс. руб/год}$$

Амортизация оборудования (10.10)

$$I_a = H_a \cdot O_{\text{об}}, \quad (10.10)$$

где $H_a = 10\%$ – норма амортизации

$$I_a = 0,1 \cdot 239,3 = 23,93 \text{ тыс. руб/год}$$

Затраты на содержание и текущий ремонт (10.11)

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot O_{\text{об}}, \quad (10.11)$$

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot 239,3 = 47,86 \text{ тыс. руб/год}$$

Годовые текущие затраты (10.12)

$$I_{\text{год}} = I_{\text{эл}} + I_{\text{сод}} + I_a + I_{\text{тр}}, \quad (10.12)$$

$$I_{\text{год}} = 19,852 + 2,39 + 23,93 + 47,86 = 94 \text{ тыс. руб/год}$$

Приведенные затраты по установке КТАН-0,1УГ (12.13)

$$З = I_{\text{год}} + E_n \cdot O_{\text{об}}, \quad (10.13)$$

где $E_n = 0,15$ – это нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности.

$$З = 94 + 0,15 \cdot 239,3 = 129,89 \text{ тыс. руб/год}$$

Экономический эффект (10.14)

$$\mathcal{E} = B_{\text{год}} \cdot \overline{Ц_T} + З, \quad (10.14)$$

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

где $\overline{C}_T = 5,8 \text{руб/м}^3$ – цена топлива природного газа [52]

$$\mathcal{E} = 115,37 \cdot 5,8 + 129,89 = 799,1 \text{ тыс. руб/год}$$

Прирост прибыли от внедрения КТАН (10.15)

$$\Delta\Pi = B_{\text{год}} \cdot \overline{C}_T - I_{\text{год}}, \quad (10.15)$$

$$\Delta\Pi = 115,37 \cdot 5,8 - 94 = 575,14 \text{ тыс. руб/год}$$

Экономический хозрасчетный эффект на предприятии за счет утилизации теплоты (10.16)

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = \Delta\Pi - E_{\text{н}} \cdot O_{\text{об}}, \quad (10.16)$$

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = 575,14 - 0,15 \cdot 239,3 = 539,25 \text{ тыс. руб/год}$$

Срок окупаемости капитальных вложений при совершенствовании тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3 (10.17)

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}}, \quad (10.17)$$

$$T = \frac{424,3}{799,1} = 0,53 \text{ год или } 6,5 \text{ месяцев}$$

Оценим рентабельность проекта (10.18)

$$R = \frac{\mathcal{E}_{\text{п}}}{K} \cdot 100\%, \quad (10.18)$$

$$R = \frac{539,25}{4243} \cdot 100\% = 12,7\%$$

Вывод: Расчетный срок окупаемости проекта составил 6,5 месяцев, что меньше 5 лет, принятых в практике долгосрочного кредитования в настоящее время, следовательно, проект экономически целесообразен.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

10.3 Модель ранжирования проблем теплоэнергетики и теплотехники

Классификация проблем управления создает научную основу для их выявления, исследования и расположения по приоритетам важности решения. В этих целях применяются методы ранговой корреляции и экспертных оценок, позволяющие распределить (проранжировать) проблемы по их важности.

Ранжирование проблемы образования отложений накипи изображена на рисунке 10.1.

Степень важности решения проблем			
высокая	<table border="1"> <tr> <td>Потребность в тепловой энергии на ГВС для потребителей района</td> <td>Неиспользование теплоты уходящих газов</td> </tr> </table>	Потребность в тепловой энергии на ГВС для потребителей района	Неиспользование теплоты уходящих газов
Потребность в тепловой энергии на ГВС для потребителей района	Неиспользование теплоты уходящих газов		
низкая	<table border="1"> <tr> <td>Морально устаревшие средства КИПиА</td> <td>Котельные агрегаты с высокой температурой уходящих газов</td> </tr> </table>	Морально устаревшие средства КИПиА	Котельные агрегаты с высокой температурой уходящих газов
Морально устаревшие средства КИПиА	Котельные агрегаты с высокой температурой уходящих газов		
низкая	высокая		
Степень срочности решения проблем			

Рисунок 10.1. –Ранжирование проблемы образования накипи

10.4 Модель причинно-следственной связи

Причинно-следственная диаграмма – инструмент, позволяющий выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие). Причинно-следственная диаграмма проблемы о неиспользовании теплоты уходящих газов представлена на рисунке 10.2.

