

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
Заочный факультет
Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПРОВЕРЕНА
Рецензент,
Директор ООО «ПКБ Союзпищепром»
_____ М.А. Бабайлов
«__» _____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент
_____ К.В.Осинцев
«__» _____ 2019 г.

**Разработка источника теплоснабжения посёлка Есаульский Сосновского
района Челябинской области**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2019.413.01. ПЗ ВКР

Консультант по разделу
«Экономика и управление»
старший преподаватель
_____ Р.А.Алабугина
«__» _____ 2019 г.

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
«__» _____ 2019 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель
_____ Р.А.Алабугина
«__» _____ 2019 г.

Автор работы,
студент группы ПЗ-579
_____ С.А.Абузаров
«__» _____ 2019 г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Абузаров С.А. Разработка источника теплоснабжения посёлка Есаульский Сосновского района Челябинской области – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ 2019, 87с. 5 ил. библиографический список – 59 наим. 1 прил., 5 листов чертежей ф.А1, 2 листа плаката ф.А1.

Для посёлка Есаульский встал вопрос о выборе источника теплоснабжения. Район строительства бизнес-центра имеет плотную застройку. Резервы тепловых мощностей для возможности подключения проектируемого здания к существующим тепловым сетям минимальны. Тепловые сети находятся в изношенном состоянии и имеют место колоссальные тепловые потери в них. Решение выбрать для здания бизнес-центра такой автономный источник теплоснабжения, как крышная котельная, является наиболее эффективным и целесообразным и позволит в кратчайшие сроки окупить данный проект.

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) бакалавра является разработка рассматриваемой крышной котельной.

Пояснительная записка содержит 9 разделов, в которых изложены основные расчеты тепловых нагрузок, температур и расходов сетевой воды, тепловой схемы котельной, расчет котла RS-D2000, проведено сравнение отечественных и зарубежных разработок в области котельного оборудования, определена экономическая эффективность и общий годовой экономический эффект от предложенного строительства крышной котельной, выполнен расчет минимальной высоты дымовой трубы, а также рассмотрены вопросы экологии, энергосбережения, автоматизации и безопасности жизнедеятельности при работе водогрейной котельной.

Графическая часть выполнена с применением AutoCAD – системы автоматизированного проектирования на 6-ти листах формата А1.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ КРЫШНОЙ КОТЕЛЬНОЙ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ТЕПЛА ПОС. ЕСАУЛЬСКИЙ.....	9
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	10
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	12
4 РАЗРАБОТКА КРЫШНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ДЛЯ ПОСЁЛКА ЕСАУЛЬСКИЙ....	17
4.1 Определение удельных тепловых нагрузок на отопление вентилияцию и ГВС	17
4.2 Расчёт суммарных тепловых нагрузок.....	28
4.3 Расчет годового отпуска теплоты.....	30
4.4 Расчёт температурного графика и расходов сетевой воды.....	31
4.5 Расчет расходов сетевой воды	36
4.6 Расчет тепловой схемы котельной	37
4.7 Выбор котельного агрегата	39
4.8 Тепловой расчет котла	40
4.9 Состав и количество продуктов сгорания	41
4.10 Расчет энтальпий продуктов сгорания.....	43
4.11 Проверка теплового баланса	43
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	45
5.1 Основные мероприятия по энергосбережению в котельных	46
5.2 Меры по энергосбережению, применяемые в крышной котельной	47
6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	51
6.1 Расчет выбросов окислов азота.....	51
6.2 Поверочный расчет дымовой трубы	52
7 АВТОМАТИЗАЦИЯ – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА.....	56
8 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И РЕСУРСА АВТОМАТИКИ КОТЕЛЬНОЙ	58
8.1 Область применения изобретения.....	58
8.2 Недостатки аналогов.....	59
8.3 Принцип работы изобретения.....	60
8.4 Выводы	62
9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	63
9.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов	63
9.2 Общие требования безопасности при работе в котельной	65
9.3 Требования безопасности перед началом работы в котельной	66
9.4 Требования безопасности во время работы в котельной	66
9.5 Требования безопасности в аварийных ситуациях.....	66
9.6 Меры безопасности при эксплуатации крышных котельных	67
9.7 Электробезопасность	67
9.8 Заземление и уравнивание потенциалов.....	69

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.012019.413.01 ПЗ				6

9.9 Молниезащита	70
9.10 Пожаровзрывобезопасность.....	70
10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	74
10.1 Определение сравнительной экономической эффективности применения методов сооружения нового объекта теплоэнергетики	74
10.2 Определение капитальных затрат по двум сопоставимым вариантам.....	74
10.3 Определение текущих затрат по двум сопоставимым вариантам	79
10.4 Определение экономической эффективности строительствакрышной котельной	80
10.5 SWOT – анализ вариантов технических решений.....	81
10.6 Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов крышнойкотельной для пос. Есаульский	83
10.7 Планирование целей проекта в дереве целей.....	85
10.8 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта).....	86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	90
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. График Ганта.....	88

ВВЕДЕНИЕ

С каждым днем плотность застройки увеличивается даже если речь идёт о посёлках.

В настоящее время в крупных городах теплоснабжение потребителей обеспечивается за счет тепловых электростанций. Дефицит топлива, энергоёмкость производств, экологическая перегрузка региона обостряют энергетическую проблему области.

Потребители тепла проявляют все больший интерес к эффективности использования котельного оборудования. Прослеживается четкая тенденция к возрастанию роли индивидуальных источников теплоснабжения, которые зачастую являются более экономичными по сравнению с ТЭЦ или централизованными котельными. Стоимость производимого тепла в индивидуальных котельных, как правило, в 2-3 раза ниже по сравнению с централизованными источниками тепла. В связи с этим в последние годы на российском рынке значительно вырос спрос на автоматизированные котлы малой мощности.

В большинстве случаев запросы потребителей на такое оборудование удается удовлетворить, используя котлы мощностью до 6,5 МВт, при этом наиболее приемлемыми для отопительных котельных, исходя из соображений экономичности, надежности, безопасности и простоты эксплуатации, являются автоматизированные водогрейные котлы с температурой воды на выходе 95-115 °С. В настоящее время на российском рынке появился большой выбор как отечественного, так и импортного котельного оборудования.

Отдельное внимание среди индивидуальных источников теплоснабжения заслуживают крышные котельные. Они возводятся на кровле здания, и обеспечивают его теплом и ГВС.

В посёлке Есаульский Челябинской области было принято решение в связи с увеличением потребления тепла в качестве источника тепловой энергии для разработать крышную котельную, которая и будет служить объектом исследования ВКР. Целью работы является предложение разработки крышной котельной для посёлка есаульский

Задачи работы:

- обоснование актуальности выбора крышной котельной в качестве источника тепловой энергии пос. Есаульский;
- определение тепловых нагрузок и мощностикотлов;
- предложение тепловой схемкотельной;
- выполнение ряда технических расчетов (расчет тепловой схемы котельной, определение выбросов и минимальной высоты дымовойтрубы);
- технико-экономической обоснование строительства предложенной котельной и расчет годового экономическогоэффекта.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ КРЫШНОЙ КОТЕЛЬНОЙ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ТЕПЛА ПОС. ЕСАУЛЬСКИЙ

В посёлок Есаульский постоянно растёт потребление тепла, и эти потребности может покрыть только постройка котельной. Проектом предусматривается размещение котельной на кровле здания. Категория производства - Г. Водогрейная котельная для ОАО «Есаульское ремонтно-техническое предприятие» мощностью 6 МВт проектируется по ул. Трактористов, 1 в пос. Есаульский, Сосновского района Челябинской области. Котельная расположена в существующем здании.

Газоснабжение предусмотрено природным газом по ГОСТ 5542-2014 с низшей теплотой сгорания $Q_p^H = 8000 \text{ ккал/м}^3$ (33980 Дж/м^3). Общий расход газа на котельную составит: $Q = 690,0 \text{ м}^3/\text{ч}$

Строительная характеристика района строительства проектируемой котельной:

- по снеговому покрову: -IV;
- по давлению ветра III.

Для отопительного режима теплоснабжения предусматривается установка трёх водогрейных котлов RS-D 2000, теплопроизводительностью $Q = 2000 \text{ кВт}$ каждый.

Теплоноситель на все нужды теплоснабжения в отопительный период – горячая вода с температурой $t = 90/70 \text{ }^\circ\text{C}$;

Теплоноситель для нужд ГВС в неотапливаемый период – горячая вода с температурой в подающем трубопроводе $t_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, в обратном трубопроводе $t_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

Работа котельной предусматривается без постоянного обслуживающего персонала. По надежности отпуска тепла котельная относится ко II категории.