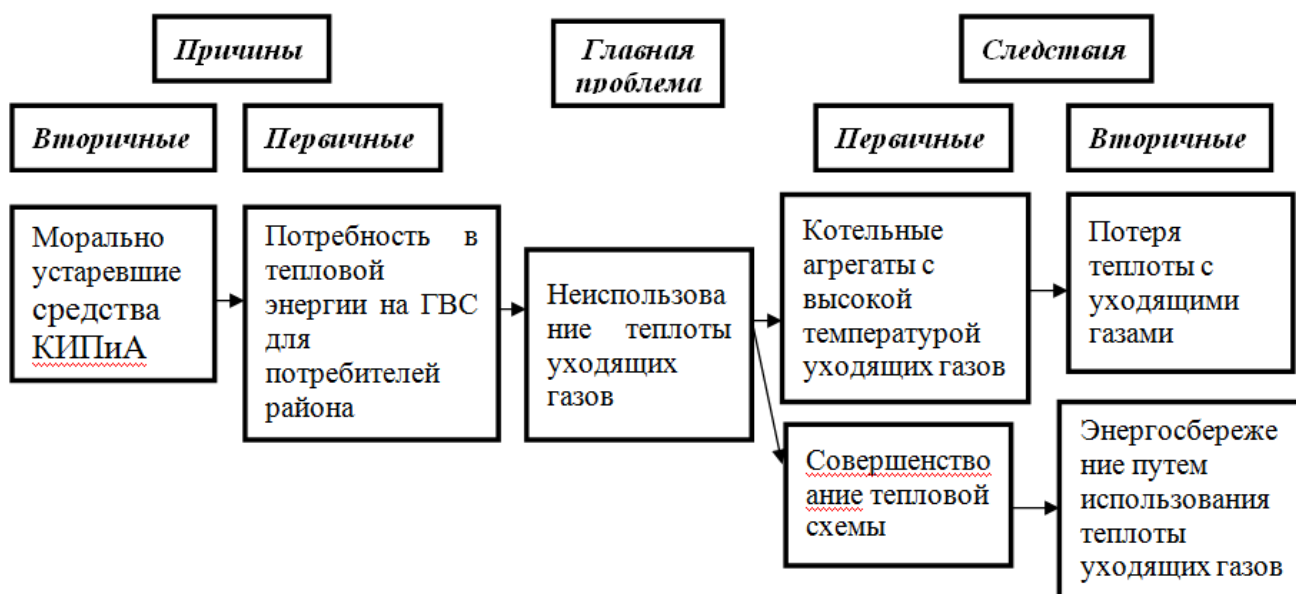


Рисунок 10.2. –Причинно-следственная диаграмма проблемы неиспользования теплоты уходящих газов

10.5 Модель SWOT- анализ вариантов технических решений

Анализ технического решения осуществляется методом SWOT-анализа. Для этого составляется две матрицы, в каждой из которых приводятся сильные (S), слабые стороны технического решения (W), возможности внешней среды (O) и угрозы внешней среды (T) осуществлению проекта.

Проведем SWOT-анализ варианта без усовершенствования тепловой схемы (таблица 10.2)

Таблица 10.2 – SWOT-анализ варианта без усовершенствования тепловой схемы

<p>S (сильные стороны) - нет капитальных затрат</p>	<p>W (слабые стороны) - невозможность регулирования нагрузок; - при снижении уровня контроля – возможно разрушение установки</p>
<p>O (возможности) - возросшие потребности в тепле</p>	<p>T (угрозы) - повышение цен на природный газ</p>

В таблице 10.3 представлен SWOT-анализ варианта с усовершенствования тепловой схемы за счет установки КТАН за котлом № 3

Таблица 10.3 – SWOT-анализ варианта с усовершенствования тепловой схемы за счет установки КТАН за котлом № 3

<p>S (сильные стороны) - покрытие необходимых нагрузок на отопление и ГВС; - наличие квалифицированного персонала - компактность, что позволяет экономить монтажную площадь</p>	<p>W (слабые стороны) - затраты на новое оборудование; - затраты на монтаж оборудования; - полная или частичная остановка производства</p>
<p>O (возможности) - большой выбор оборудования; - интерес к предприятию со стороны инвесторов</p>	<p>T (угрозы) - рост цен на природный газ; - рост цен на оборудование</p>

Рассмотрев SWOT-анализ вариантов можно сделать вывод: мероприятия с усовершенствованием тепловой схемы котельной являются целесообразными по наличию благоприятных возможностей, сильных и слабых сторон предприятия, определяющих пути его развития. Такой проект рекомендован к внедрению, поскольку решаются не только технические вопросы по работе котельной, но и экологические.