Отвод дымовых газов предусматривается через индивидуальные дымовые трубы $\varnothing 500 \text{ мм}$ изготавливаемых из листовой нержавеющей стали толщиной 1 мм с изоляцией изделиями из минеральной ваты и покровным слоем из оцинкованной листовой стали. Общая высота дымовых труб из отдельных элементов составляет 10,5 м от устья трубы до подвода газохода. В нижней части дымовых труб предусматривается устройство карманов со штуцерами с запорной арматурой для сбора и отвода конденсата, образующегося при отводе дымовых газов от котлов. Отвод конденсата предусматривается по системе дренажных трубопроводов котельной в сборный дренажный бак объемом $V = 5 \text{ м}^3$, установленный в подвальном помещении.

Заполнение системы и подпитка контура теплоснабжения котельной предусматривается от городского водопровода с добавлением реагента Комплексон-6 для обеспечения без накипного режима и химического связывания кислорода.

Для компенсации температурных расширений теплоносителя в системе трубопроводов котельной предусматривается установка мембранного расширительного бака WRV-200 WesterLine объемом 200 л

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Выпускная квалификационная работа выполнена в соответствии с СП 89.13330.1012. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76 [22], ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов [12].

В спецчасти ВКР выполняются технические расчеты. Определение тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС производится по климатологическим данным г. Челябинска в соответствии со СНиП 23-01-99*. Строительная климатология [18].

Расчет тепловой схемы котельной выполнен при использовании учебного пособия Кириллова В.В. «Расчет тепловых схем источников теплоснабжения промышленных предприятий» [34]; тепловой расчет котла произведен, руководствуясь Нормативным методом «Тепловой расчет котлов» [44], а также учебным пособием А. П. Лумми, «Расчет жаротрубно-дымогарного котла» [37].

Раздел «Энергосбережение» основан на Федеральном законе РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [1].

Раздел экологии разработан при использовании учебника для ВУЗов П.В. Рослякова «Методы защиты окружающей среды» [40]. Поверочный расчет дымовой трубы котельной произведен на основании Методики расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе от выбросов предприятий [38].

Основополагающим нормативным документом для раздела автоматизации является ГОСТ 21.404-85. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах [10].

При разработке мероприятий по охране труда и технике безопасности, основными нормативными документами являются были использованы:

ГОСТ 12.0.003-80. Опасные и вредные производственные факторы. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1980[3];

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2006[5];

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988[6];

– ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ И – 01.12.81; 02.06.90. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007 [7];

ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ И – 1.01.86. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит. – М.:ИПК Изд-во стандартов, 2001[9].

Раздел ВКР «Экономика и управление» выполнен на основании учебного пособия для бакалавров и магистрантов Алабугина А.А. [25] и при использовании учебника для ВУЗов «Экономика предприятий энергетического комплекса» Самсонова В.С. [41].

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Пояснительная записка и графическая часть ВКР выполнена в соответствии с СТО ЮУрГУ 04–2008 [23] и методическими указаниями Р. А. Алабугиной [24].

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Котел 2 МВт является водогрейным водотрубным котлом с горизонтальной цилиндрической топкой, работающий под наддувом на природном и сжиженном газе и легком дизельном топливе. Котел мощностью 2000 кВт предназначен для производства теплофикационной горячей воды с максимальной температурой до 115°C при допустимом рабочем давлении до 0,8 МПа (по спецзаказу 1,0) и работы только в закрытых системах теплоснабжения.

Предпочтительными сферами применения котлов RS-D мощностью 2000 кВт являются крупные системы отопления и вентиляции, горячего водоснабжения промышленных, административных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных объектов, обеспечение тепловой энергией технологического оборудования.

Котел 2мвт поставляется полностью теплоизолированным, готовым к установке и эксплуатации. Котел RS-D2000 имеет устойчивые несущие опоры и может быть установлен на ровном, прочном полу без дополнительного фундамента.

По желанию заказчика промышленный котел мощностью 2000 кВт комплектуется смесительной блочной газовой, жидкотопливной (дизельной) или комбинированной горелкой импортного производства.

Особенности промышленного водогрейного котла RS-D2000.

Специальная «прощающая» конструкция теплообменника, свободно плавающего в каркасе котла, предусматривает возможность резкого охлаждения и нагрева без возникновения механических напряжений. Трубы теплообменника выполнены в виде змеевиков, жестко закрепленных только на задней стенке котла, тепловое расширение труб происходит свободно в сторону передней части котла, повороты труб дополнительно компенсируют возможные тепловые перекосы.

По сравнению с жаротрубными реверсивными котлами, топка нашего котла имеет меньшее аэродинамическое сопротивление, так как не все дымовые газы возвращаются назад к передней стенке, а уходят сразу в газоход по всей площади топки, что позволяет подбирать горелки меньшего типоразмера и снижать уровень шума при работе горелки на полной мощности.

Отличительной особенностью данного котла от водотрубных котлов других производителей является то, что благодаря применению оребренных труб удалось объединить радиационную и конвективную поверхности нагрева в одно целое, что позволило уменьшить металлоемкость, существенно снизить вес котла и его размеры.

Относительно малый вес и размеры делают котел незаменимым при установке его в блочно-модульных котельных, где габариты и вес имеют решающее значение.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Эффективная циркуляция теплоносителя по топочным трубам со скоростью 2,1 м/сек увеличивает интенсивность теплообмена примерно в 8 раз.

Специальная "прощающая" конструкция теплообменника, свободно плавающего в каркасе котла, предусматривает возможность резкого охлаждения и нагрева без возникновения механических напряжений. Благодаря высокой скорости циркуляции воды, в топочных трубах создается турбулентный поток, который в несколько снижает отложения накипи на стенках труб. Благодаря применению в топке поперечно-оребранных труб, котел имеет относительно малый вес и низкую тепловую инертность. Исключительно малый водяной объем делает котел более безопасным при превышении рабочего давления или при перегреве воды. Низкое сопротивление газового тракта позволяет расширить диапазон регулирования горелочного устройства. Большой объем топки и низкое тепловое напряжение топочного пространства позволяет поддерживать низкие выбросы NOx в дымовых газах. Передняя крышка с установленной на ней горелкой может открываться по необходимости вправо или влево, что обеспечивает удобство в обслуживании котла. Передняя торцевая стенка топки выполнена в виде плоской плиты с расположенной на ней неохлаждаемой съемной крышкой. Крышка изнутри защищена огнеупорным материалом.

Топка котла снаружи заключена в герметичный газовый короб. Продукты сгорания из топки котла проходят между оребренными экранными трубами, отдавая им тепло, и попадают в газовый короб, откуда удаляются через газоход. Отличительной особенностью данного котла от водотрубных котлов других производителей является то, что благодаря применению оребренных труб — удалось объединить радиационную и конвективную поверхности нагрева в одно целое, что позволило уменьшить металлоемкость, существенно снизить вес котла и его размеры. Относительно малый вес и размеры делают котел 2000 кВт незаменимым при установке его в блочно-модульных котельных, где габариты и вес имеют решающее значение.

Чаще всего жаротрубное оборудование имеет достаточно простую конструкцию – цилиндрический корпус, которой расположен горизонтально.

Принцип работы жаротрубного котла достаточно прост. На переднем торце всех жаровых труб расположена горелка надувочного типа, которая может сжигать газ или жидкое топливо. Благодаря этому жаровая труба становится особой топочной камерой, где сгорает практически все идущее в прибор топливо.

Конструкция жаротрубного водогрейного котла состоит из корпуса, передней и задней крышки, труб длеся отвода из агрегата дымовых газов и опор. Сама конструкция корпуса включает в себя камеру, представленную жаровой трубой с за- кругленным дном, конвективную зону, переднюю камеру агрегата и опоры. Дополнительно жаротрубный водогрейный котел покрывается теплоизоляционными материалами.

Газы, которые образуются в жаровой трубе при сгорании конкретного вида топлива, меняют свое направление движения и возвращаются к фронтальной

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

части отопительного оборудования. После отдачи тепла теплоносителю они выводятся наружу через дымоход.

Конструкция водогрейного жаротрубного котла может быть другой. Расположение и комплектация разных компонентов оборудования, в том числе и жаровых труб, может отличаться у разных производителей, а также в зависимости от предназначения и габаритов агрегата.