10.6 Планирование целей предприятия и проекта

10.6.1 Планирование целей предприятия и проекта в пирамиде целеполагания

Планирование – это вид управленческой деятельности, связанной с составлением планов организации в целом, подразделений, функциональных подсистем, отделов и служб.

Планирование не всегда рассматривается как отдельный вид деятельности. Зачастую оно рассматривается в рамках стратегического планирования и формирования стратегии. Тем не менее, стратегическое управление и планирование не охватывает само по себе все вопросы планирования.

Установка целей и задач. Этот этап связан с определением, правильной постановкой и систематизацией целей организации. Если в организации осуществляется стратегическое планирование, то в дальнейшая декомпозиция основных целей уступает место разработке стратегии.

Разработка стратегий, программ и планов для достижения целей. Стратегия, как способ и средство достижения поставленных целей определяет дальнейший процесс планирования. На этом этапе уточняются цели и задачи, формируются способы их достижения. Постановка миссии и целей предприятия, а также разработка стратегии поведения, которая обеспечит выполнение миссии и достижения всех целей, является одной из приоритетных задач руководства и составляет важную роль в работе АО «ЧОКЭ». Миссия – описывает деятельность компании в настоящее время, предназначения в условиях постоянно изменяющейся внешней среды, она реализуется через стратегии.

Цели:

1. Обеспечить повышение эффективности работы котельной и надежность поставок тепла на 1,5 % к 31.12.2019 г.;
2. Завершить совершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк путем установки контактного теплообменника с активной насадкой за котлом № 3 к 31.12.2019 г..

Стратегия включает в себя производство, топливообеспечение, направлена на поддержание высокого уровня конкурентоспособности, обеспечение требуемого объема доступных рабочих мощностей с высоким уровнем эффективности и надежности.

Функции управления: управлять, планировать, руководить, контролировать, мотивировать.

Пирамида целеполагания предприятия АО «ЧелябОблКоммуналЭнерго» представлена на рисунке 10.3

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Видение – Сохранение за собой роли основного поставщика тепловой энергии и ГВС в городе Копейске.

Миссия – АО «ЧОКЭ» – обеспечивать теплоснабжением и ГВС всех потребителей города Копейска.

Цели:

1. Завершить совершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк путем установки КТАН за котлом № 3 к 31.12.2019 г.

2. Подключить новых потребителей поселка Горняк города Копейска к отопительной котельной до 1 сентября 2019 года.

3. Бесперебойно снабжать потребителей по температурному графику 90/70 в течение отопительного периода 2019/2020.

Стратегия - это долгосрочные направления разработки и реализации плановых мероприятий, соответствующих установленным целям проектно-конструкторской работы или исследования.

Мероприятия:

1. Тепловой расчет оборудования котельной;
2. Поверочный расчет оборудования котельной;
3. Разработка проекта, составление документации;
4. Экспертиза безопасности и утверждение проекта;
5. Закупка материалов и оборудования;
6. Выполнение монтажных работ;
7. Пусконаладочные работы всех систем



Рисунок 10.3 – Пирамида целеполагания АО «ЧОКЭ»

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Видение: Сохранение за собой роли основного поставщика тепловой энергии и ГВС в городе Копейске.

Миссия: АО «ЧОКЭ» – обеспечивать теплоснабжением и ГВС всех потребителей города Копейска.

Цели:

1. Завершить совершенствование тепловой схемы котельной п. Горняк путем установки КТАН за котлом № 3 к 31.12.2019 г.
2. Подключить новых потребителей поселка Горняк города Копейска к отопительной котельной до 1 сентября 2019 года.
3. Бесперебойно снабжать потребителей по температурному графику 90/70 в течение отопительного периода 2019/2020.

Стратегия – это долговременные наиболее принципиально важные установки, планы, намерения руководства предприятия в отношении производства, доходов, расходов и капиталовложений.