Широкое распространение в разных сферах котлы жаротрубные получили благодаря следующим характеристикам:

наличие простой конструкции и удобства работы с ней;

наличие участков с высоким показателем теплонапряженности;

оптимальный уровень безопасности котлов жаротрубных;

высокий показатель мощности при компактных габаритах;

наличие отопительного оборудования для обеспечения автоматической работы. Это достигается за счет использования дополнительных приборов: манометра, воздухоотводчика, термометра, датчика давления воды и др.;

стабильная работа горелки на жаровых трубах котла без проблемы пульсации пламени; использование стали для теплообменника позволяет водогрейным жаротрубным котлам быть защищенными от коррозии и температурных перепадов. Несмотря на некоторые разногласия, данный вид оборудования для водогрейного типа широко используется в странах Европы в промышленной сфере. Среди факторов, которые влияют на этот показатель, можно выделить следующие: большой объем используемой воды в котлах жаротрубных позволяет поддерживать стабильный показатель температуры на выходе низкий показатель гидравлического сопротивления водогрейных жаротрубных агрегатов непосредственно влияет на снижение издержек эксплуатации; жаровая труба котла обеспечивает практически стопроцентное сгорание топлива, что обеспечивает высокий показатель КПД, достигающий выше 90%; высокий уровень тепловой мощности оборудования водогрейного типа позволяет уменьшить количество тепловых потерь сооружения при наличии неблагоприятных климатических условий.

Что касается недостатков жаротрубных агрегатов, то сюда можно отнести их относительно высокую взрывоопасность, что объясняется особенностями конструкции агрегата, в частности жаровыми трубами. Однако при соблюдении всех норм и правил использования оборудования водогрейные жаротрубные котлы будут абсолютно безопасны и надежны в работе.

Учитывая высокие требования безопасности, выдвигаемые к котлам жаротрубным, на что непосредственно влияет их конструкция с наличием жаровых труб, при эксплуатации водогрейных жаротрубных котлов необходимо знать следующее: наличие жаровых труб приводит к тому, что скорость движения теплоносителя в водогрейных жаротрубных агрегатах небольшая, что приводит к образованию застойных зон внутри агрегата; количество воды в котлах жаротрубных намного больше, чем у водотрубного водогрейного оборудования. Это делает агрегат более взрывоопасным; основная причина поломки водогрейных агрегатов – это образования разных отложений и накипи. Учитывая

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

конструктивные особенности оборудования, в частности наличие жаровых труб, накипь в агрегатах скапливается неравномерно, вызывая перегрев теплообменника.

Среди котельных агрегатов с аналогичным принципом действия и диапазона мощностей среди отечественного оборудования можно выделить котлы RS-D2000. Водогрейный стальной жидкотопливный котел RossenRS-D2000 это низкотемпературный водогрейный котел для работы на жидком и газообразном топливе.

Котел RS-D2000 является моделью низкотемпературных котлов, имеющий небольшие габариты и маленький вес. RS-D2000 практически не загрязняет атмосферу, так как особая трехходовая газоходная система имеет малую теплонапряженность рабочей камеры, а значит, выделяет минимальное количество вредных газов. Удобная система пуска, интегрированная в оборудование, значительно упрощает процесс стыковки котла и системы отопления или водонагрева. Основные преимущества котлов RS-D2000: низкотемпературное котельное оборудование, использующее в качестве сырья газ или жидкое топливо. Мощность варьируется от 90 до 1950 кВт; высокая экономичность дает возможность минимизировать затраты на приобретение топлива, при этом переменная температура, до которой нагревается теплоноситель, позволяет до минимума сократить количество выбросов в атмосферу. Особенности конструкции обеспечивают очень высокий КПД – до 94% эффективности;

возможность дополнительного использования специального теплообменника, использование энергии отработанных газов позволяет еще увеличить КПД;

высокое водонаполнение гарантирует циркуляцию в любом случае, что обеспечивает простую стыковку котла и гидравлической системы отопления в целом. К основным отличиям можно отнести:

- использование современных методов и инновационных технологий при производстве отопительного и котельного оборудования;
- надежность установок;
- высокие показатели эффективности в работе;
- экологичность и безопасность оборудования.

В продажу регулярно поступает новая продукция, оснащенная ещё большим количеством полезных функций и обладающая неоспоримыми преимуществами по отношению к продукции конкурентов.

Итогом всего сказанного в данном разделе является то, что рынок котельного оборудования очень богат. Водогрейных трехходовых котлов имеется большое количество. Можно бесконечно долго сравнивать преимущества и недостатки различных заводов-изготовителей как отечественных, так и зарубежных. Интернет-ресурсы переполнены статьями со сравнением различных фирм-производителей котлов, но все они, как правило, призваны выделить в глазах потребителя именно свое оборудование и выявлением недостатков конкурентов. Компания

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Rossenхорошо зарекомендовала себя на этом рынке как производитель надежного, простого в эксплуатации и экологичного оборудования, преимущества котельных агрегатов фирмы Rossen описаны выше.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

4 РАЗРАБОТКА КРЫШНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ДЛЯ ПОСЁЛКА ЕСАУЛЬСКИЙ

Данный раздел является специальной частью выпускной квалификационной работы бакалавра. В нем выполним все необходимые технические расчеты: вычислим мощность котельной путем определения тепловых нагрузок на отопление вентиляцию и водоснабжения зданий Челябинская обл. Сосновский район, пос. Есаульский, ул. Трактористов, 1, температур сетевой воды, построим соответствующие графики, рассчитаем тепловую схему котельной для пяти расчетных режимов, по результатам которой выберем тип и производительность котельных агрегатов. Будут приведены технические характеристики выбранных котлов, а также выполнен тепловой расчет водогрейного котла RS-D

4.1 Определение удельных тепловых нагрузок на отопление вентиляцию и ГВС

Для выбора мощности котельной необходимо определить тепловые нагрузки на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения здания бизнес-центра. Рассчитаем сезонные и круглогодичные тепловые нагрузки

Расчет тепловых нагрузок производится по климатологическим данным г. Челябинска по СНиП 23-01-99*[18], которые представлены в таблице 4.1.1

Таблица 4.1.1 – Климатические параметры наружного воздуха

Продолжительность <i>n</i> , сут	Температура воздуха, °С			
	отопления $t_{p.o}$	вентиляции $t_{нв}$	средняя отопительного периода	средняя са- мого холод- ного месяца
218	-34	-34	-6,5	-15,8

Расчет сезонных тепловых нагрузок будем производить по укрупненным показателям по объёму зданий. Расход теплоты на отопление определяется по формуле (4.1.1):

$$Q'_o = \alpha \cdot q_o \cdot V_n \cdot (t_{c.p} - t_{p.o}) \quad (4.1.1)$$

где, $q_{o(в)}$ – удельная тепловая характеристика здания для расчета отопления (вентиляции) Вт/ (м³·°С) (табл. 11.18);

α – поправочный коэффициент для жилых и общественных зданий (табл.

					13.03.012019.413.01 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

11.16);

V – строительный объем здания, (m^3);

$t_{c.p.}$ - средняя температура воздуха в помещениях отапливаемого здания ;

$t_{p.o.}$ – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года,

– температура наружного воздуха для проектирования отопления, согласно [18, табл. 10.1] $t_{p.o} = t_{н} = -34$ °С.

В соответствие с [21] при расчете тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию для обеспечения параметров воздуха в пределах допустимых норм в холодный период года в обслуживаемой зоне общественных и административно бытовых зданий принимать расчетную температуру внутреннего воздуха $t_{в}$ минимальную из допустимых температур, т е для помещений общественного и административного назначения категории 3а (помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся

Удельная тепловая характеристика гражданского здания может быть рассчитана тремя способами [29]:

1) удельная тепловая характеристика гражданского здания q , ($Вт/м^3 \cdot К$), может быть ориентировочно найдена по формуле (4.3):

$$q = 1,16 \cdot \frac{(1 + 2d) \cdot A + S}{V_H} \quad (4.1.2)$$

где d – доля остекления стен;

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

2) удельная тепловая характеристика здания любого назначения более точно может быть определена по формуле предложенной Н.С. Ермолаевым:

3) для жилых и общественных зданий (новое строительство) значение тепло-потерь, отнесенные к $1 m^2$ общей площади, даны в справочных данных:

Расчет часовых расходов тепла на отопление и вентиляцию производится по формулам «Справочника проектировщика» под общей редакцией Староверова И.Г. Раздел 11.8.),

«Методики определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения»(МДК 4-05-2004 Госстроя России).