1. Расширение производственных мощностей
2. Снижение себестоимости услуг и товаров
3. Улучшение условий труда для персонала котельной
4. Уменьшение количества утечек

Функции управления:

1. Прогнозировать и планировать
2. Организовывать
3. Координировать
4. Отдавать распоряжение
5. Контролировать

10.6.2 Планирование целей проекта в дереве целей

Дерево целей представляет собой структурную модель, показывающую соподчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. При построении дерева целей опираются на три основных принципа:

– соподчиненность, обуславливаемая иерархическим построением социальных систем, а так же наличием иерархии по времени и важности;

– развертываемость, выражаемая в том, что общая цель конкретизируется несколькими более лояльными, частными целями. Развертываемость может осуществляться по времени, уровню;

– соотносительная важность, заключающаяся в том, что цели одного и того же уровня имеют различное значение для достижения цели более высокого уровня.

Это позволяет ранжировать цели по степени важности, количественно определять их соотносительную важность через коэффициент значимости.

Для построения дерева целей миссия предприятия и цель проекта делится на более простые подцели и операционные цели его исполнителей. Основной точкой для планирования дерева целей является постановка целей, ценностей и миссии организации. Дерево целей проекта представлено на рисунке 10.4

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

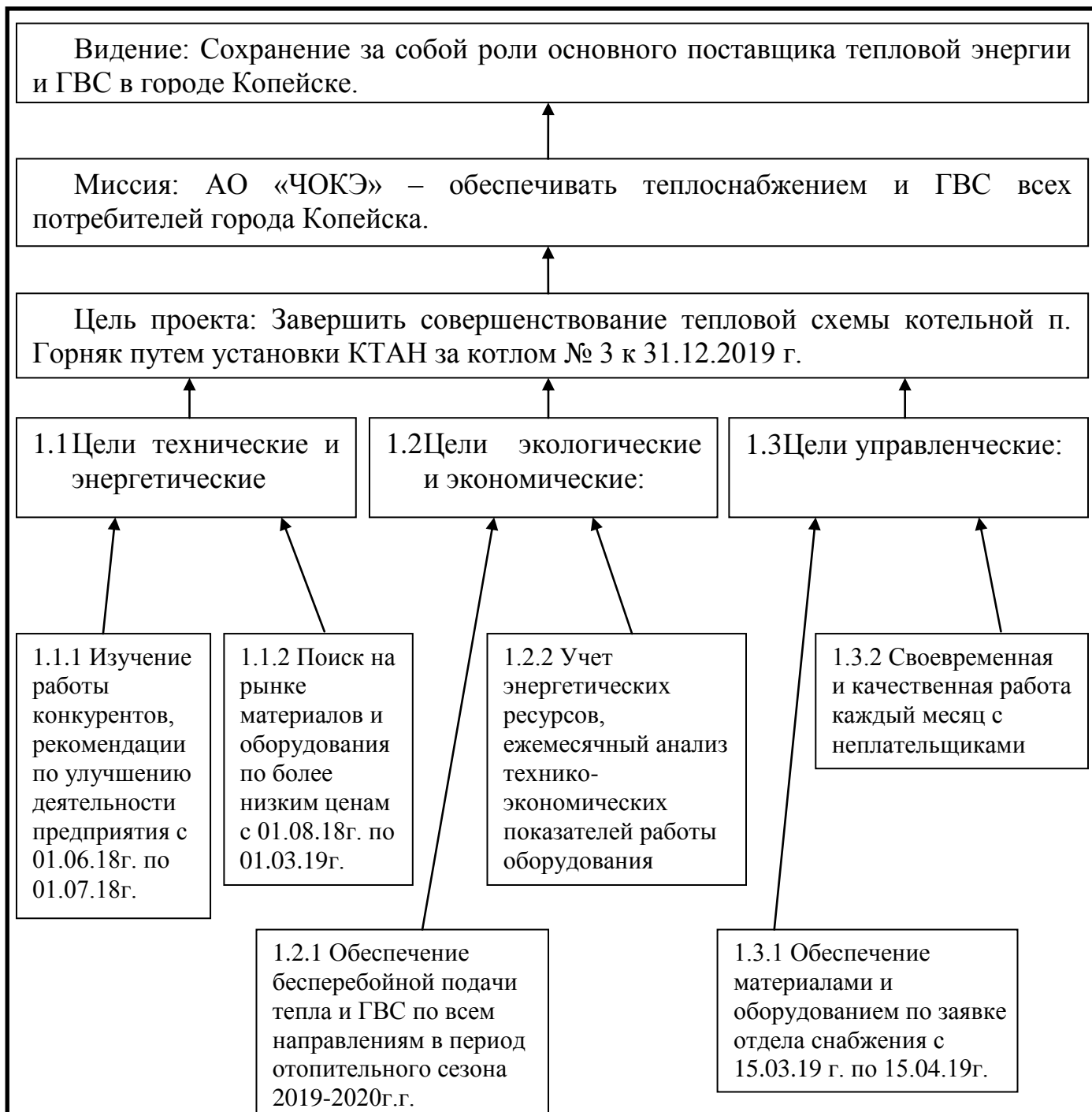


Рисунок 10.4 – Дерево целей проекта

10.7 Модель поля сил реализации проекта совершенствования котельной

Соотношение влияния движущих сил реализации целей и сдерживающих сил, этому препятствующих называется полем сил изменений.

Для выявления движущих и сдерживающих сил реализации данного проекта используем инструментарий – график поля сил К. Левина. Приведенное поле сил характеризует направленность развития энергохозяйства предприятия.

Поле сил изменений характеризует организационную надежность состояния организации, устойчивость и целенаправленность его развития на результат,

которые определяются соотношением движущих сил реализации цели и сдерживающих сил, этому препятствующих.

Рассмотрим сдерживающие силы:

1. Необходимость проведения испытаний и наладки оборудования специализированной организацией – внедрение в тепловую схему контактного теплообменника с активной насадкой, а так же проведение пуско-наладочных работ должно производиться специализированной организацией (заводом-изготовителем). Даже на наличии на предприятии АО «ЧОКЭ» высококвалифицированного персонала шеф-монтаж должен осуществляться заводом изготовителем, так как это является важным условием сохранения гарантийных условий оборудования. Влияние данных сил можно рассматривать как сильное.

2. Изношенность основных фондов – это изношенность некоторых элементов тепловой схемы, которые представляют риски при внедрении КТАНа, поэтому необходимо провести измерения и испытания оборудования для выяснения всех возможных рисков. Влияние данных сил можно рассматривать как среднее.

3. Дополнительные затраты на приобретение и доставку ресурсов – при установке КТАН требуются дополнительные затраты на водоснабжение и водоотведение, но в масштабах предприятия объемы для функционирования КТАН не являются существенным. Влияние данных сил можно рассматривать как слабое.

Рассмотрим движущие силы:

1. Необходимость в большом количестве тепловой и электрической энергии – для функционирования предприятия необходимо большое количество тепловой и электрической энергии. Внедрение КТАН носит как технический, так и экологический характер, так как уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу. Большое количество выбросов в атмосферу негативно сказывается не только на экологии п. Горняк, но и на экономической деятельности предприятия, так как превышение предельно допустимых показателей выбросов в окружающую среду влекут за собой плату на штрафы. Влияние данных сил можно рассматривать как сильное.

2. Сжатые сроки усовершенствования тепловой схемы – ориентировочный срок внедрения КТАН составляет 1 год, не является технически сложным и трудоемким процессом. Влияние данных сил можно рассматривать как среднее.

3. Наличие денежных ресурсов – предприятие АО «ЧОКЭ» является крупным предприятием производству тепловой энергии, ориентиром которого является внедрение новых технологий и модернизации существующего оборудования. Влияние данных сил можно рассматривать как среднее.

4. Квалифицированный персонал – на предприятии АО «ЧОКЭ» имеется высококвалифицированный, техническое и оперативное обслуживание КТАНа не требует обучения. Влияние данных сил можно рассматривать как слабое.

Схема поля сил для АО «ЧОКЭ» изображена на рисунке 10.3, где толщиной стрелок указаны относительные мощности сил при реализации проекта.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

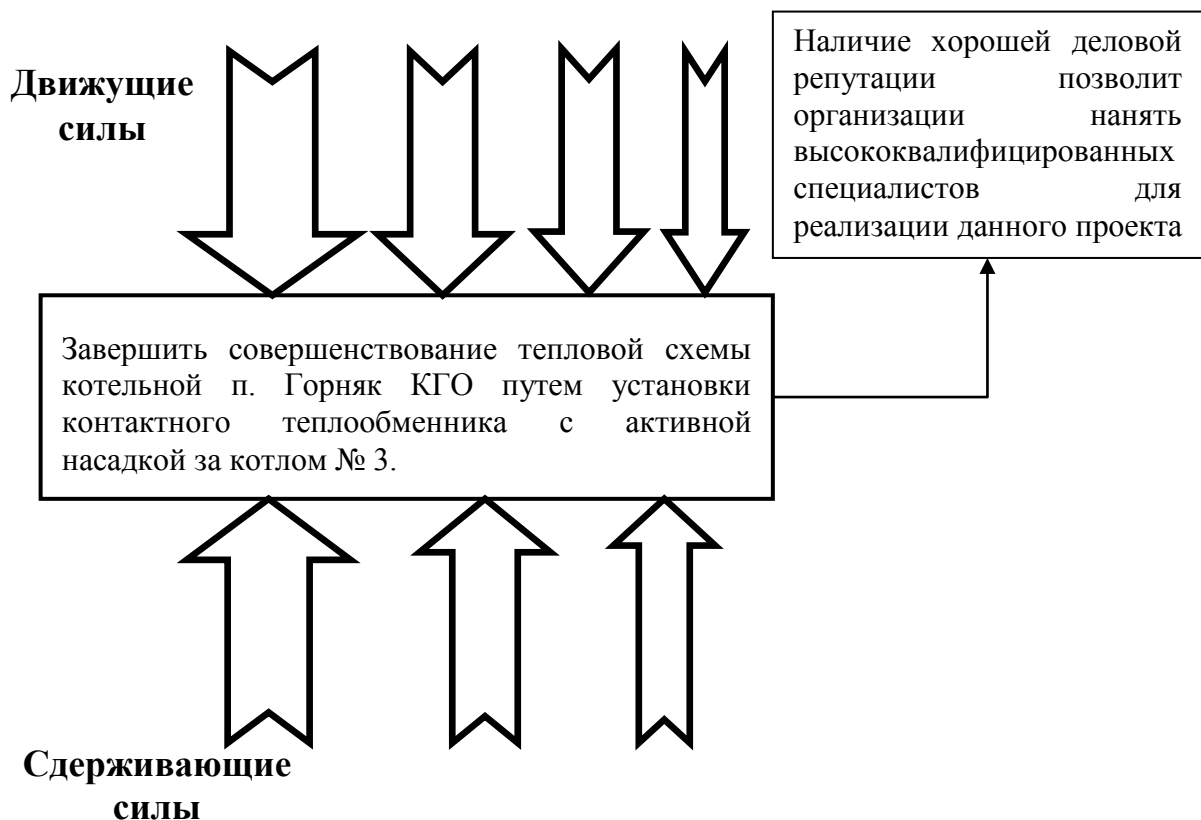


Рисунок 10.3 – Поле сил изменений системы

Вывод: поле сил изменений системы показывает, что на данном предприятии преобладают движущие силы, а это в свою очередь означает, что поставленная цель выполнима.

10.8 Ленточный график Ганта

Планирование проектной деятельности характеризуется регулярными уточнениями, корректировкой планов и их постоянной актуализацией не только на стадии разработки графика, но и в процессе реализации.

Представленное в виде ленточного графика Ганта расписание календарного рабочего плана даёт инструментальную возможность качественнее оценить ресурсные составы и взаимосвязи работ. Такое расписание создаётся, чтобы рассчитать и показать полную продолжительность проекта как выражения сроков выполнения проектных операций. Последовательность звеньев в цепочке процесса планирования, выраженная в расписании, соотносится с иерархической структурой работ, вовлеченностью материальных, финансовых и человеческих ресурсов. План график Ганта по мероприятиям реализации цели проекта отобразим в таблице 10.4

Таблица 10.4 – План-график Ганта по мероприятиям реализации проекта

Работы по проекту	Исполнители	Кол-во исполнителей	Продолжительность 2019г., мес.														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2			
1	2	3	4														
1. Разработка проекта, составление документации	Производственно-технический отдел	5	■	■													
2. Экспертиза безопасности и утверждение проекта	Экспертная организация	3			■												
3. Закупка материалов и оборудования	Отдел снабжения	2				■	■										
4. Выполнение монтажных работ	Подрядная организация	4						■	■	■	■						
5. Пусконаладочные работы всех систем	Подрядная организация	3							■	■	■						
6. Пуск в эксплуатацию	Обслуживающий персонал	8										■	■				
7. Сдача документации	Главный инженер	1													■	■	
8. Диагностика оборудования	Главный механик	1											■	■	■		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР

Лист

98

10.9 Основные технико-экономические показатели проекта

Основные технико-экономические показатели проекта совершенствования тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3 внесем в таблицу 10.5.