Годовые расходы теплоты на отопление определяется по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{год} = 24 \cdot Q_o^{max} \cdot \frac{t_{в} - t_{c.p.o}}{t_{в} - t_{нo}} \cdot n, МВт/год \quad (4.1.3)$$

Годовые расходы теплоты на вентиляцию определяется по формуле (4.1.4):

					13.03.012019.413.01 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

$$Q_{\text{г}}^{\text{год}} = Z \cdot Q_{\text{г}}^{\text{max}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о}}} \cdot n, \text{ МВт/год} \quad (4.1.4)$$

Годовые расходы теплоты на горячее водоснабжение определяется по формуле (4.1.5):

$$Q_{\text{гв}}^{\text{год}} = Z \cdot \frac{Q_{\text{гв}}^{\text{max}}}{2,3} \cdot n + Z \cdot \frac{Q_{\text{гв}}^{\text{max}}}{2,3} \cdot \beta \cdot \frac{t_{\text{гв}} - t_{\text{хг}}}{t_{\text{гв}} - t_{\text{хз}}} \cdot (350 - n), \text{ МВт/год} \quad (4.1.5)$$

где $Q_{\text{г}}^{\text{max}}$ - максимальный часовой расход тепла (Табл.№1)

$t_{\text{вн}}$ - температура внутреннего воздуха помещения, °С (Табл.№1)

$t_{\text{ср.о}}$ - средняя температура воздуха за отопительный период для г. Челябинска

$t_{\text{ср.о}} = -6,5^{\circ}\text{C}$ (СНиП 23-01-99)

$t_{\text{п.о}}$ - температура наружного воздуха для г. Челябинска параметр «Б»,

$t_{\text{п.о}} = -34^{\circ}\text{C}$ (СНиП 2.04.05-91*)

$t_{\text{гв}}$ - температура воды для горячего водоснабжения, $t_{\text{гв}} = 55^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{хл}}$ - температура холодной воды в теплый период, $t_{\text{хл}} = 15^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{хз}}$ - температура холодной воды в холодный период, $t_{\text{хз}} = 5^{\circ}\text{C}$

$n_{\text{о}}$ - продолжительность отопительного периода, суток $n_{\text{о}} = 218$ для г. Челябинска

β - коэффициент, учитывающий снижение потребления ГВС в теплый период

Z - число часов работы предприятия

Жилой дом $V = \text{до } 3000 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}} = 20^{\circ}\text{C}$ (4 поз.)

$q_{\text{о}} = 0,5$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_{\text{о}} = 0,41 \cdot 0,96 \cdot 7500 \cdot (20 + 34) \cdot 10^{-6} = 0,162 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_{\text{о}}^{\text{год}} = 24 \cdot 0,104 \cdot \frac{16 + 6,5}{16 + 34} \cdot 218 = 272 \text{ МВт/год}$$

Жилой дом $V = \text{до } 4100 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}} = 20^{\circ}\text{C}$ (2 поз.) $q_{\text{о}} = 0,48$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

					13.03.012019.413.01 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

$$Q_0=0,48 \cdot 0,96 \cdot 4100 \cdot (20+34) \cdot 10^{-6}=0,104 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_0^{\text{год}}=24 \cdot 0,104 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=272 \text{ МВт/год}$$

Жилой дом $V=$ до 7500 м^3 , $t_{\text{вн}}=20 \text{ }^\circ\text{C}$ (3 поз.) $q_o=0,41$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_0=0,41 \cdot 0,96 \cdot 7500 \cdot (20+34) \cdot 10^{-6}=0,162 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_0^{\text{год}}=24 \cdot 0,162 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=424 \text{ МВт/год}$$

Жилой дом $V=5650 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=20 \text{ }^\circ\text{C}$ (1 поз.) $q_o=0,42$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_0=0,42 \cdot 0,96 \cdot 5650 \cdot (20+34) \cdot 10^{-6}=0,133 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_0^{\text{год}}=24 \cdot 0,133 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=1712 \text{ МВт/год}$$

ЦРБ $V=1193 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=20 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,4$ $q_v=0,11$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_0=0,4 \cdot 0,96 \cdot 1193 \cdot (20+34) \cdot 10^{-6}=0,025 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_v=0,29 \cdot 1193 \cdot (20+34) \cdot 10^{-6}=0,019 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,025 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=65 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B^{\text{год}}=12 \cdot 0,019 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=25 \text{ МВт/год}$$

Д. сад №40 на 140 мест $V=4457 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=22 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,38$ $q_B=0,11$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o=0,38 \cdot 0,96 \cdot 4457 \cdot (22+34) \cdot 10^{-6}=0,091 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B=0,11 \cdot 4457 \cdot (22+34) \cdot 10^{-6}=0,027 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,091 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=238 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B^{\text{год}}=12 \cdot 0,027 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=47 \text{ МВт/год}$$

МОУ Есаульская СОШ $V=6959 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=20 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,35$ $q_B=0,08$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o=0,35 \cdot 0,96 \cdot 6959 \cdot (20+34) \cdot 10^{-6}=0,126 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_B=0,08 \cdot 6959 \cdot (20+34) \cdot 10^{-6}=0,030 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,727 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=1712 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B^{\text{год}}=16 \cdot 0,030 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=52 \text{ МВт/год}$$

МБУК Межпоселенческое социально-культурное объединение
На 400 чел. $V=7677 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=18 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,37$ $q_B=0,25$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o=0,37 \cdot 0,96 \cdot 7677 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,142 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_B=0,25 \cdot 7677 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,099 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,142 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=356 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B^{\text{год}}=12 \cdot 0,099 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=166 \text{ МВт/год}$$

МБОУ ДОД ДШИ на 83 чел. $V=450 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=18 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,6$
Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o=0,6 \cdot 0,96 \cdot 450 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,025 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,025 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=61 \text{ МВт/год}$$

Контора $V=3623 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=18 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,43$ $q_B=0,09$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$Q_0=0,43 \cdot 0,96 \cdot 3623 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,078 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_B=0,09 \cdot 3523 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,016 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,078 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=196 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B^{\text{год}}=12 \cdot 0,016 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=20 \text{ МВт/год}$$

Столовая $V=1104 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=18 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,35$ $q^{\text{в}}=0,70$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_0=0,35 \cdot 0,96 \cdot 1104 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,019 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_B=0,70 \cdot 1104 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,040 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,019 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=48 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B^{\text{год}}=12 \cdot 0,040 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=49 \text{ МВт/год}$$

12 Диспетчерская $V=950 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=18 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,43$ $q^{\text{в}}=0,09$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$Q_0=0,43 \cdot 0,96950 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,020 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_B=0,09 \cdot 950 \cdot (18+34) \cdot 10^{-6}=0,005 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,020 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=49 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B^{\text{год}}=12 \cdot 0,005 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=6 \text{ МВт/год}$$

13. Сборочный цех $V=32306 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=16 \text{ }^\circ\text{C}$, $q_o=0,45 \text{ кВт/м}^3=0,25$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_0=0,45 \cdot 32306 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6}=0,727 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_B=0,25 \cdot 32306 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6}=0,404 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,727 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=1712 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_B^{\text{год}}=12 \cdot 0,404 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=475 \text{ МВт/год}$$

14. Теплая стоянка для тракторов $V=1058 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=5 \text{ }^\circ\text{C}$, $q_o=0,7$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_0=0,7 \cdot 1058 \cdot (5+34) \cdot 10^{-6}=0,029 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,029 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=46 \text{ МВт/год}$$

15. Теплая стоянка (боб) соя $V=7776 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=16 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o=0,5$ $q_v=0,15$
 Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o=0,38 \cdot 0,96 \cdot 7776 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6}=0,187 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_v=0,15 \cdot 7776 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6}=0,068 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,187 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=460 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_v^{\text{год}}=16 \cdot 0,068 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=112 \text{ МВт/год}$$

16. Мебельный (МЖФ) Изготовление утеплителя $V=2420 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}=16 \text{ }^\circ\text{C}$
 $q_o=0,45$ $q_v=0,15$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o=0,45 \cdot 2420 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6}=0,054 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_v=0,15 \cdot 2420 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6}=0,018 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,054 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=127 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_v^{\text{год}}=12 \cdot 0,018 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218=22 \text{ МВт/год}$$

17.Цех к/валов $V= 3014 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}= 16 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o = 0,45$ $q_b = 0,15$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o = 0,45 \cdot 3014 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6} = 0,068 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_b = 0,15 \cdot 3014 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6} = 0,023 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,068 \cdot \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218 = 160 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_b^{\text{год}} = 12 \cdot 0,023 \cdot \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218 = 27 \text{ МВт/год}$$