Таблица 10.5 – Основные технико-экономические показатели проекта

Показатель	Единицы измерения	Количество
1	2	3
Капитальные затраты на реализацию проекта	тыс. руб.	293,3
Стоимость оборудования	тыс. руб.	340,15
Годовые текущие затраты	тыс. руб./год	94
Экономия топлива после внедрения КТАН	тут/год	128,47
Экономический эффект	тыс. руб./год	799,1
Прирост прибыли в результате внедрения КТАНа	тыс. руб./год	584,14
Экономический хозрасчетный эффект на предприятии за счет утилизации теплоты	тыс. руб./год	539,25
Срок окупаемости проекта	месяцев	6,5
Рентабельность проекта	%	12,7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе было дано обоснование и актуальность совершенствования тепловой схемы котельной п. Горняк КГО путем установки КТАН за котлом № 3. Было проведено сравнение отечественных и зарубежных технологий. В четвертой главе были рассчитаны тепловые нагрузки, был проведен тепловой поверочный расчет котельного агрегата. В пятой главе были приведены основные мероприятия по энергосбережению. Дано описание КТАНа, схемы подключения для открытой и закрытой систем теплоснабжения. В шестой главе были проведены расчеты для контактного теплообменного аппарата с активной насадкой: теплобалансовый расчет, расчет поверхности теплообмена, аэродинамический расчет газового тракта котла с КТАНом, гидравлический расчет КТАНа. В седьмой главе был произведен расчет вредных выбросов и расчет минимальной высоты трубы была подобрана дымовая труба высотой 30 м. В восьмой главе были подробно описаны основные контрольно-измерительные приборы и устройства автоматизации. Также были рассмотрены основные мероприятия по безопасности жизнедеятельности. В десятой главе был проведен технико-экономический расчет.

По приведенным выше экономическим расчетам срок окупаемости реконструкции котельной составил 0,53 года, таким образом срок окупаемости намного меньше 5 лет, что является хорошим показателем, так как целью любого проекта является получение прибыли в кратчайшие сроки.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. – М.: Российская газета – Федеральный выпуск № 5050 (226), 2009.

2 Федеральный закон от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ (ред. От18.07.2011). О теплоснабжении // Российская газета. – 2010. - №5247 (168), 2010.

3 Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15648/]: приказ М-ва труда и социальной защиты Российской Федерации от 24.07.2013 №328-н. – Режим доступа :КонсультантПлюс.

4 Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок [<http://www.consultant.ru/law/hotdocs/44322.html>] : приказ М-ва труда и социальной защиты Российской Федерации от 17.08.2015 №551-н. – Режим доступа :КонсультантПлюс.

5 ГОСТ 21204-97 Горелки газовые промышленные. Общие технические требования. – М.: Изд-во Стандартиформ 2003.

6 ГОСТ Р 55682.5-2013 (ЕН 12952-5:2001). Котлы водотрубные и котельно-вспомогательное оборудование. Ч.5. Конструктивное исполнение и технология производства частей котла, работающих под давлением. - Введ. впервые. - М.: Изд-во Стандартиформ, 2014. - 72 с.

7 ГОСТ 31607–2012 «Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения». – М.: Изд-во Стандартиформ, 2013. – 16с.

8 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Изд-во стандартов, 2006.

9 ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ “Электробезопасность. Защитное заземление”. - М.: Изд-во стандартов, 2011.

10ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно-допустимые напряжения прикосновений токов» - М.: Изд-во стандартов, 2001.

11ГОСТ 12.4.011-96 ССБТ «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» - М.: Изд-во стандартов, 2001.

12НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: ДЕАН, 2011.

13СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008.

14СП 18.13330.2011. Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80. – М.: Минрегион России, 2011

15СП 31.13330.2012.Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84. – М.: Минрегион России 2013

16СП 89.13330.2012. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76. - М.: Минрегион России, 2012

17СП 56.13330.2011. СНиП 31-03-2001 Производственные здания.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