18. Производственный корпус К-700 $V= 6750 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}= 16 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o = 0,6$ $q_b = 0,2$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o = 0,6 \cdot 6750 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6} = 0,203 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_b = 0,2 \cdot 6750 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6} = 0,068 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,203 \cdot \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218 = 478 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_b^{\text{год}} = 12 \cdot 0,068 \cdot \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218 = 80 \text{ МВт/год}$$

19. Гараж $V= 2246 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}}= 10 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o = 0,6$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$Q_0 = 0,6 \cdot 2246 \cdot (10+34) \cdot 10^{-6} = 0,059 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_0^{\text{год}} = 24 \cdot 0,059 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218 = 139 \text{ МВт/год}$$

20. Мойка (обработка камня) $V = 2563 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o = 0,4$ $q_v = 0,5$

Часовые нагрузки Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_0 = 0,4 \cdot 2563 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6} = 0,051 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_v = 0,5 \cdot 2563 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6} = 0,064 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_0^{\text{год}} = 24 \cdot 0,051 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218 = 120 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_v^{\text{год}} = 12 \cdot 0,064 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218 = 75 \text{ МВт/год}$$

21. Проходная $V = 252 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o = 1,2$

Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_0 = 1,2 \cdot 252 \cdot (16+34) \cdot 10^{-6} = 0,016 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_0^{\text{год}} = 24 \cdot 0,016 \frac{16+6,5}{16+34} \cdot 218 = 38 \text{ МВт/год}$$

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

22. ОГМ (обработка металла) $V = 852 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_o = 0,55$ $q_v = 0,15$
 Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o = 0,55 \cdot 852 \cdot (16 + 34) \cdot 10^{-6} = 0,023 \text{ МВт/час}$$

Вентиляция по формуле (4.1.1):

$$Q_v = 0,15 \cdot 852 \cdot (16 + 34) \cdot 10^{-6} = 0,007 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,023 \cdot \frac{16 + 6,5}{16 + 34} \cdot 218 = 54 \text{ МВт/год}$$

Вентиляция по формуле (4.1.4):

$$Q_v^{\text{год}} = 12 \cdot 0,007 \cdot \frac{16 + 6,5}{16 + 34} \cdot 218 = 9 \text{ МВт/год}$$

23 Жилые дома частного сектора $V = \text{до } 210 \text{ м}^3$, $t_{\text{вн}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ (41 поз.) $q_o = 0,82$
 Часовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.1):

$$Q_o = 0,82 \cdot 0,96 \cdot 210 \cdot (20 + 34) \cdot 10^{-6} = 0,009 \text{ МВт/час}$$

Годовые нагрузки. Отопление по формуле (4.1.3):

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,09 \cdot \frac{16 + 6,5}{16 + 34} \cdot 218 = 25 \text{ МВт/год}$$

4.2 Расчёт суммарных тепловых нагрузок

Суммарная максимальная тепловая нагрузка при расчетной температуре определяется по формуле (4.2.1):

$$Q_{\Sigma}^{-34} = \Sigma Q_o^{-34} + \Sigma Q_v^{-34} + \Sigma Q_{\text{вн}}^{-34} \quad (4.2.1)$$

$$Q_{\Sigma}^{-34} = 4,743 \text{ МВт.}$$

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Максимальные тепловые нагрузки на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения для пос. Есаульский сведем в таблицу 4.3.1

Таблица 4.3.1 Сводная таблица максимальных тепловых нагрузок

Наименование объектов	Объем м ³	Тепловые нагрузки МВт /час				Температура воздуха t °С
		отопление	вентиляция	ГВС	общий расход	
1	2	3	4	5	6	7
Жилой дом 2 кв. (4 поз.)	До 3000	0,078x4=0,312	-	0,122	0,312	20
Жилой дом 2 кв. (4 поз.)	До 4100	0,104x2=0,208	-	0,112	0,208	20
Жилой дом 2 кв. (4 поз.)	До 7500	0,162x3=0,486	-	0,118	0,486	20
Жилой дом 2 кв. (4 поз.)	До 6000	0,133	-	0,124	0,133	20
ЦРБ	1193	0,025	0,019	-	0,044	20
Д. сад №40 на 140 мест	4457	0,091	0,027	-	0,118	22
МОУ Есаульская СОШ	6959	0,126	0,03	-	0,156	20
МБУК	7677	0,142	0,099	-	0,241	18
МБОУ ДОД ДШИ	450	0,025	-	-	0,025	18
Контора	3623	0,078	0,020	-	0,098	18
Столовая	1104	0,019	0,040	0,02	0,059	18
Диспетчерская	950	0,020	0,005	-	0,025	18
Сборочный цех	32306	0,727	0,404	-	1,131	16
Теплая стойка(бокс)	1058	0,029	-	-	0,029	5
Теплая стойка(боб)	7776	0,187	0,068	-	0,255	16
Мебельный (МЖФ)	2420	0,054	0,018	-	0,072	16
Цех к/валов	3014	0,068	0,023	-	0,091	16
Производственный корпус К-700	6750	0,203	0,068	-	0,271	16
Гараж	2246	0,059	-	-	0,059	10
Мойка	2563	0,051	0,064	0,061	0,115	16
Проходная	252	0,016	-	-	0,016	18
1	2	3	4	5	6	7
ОГМ	852	0,023	0,007	-	0,030	16
Дома частного сектора (41 поз.)	210	0,009x41=0,369	-	-	0,369	20
Всего:		3,451	0,892	0,65145	4,343	
Собств. нужды котельной					0,18	
Потери в сетях 5%					0,22	
Итого:					4,743	
					(5,5 МВт)	

4.3 Расчет годового отпуска теплоты

Суммарная максимальная тепловая нагрузка при расчетной температуре определяется по формуле (4.3.1):

$$Q_{\Sigma}^{год} = \Sigma Q_{от}^{год} + \Sigma Q_{вент}^{год} + \Sigma Q_{ГВС}^{год} \quad (4.3.1)$$

$$Q_{\Sigma}^{-34} = 10844 \text{ МВт.}$$

Годовые тепловые нагрузки на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения для пос. Есаульский сведем в таблицу 4.3.1

Таблица 4.3.1 – Сводная таблица годовых нагрузок

Наименование объектов	Тепловые нагрузки МВт/год			Общий
	отопление	вентиляция	ГВС	
1	2	3	4	5
Жилой дом 2 кв. (4 поз.)	206x4=824	-	-	824
Жилой дом 2 кв. (4 поз.)	272x2=544	-	-	544
Жилой дом 2 кв. (4 поз.)	424x3=1272	-	-	1272
Жилой дом 2 кв. (4 поз.)	348	-	-	348
ЦРБ	65	25	-	90
Д. сад №40 на 140 мест	238	47	-	285
МОУ Есаульская СОШ	329	52	-	381
МБУК	356	166	-	522
МБОУ ДОД ДШИ	61	-	-	61
Контора	196	20	-	216
Столовая	48	49	-	97
Диспетчерская	49	6	-	55
Сборочный цех	1712	475	-	2187
Теплая стоянка	46	-	-	46
Теплая стоянка	460	112	-	572
Мебельный цех	127	22	-	149
Цех к/валов	160	27	-	187
Мойка	120	75	-	195
Проходная	38	-	-	38

Продолжение Таблицы 4.3.1

1	2	3	4	5
Мойка	54	9	-	63
Дома частного сектора(41)	25x41=1025	-	-	1025
Всего:	8689	1165	-	9854
Собств. нужды котельной				500
ПОТЕРИ В СЕТЯХ 5%				490
Итого:				10844

4.4 Расчёт температурного графика и расходов сетевой воды

Значения температур сетевой воды в зависимости от температур наружного воздуха определяются методом регулирования тепловых нагрузок и температурным графиком теплосети. В данном случае имеем качественное регулирование по совмещенной нагрузке в закрытых системах теплоснабжения при температурном графике теплосети 90/70 0С.

Сначала определим температурный график для отопительной нагрузки, а затем посчитаем температуры в подающем и обратном трубопроводах при регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

Перепад температур воды внутри тепловой сети (4.4.1):

$$\delta\tau_0' = \tau_{01}' - \tau_{02}' \quad (4.4.1)$$

где $\tau_{01}' = 90$ °С – температура воды в подающем трубопроводе;

$\tau_{02}' = 70$ °С – температура воды в обратном трубопроводе.

$$\delta\tau_0' = 90 - 70 = 20 \text{ °С.}$$

Температурный напор нагревательного напора местной системы (4.4.2):

$$\Delta t_0' = \frac{\tau_{03}' + \tau_{02}'}{2} - t_g \quad (4.4.2)$$

где $t_{03}' = 95$ °С – максимальная температура в отопительном приборе;

$$\Delta t_0' = \frac{95 + 70}{2} - 19 = 63,5 \text{ °С}$$

Перепад температур воды в местной системе (4.4.3):

$$\theta'_0 = \tau'_{03} - \tau'_{02} \quad (4.4.3)$$

$$\theta'_0 = 95 - 70 = 25$$

$$Q_0 = \frac{Q'}{Q'_0} = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} \quad (4.4.4)$$

Температура сетевой воды перед отопительной установкой (4.4.5):

$$\tau_{01} = t_g + \Delta t'_0 \cdot Q_0^{0,8} + Q_0 \cdot (\delta \tau'_0 - 0,5 \cdot \theta'_0) \quad (4.4.5)$$

Температура сетевой воды после отопительной установки (4.4.6):

$$\tau_{01} = t_g + \Delta t'_0 \cdot Q_0^{0,8} - 0,5 \cdot Q_0 \cdot \theta'_0 \quad (4.4.6)$$

Качественное регулирование по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения применяется при суммарном среднечасовом расходе теплоты на горячее водоснабжение более 15 % от суммарного максимального часового расхода на отопление.

Если тепловая нагрузка на жилищно-коммунальные нужды составляет менее 65% от суммарной тепловой нагрузки, а также при отношении, регулирование отпуска теплоты принимают по нагрузке отопления. При этом в тепловой сети поддерживается отопительно-бытовой температурный график.

Результаты расчета температур сетевой воды при регулировании по отопительной нагрузке отображены в таблице 4.4.1

Таблица 4.4.1 – Температуры сетевой воды при регулировании по отопительной нагрузке

Величина	Температура наружного воздуха, °С										
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-15,8	-20	-25	-30	-34
Q_0	0,21	0,26	0,36	0,45	0,55	0,64	0,66	0,74	0,83	0,92	1
τ_{01}	38,6	42,9	49,6	56,1	62,3	68,3	69,3	74,2	79,9	85,6	90
τ_{02}	34,5	37,6	42,5	47	51,4	55,5	56,1	59,5	63,3	67,1	70

Независимо от метода регулирования тепловых нагрузок необходимо учитывать, что при любых температурах наружного воздуха температура сетевой воды

подающем трубопроводе не может опускаться ниже заданной ($t_2=65^{\circ}\text{C}$). Поэтому необходимо сделать «подрезку» температурного графика. График температур приобретает вид ломаной. Точке излома температурного графика соответствует температура наружного воздуха $t_{ни}$ [35].

При температуре наружного воздуха $t_{ни}$ происходит смена метода регулирования с качественного на количественное или наоборот.

Из графика $t_{ни} = -12,2^{\circ}\text{C}$. График температур сетевой воды представлен на рисунке 4.4.1

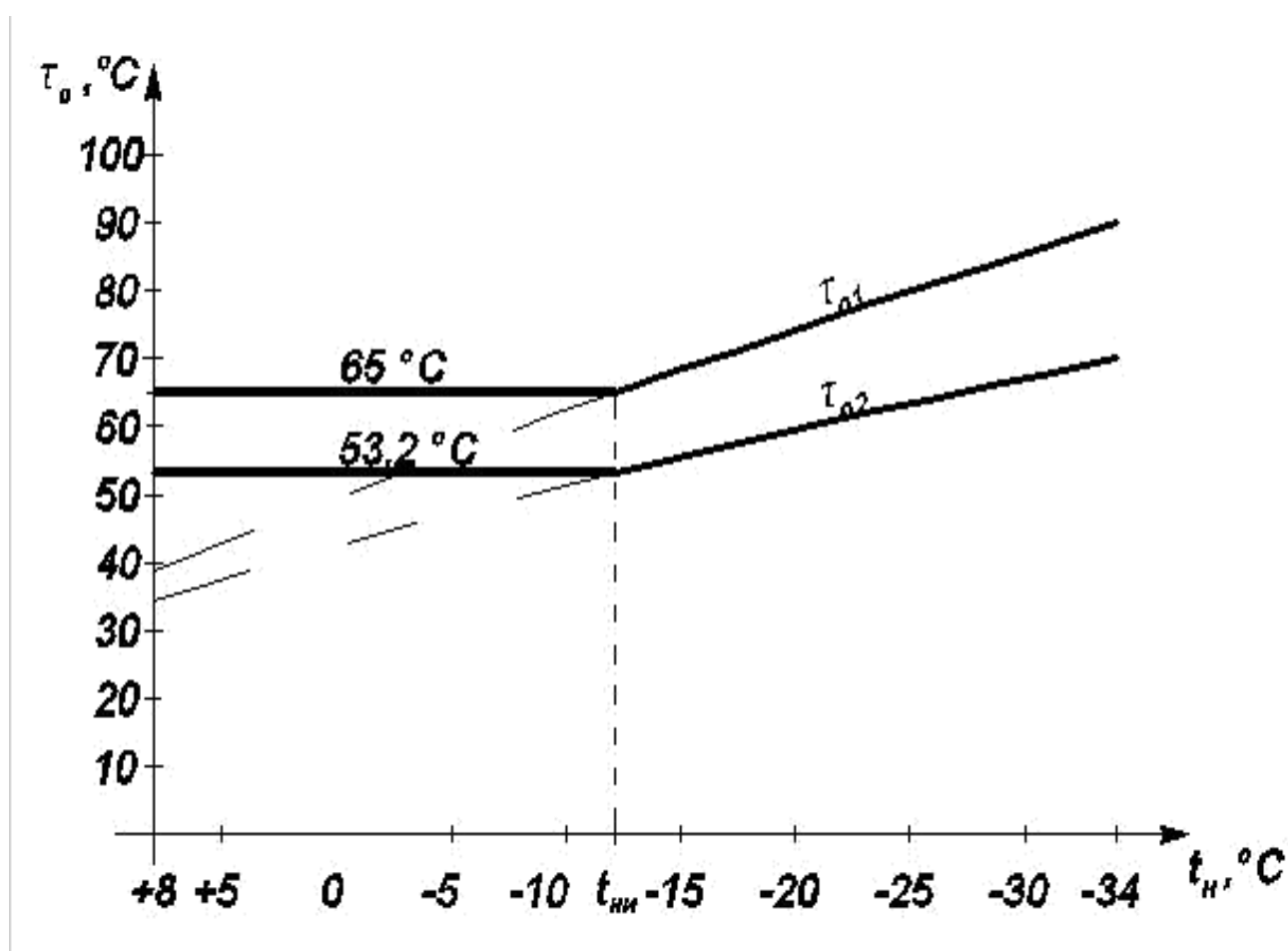


Рисунок 4.4.1 – График температур тепловой сети

В часы максимального водопотребления снижается температура воды, поступающей в систему отопления, что приводит к уменьшению отдачи тепла. Этот небаланс компенсируется в часы минимального водопотребления, когда в систему отопления поступает вода с температурой более высокой, чем требуется по отопительному графику. Суточный баланс на отопления обеспечивается при расчете температурного графика по «балансовой» нагрузке горячего водоснабжения $Q_{гб}$,

несколько превышающей среднечасовой расход теплоты на горячее водоснабжение (4.26):

$$Q_2^{\delta} = \chi_{\delta} Q_{ГВС}^{cp.n.} \quad (4.4.7)$$

где χ_{δ} – балансовый коэффициент учитывающий неравномерность суточного графика горячего водоснабжения, $\chi_{\delta}=1, 2$.

$$Q_2^{\delta} = 1, 2 \cdot 1231 = 1478 \text{ кВт.}$$

Перепад температур сетевой воды определяют по формуле (4.4.8):

$$\delta_0'' = \frac{Q_{\Gamma}^{\delta}}{Q_0'} \cdot \frac{\tau_{02}'' - \Delta t_{\text{н}}'' - t_x}{t_{\Gamma} - t_x} \quad (4.4.8)$$

где $\Delta t_{\text{н}}'' = 5 \div 10^{\circ}\text{C}$ – величина недогрева.

$$\delta_0'' = \frac{1478}{10731} \cdot \frac{53,2 - 5 - 5}{65 - 5} \cdot 20 = 1,8^{\circ}\text{C.}$$