- 18СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – М.: Минрегион России, 2012.
- 19СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Минрегион России, 2012.
- 20СП 62.13330.2011. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 – М.: Минрегион России, 2012
- 21СП 74.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 2.04.86. – М.: Минрегион России, 2013
- 22ПБ 10–574–03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – М.:НПО ОБТ, 2003.
- 23ПБ 10–573–03. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. – М.: НПО ОБТ, 2003.
- 24ПБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. - М.: НПО ОБТ, 2003.
- 25 Алабугин, А.А. Экономико-управленческая часть дипломного проекта: Учебное пособие по выполнению дипломного проекта для студентов энергетического факультета/А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2010. – 46с.
- 26 Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.Я Берзиныш. - М.: Энергоатомиздат, 2010.
- 27 Булкин, А.Е. Автоматическое регулирование энергоустановок: учебное пособие для вузов. Гриф МО РФ / А.Е. Булкин. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.
- 28 Ветошкин, А.Г. Безопасность жизнедеятельности: Оценка производственной безопасности./ А.Г. Ветошкин., Г.П. Разживина – Пенза: Изд-во Пенз.госуд.архит.-строит. Академии, 2012.-172 с.
- 29 Грибанов, А.И. Очистка дымовых газов. Часть I. Методическое пособие /А.И. Грибанов – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006
- 30 Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях /А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011.
- 31 Куликов, А.И. Топливо. Тепловой баланс котельного агрегата: учеб.пособие /А.И. Куликов, А.Ф. Смоляков, И.Н. Дюкова и др. - СПб: СПбГЛТУ, 2012. - 64 с.
- 32 Липатников, Г.А. Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики /Липатников Г.А., Гузеев М.С. – 2007.
- 33 Липов, Ю.М. Котельные установки и парогенераторы: учебник для вузов/ Ю.М. Липов, Ю.М. Третьяков. – М.: 2006.
- 34 Луканин, В.Н. Теплотехника: учеб.для вузов/ В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; под ред. В.Н. Луканина. – 5-е изд., стер. – М.: Высш. шкл., 2008.
- 35 Назмеев, Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС: учеб.пособие для вузов /Ю.Г. Назмеев, В.М. Лавыгин. – М.: Издательство МЭИ, 2005.
- 36 Ривкин, А.С. Тепловой расчет котлоагрегата: учеб.пособие / А.С. Ривкин - Иваново: ИГЭУ, 2011. - 144 с.
- 37 Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды / П.В. Росляков – М.: Изд-во МЭИ, 2007.

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

38 Сергеев, А.В. Справочное учебное пособие для персонала котельных: Тепломеханическое оборудование котельных. - 4-е изд., перераб. и доп. / А.В. Сергеев - СПб.: ДЕАН, 2012. - 256 с.

39 Данилов, О.Л. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Горяев, А.В. Клименко и др. / под ред. А.В. Клименко. – 2-е изд., стер.– М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 424 с.

40 Аронов, И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа / И.З. Аронов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1990. – 280 с.

41 Ильин, И.Н. Об эффективности контактных теплообменников с активной насадкой / И.Н. Ильин, Д.М. Блумберга, В.А. Гришин и др. / Промышленная энергетика. – 1986. – № 8. – С. 22-24.

42 Овчаров, А.С. Рекомендации для проектирования котельных и промышленных ТЭЦ с применением КТАНов-утилизаторов. Методическое пособие / А.С. Овчаров, Н.И. Кириллова – Рига: Изд-во Латгитпропром, 1990

43 Таймаров, М.А. Тепловой расчет котельных агрегатов: учеб. пособие. – 2-е изд. / М.А. Таймаров – Казань: КГЭУ, 2005. - 155 с.

44 Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод / Коллектив авторов; под ред. Н.В. Кузнецова и др. – 2-е изд., перераб. / (РЕПРИНТ) — М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 296 с.: ил.

45 Стратегия социально-экономического развития Челябинской области до 2030 года - <http://www.econom-chelreg.ru/economicsstrateg>

46 Водогрейный котел KB-ГМ-1,5-115Н – <http://www.dkm.ru/catalog/malye-kotly/21.html>

47 Котел I.VAR SuperRAC 1450 – <http://ivar-industry.ru/products/superrac-ar>

48 Каталог насосов Wilo – <http://вило.рф/index.php?categoryID=682>

49 Теплообменники Ридан – http://www.ridan-nn.ru/nn_47_ridan

50 Горелки Cib Unigas – http://www.energoteplotstroy.ru/products/gorelki_P73A

51 Контактный теплообменник с активной насадкой КТАН-0,1УГ – <http://lagitprom.ru/products/catalog>

52 Тарифы на газ – <http://www.novatek74.ru/gaz-narody/tariffs/tarif/>

53 Тарифы на электроэнергию ОАО «ЧелябЭнергоСбыт» – <https://energo-24.ru/authors/energo-24/12877.html>

54 Каталог продукции компании Danfoss – <http://danfoss.sale/products/catalog>

					13.04.01.2018.296.11 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103