Суммарный перепад температур δ , $^{\circ}\text{C}$, определяется по формуле (4.4.9):

$$\delta = \frac{Q_{\Gamma}^{\delta}}{Q_0'} \cdot \delta \tau_0' \quad (4.4.9)$$

$$\delta = \frac{1478}{10731} \cdot 20 = 2,8^{\circ}\text{C.}$$

При известном суммарном теплоперепаде найдем значение δ_1'' по формуле (4.4.10):

$$\delta_1'' = \delta - \delta_2'' \quad (4.4.10)$$

$$\delta_1'' = 3 - 1,8 = 1,2^{\circ}\text{C.}$$

Определим перепады температур сетевой воды в обратном трубопроводе δ_2 по формуле (4.4.11):

$$\delta_2 = \delta_2'' \cdot \frac{\tau_{02} - t_x}{\tau_{02}'' - t_x} \quad (4.4.11)$$

перепады температур сетевой воды в подающем трубопроводе δ_1 по формуле(4.4.12):

$$\delta_1 = \delta - \delta_2 \quad (4.4.12)$$

Результаты расчетов оформим в таблицу 4.4.2

Таблица 4.4.2 – Температуры и перепады сетевой воды при регулировании по совмещенной нагрузке

Величина	Температура наружного воздуха, °C										
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-15,8	-20	-25	-30	-34
δ_1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,5	0,2	0,0
δ_2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	2,0	2,3	2,6	2,8
$\tau_1 = \tau_{01} + \delta_1$	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	69,2	70,2	75,0	80,4	85,8	90,0
$\tau_2 = \tau_{02} - \delta_2$	51,4	51,4	51,4	51,4	51,4	53,7	54,3	57,5	61,0	64,5	67,2

График температур сетевой воды при качественном регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения, называемый повышенным, представлен на рисунке 4.4.2

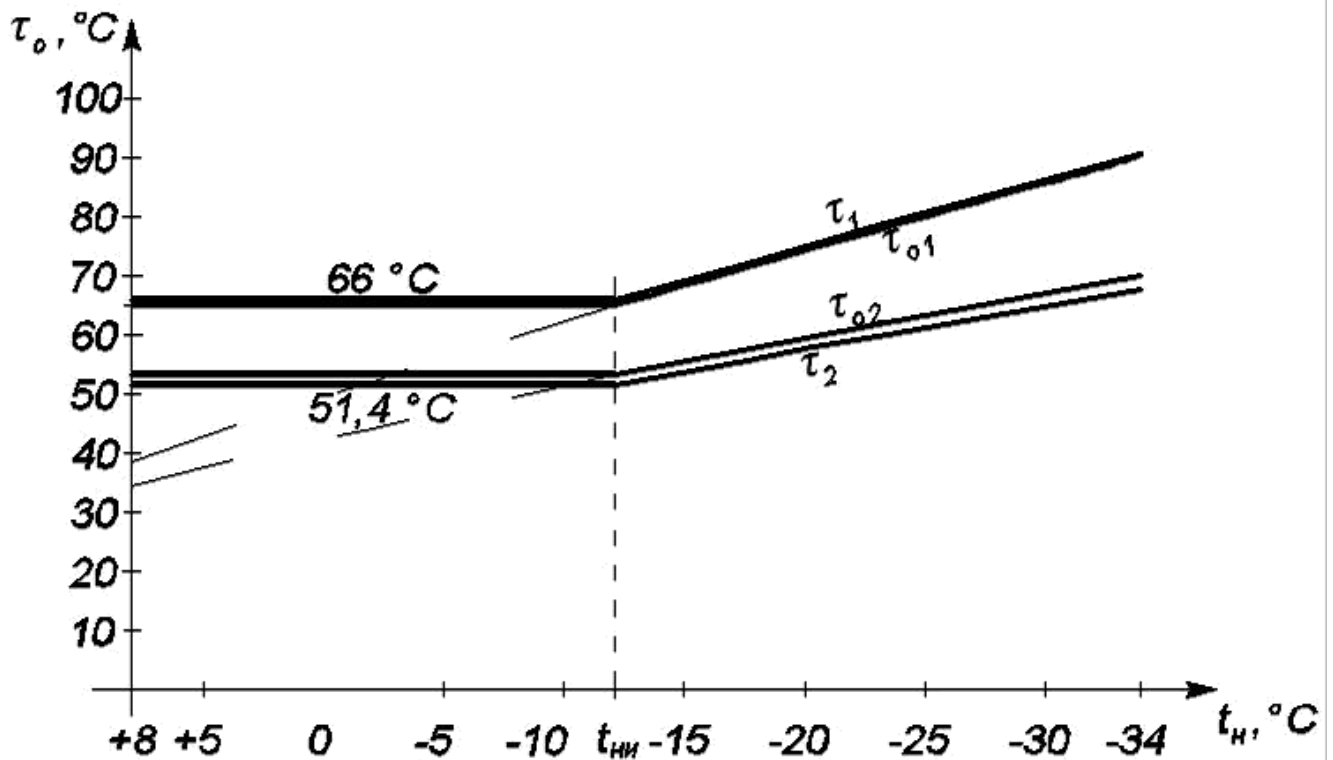


Рисунок 4.4.2 – Повышенный график температур сетевой воды

4.5 Расчет расходов сетевой воды

Наличие нагрузки горячего водоснабжения увеличивает расход сетевой воды. При качественном регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения достигается значительное сокращение расчетных расходов воды. расходу воды на отопление G_o (4.5.1):

$$G_o' = \frac{Q_o'}{c_p \delta \tau_o'} = const \quad (4.5.1)$$

Расход сетевой воды на отопление при $t_n = +8 \text{ }^\circ\text{C}$ (4.5.2):

$$G_o' = \frac{Q_o''}{c_p (\tau_1'' - \tau_2'')} \quad (4.5.2)$$

где τ_1'' , τ_2'' – температура сетевой воды в прямой и обратной линиях при $t_{nu} = -12,2 \text{ }^\circ\text{C}$

$$G_o = \frac{988}{4190 \cdot (66 - 51,4)} = 1,51 \text{ кг/с.}$$

Тепловая нагрузка на отопление при $t_{nu} = -12,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (4.5.3):

$$Q_o^{cp} = Q_o' \cdot \frac{t_6 - t_n}{t_6 - t_{no}} \quad (4.5.3)$$

$$Q_o^{cp} = 10731 \cdot \frac{19 - 12,2}{19 + 34} = 6384 \text{ кВт}$$

Расход сетевой воды на отопление при $t_{nu} = -12,2 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$G_o = \frac{6384}{4190 \cdot (66 - 51,4)} = 4,3 \text{ кг/с.}$$

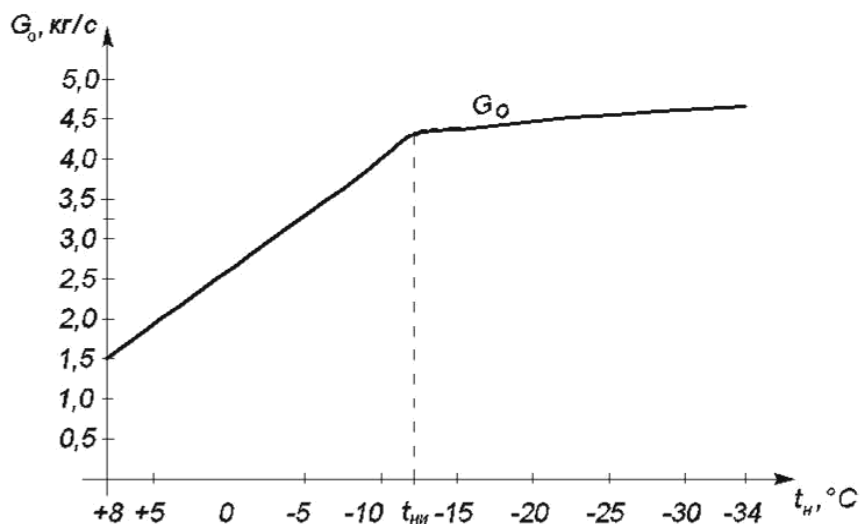
Результаты расчета расходов воды на отопление для других температур наружного воздуха представлены в таблице 4.6.1

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Таблица 4.4.1 – Расходы воды на отопление

$t_n, ^\circ\text{C}$	+8	+5	0	-5	-10	-12,2	-15	-20	-25	-30	-34
$Q_o, 10^3\text{Вт}$	922,9	117,5	159,4	201,3	243,3	261,8	285,2	372,7	369,1	411,1	444,7
$G_o, \text{кг/с}$	1,51	1,93	2,61	3,3	3,99	4,3	4,37	4,47	4,55	4,62	4,66

График расходов сетевой воды на отопление, вентиляцию и ГВС представлен



на рисунке 4.5.1

Рисунок 4.5.1 – График расходов сетевой воды

4.6 Расчет тепловой схемы котельной

Основной целью расчета любой тепловой схемы котельной является выбор основного и вспомогательного оборудования с определением исходных данных для последующих технико-экономических расчетов.

При разработке и расчете тепловых схем котельных с водогрейными котлами необходимо учитывать особенности их конструкции и эксплуатации.

Принципиальная тепловая схема, являющаяся первым этапом проектирования, включает в себя только главное оборудование (котельный агрегат, насосы) и соединяющие его трубопроводы без вспомогательных устройств, запорно-регулирующей арматуры и второстепенных трубопроводов, без указания количества и расположения оборудования.

Основной целью расчета тепловой схемы котельной является:

- определение общих тепловых нагрузок, состоящих из внешних нагрузок и расходов тепла на собственные нужды;
- определение всех тепловых и массовых потоков, необходимых для выбора вспомогательного оборудования;

– определение исходных данных для дальнейших технико-экономических расчетов (годовых выработок тепла, годовых расходов топлива и др.).

Расчет тепловой схемы позволяет определить суммарную теплопроизводительность котельной установки.

Котельная спроектирована на двухтрубную закрытую систему теплоснабжения. Применяется качественное регулирование по совмещенной тепловой нагрузке отопления и горячего водоснабжения, которое является погодозависимым, то есть температуры сетевой воды зависят от температур наружного воздуха. Это осуществляется с помощью трехходового регулирующего клапана, обозначенного на принципиальной тепловой схеме Кл2, установленного на линии переемычки, которой соединены между собой подающая и обратная линии. Посредством переемычки при всех режимах работы, кроме максимально зимнего, перепускается часть воды из обратной в подающую линию для поддержания заданной температуры.

Особенностью предлагаемой тепловой схемы рассматриваемой котельной является наличие дополнительного низкотемпературного водогрейного котла, который покрывает тепловую нагрузку в неотапительный период. Это связано с тем, что летом нагрузка на отопление и вентиляцию отсутствует, а нагрузка на горячее водоснабжение составляет менее 20% даже от мощности одного основного котла RS-D2000, теплопроизводительностью $Q=2000$ кВт. Котел с такой нагрузкой работает нестабильно, увеличивается количество пусков-остановов котельного агрегата, снижается коэффициент полезного действия.

Исходные данные для расчёта тепловой схемы представлены в таблице 4.7

Таблица 4.6.1 – Исходные данные к расчёту тепловой схемы котельной

Наименование параметра	$t_{\text{HO}}=-34^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{НХМ}}=-15^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{НИ}}=-12^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{Н}}=+8^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{Н}}>+8^{\circ}\text{C}$
Тепловая нагрузка на отопление, кВт	444,7	292,0	261,8	92,3	–
Тепловая нагрузка на вентиляцию, кВт	205,2	134,8	120,8	42,6	–
Тепловая нагрузка на ГВС, кВт	122,4	122,4	122,4	81,7	81,7
Температура в подающем трубопроводе, $\tau_{02},^{\circ}$	90	70,2	66,0	66,0	70
Температура воды в обратном трубопроводе, $\tau_{02},^{\circ}\text{C}$	67,2	51,4	54,3	51,4	40

Результаты расчета тепловой схемы котельной приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6.2 – Расчёт тепловой схемы котельной [34]

Расчетная величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица измерения	Расчетные режимы				
				$t_{HO} = -34^{\circ}C$	$t_{HO} = -16^{\circ}C$	$t_{HO} = -12,2^{\circ}C$	$t_{HO} = +8^{\circ}C$	$t_H > +8^{\circ}C$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход теплоты на отопление и вентиляцию	Q_{OV}	$Q'_0 \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}}$	кВт	649,9	426,8	382,6	134,9	0,0
Расход теплоты на ГВС	$Q_{ГВС}$	Из расчета	кВт	122,4	122,4	122,4	81,7	81,7
Общий расход теплоты	Q_m	$Q_{OV} + Q_{ГВС}$	МВт	772,3	549,2	505,0	216,6	81,7
Температура прямой сетевой воды на выходе из котельной	τ_1	По рис. 4.3	$^{\circ}C$	90,0	70,2	66,0	66,0	70,0
Температура обратной сетевой воды на входе в котельную	τ_2	По рис. 4.3	$^{\circ}C$	67,2	54,3	51,4	51,4	40,0
Общий расход Сетевой воды	G_c	Из расчета	кг/с	4,66	4,39	4,3	1,51	0,65
Расход воды на подпитку и потери в т/с	$G_{под}$	$0,025 \cdot G_c$	кг/с	0,117	0,110	0,108	0,038	0,016
Расход теплоты на собственные нужды	$Q_{сн}$	$0,02 \cdot Q_m$	кВт	15,4	10,9	10,1	4,33	1,63

4.7 Выбор котельного агрегата

В данном подразделе сведем все данные для выбора типа котла, полученные выше, произведем выбор котельных агрегатов, а также приведем технические характеристики выбранных котлов.

Проектом предусмотрена двухконтурная тепловая схема работы котельной, то есть через котлы предполагается пропускать контур котловой воды, который будет нагревать контур сетевой воды.

В соответствии с заданием на проектирование и результатами расчета нагрузок на отопление и ГВС параметры теплоносителя и теплопроизводительность котельной приняты следующие:

– теплоноситель для системы отопления и горячего водоснабжения – сетевая вода по температурному графику 90/67,2 °С;

– система теплоснабжения закрытая;

общая тепловая нагрузка 4,743 МВт (4.078 гкалл/ч);

– в качестве топлива для сжигания принят природный газ с теплотворной способностью $Q_H^P = 8028$ ккал/м³;

– техническое водоснабжение котельной осуществляется от существующих сетей водоснабжения и водоотведения;

– работа котельной предусматривается в автоматическом режиме, без постоянного обслуживающего персонала;

Циркуляция в контуре тепловой сети осуществляется сетевыми насосами, установленными на подающей магистрали. Установка рециркуляционных насосов на котлах необходима для повышения температуры котловой воды на входе в котлоагрегат в целях защиты от коррозии конвективных поверхностей нагрева.

По общей тепловой мощности котельной, определенной при расчете тепловой схемы выбираем три низкотемпературных водогрейных котла, работающих на газообразном топливе RS-D2000, мощностью 2000 кВт каждый, и атмосферный низкотемпературный газовый водогрейный котел

Фирма Rossen выпускающая полный комплект оборудования, предлагает индивидуальные решения и эффективные системы в диапазоне мощности от 1,5 до 120 000 кВт для любых областей применения и всех энергоносителей [46]. Выбор котлов именно этой фирмы обусловлен требованием заказчика, который уже сталкивался с ними. Котлы фирмы Rossen проявили себя как надежное и долговечное оборудование, легкое в обслуживании и эксплуатации

4.8 Тепловой расчет котла

Целью теплового поверочного расчета является определение температуры воды, продуктов сгорания на границах между поверхностями нагрева на выходе из котла, КПД котла, расход топлива. Выполним расчёт водогрейного котла RS-D2000 мощностью 2000 кВт. [37, 44].

Исходные данные для расчёта:

топливом служит природный газ с теплотворной способностью $Q_H^P = 8028$ ккал/м³;

температура воды на входе $t' = 67, 2^{\circ}C$

температура воды на выходе $t'' = 90^{\circ}C$

Расчетный состав топлива:

					13.03.012019.413.01 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$\text{CH}_4 = 94,2\%$;
 $\text{C}_2\text{H}_6 = 2,8\%$;
 $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,4\%$;
 $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1\%$;
 $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,1\%$;
 $\text{N}_2 = 2,0\%$;
 $\text{CO}_2 = 0,4\%$.

4.9 Состав и количество продуктов сгорания

Теоретически необходимый объем воздуха при $\alpha=1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ для газообразного топлива определим по формуле (4.9.2):

$$V^0 = 0,0476 \cdot (0,5 \cdot C + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum (m + 0,25 \cdot n) \cdot C_m H_n - O_2), \quad (4.9.1)$$

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

$$\begin{aligned}
 V^0 &= \\
 &0,0476 \cdot ((1 + 0,25 \cdot 4) \cdot 94,2 + (2 + 0,25 \cdot 6) \cdot 2,8 \\
 &+ (3 + 0,25 \cdot 8) \cdot 0,4 + (4 + 0,25 \cdot 10) \cdot 0,1 + (5 + 0,25 \cdot 12) \cdot 0,1) \\
 &= 9,6 \text{ м}^3/\text{м}^3
 \end{aligned}$$

Теоретический объем продуктов сгорания при $\alpha=1 \text{ м}^3/\text{м}^3$:- объем трехатомных газов (4.9.2):

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + \sum m \cdot C_m H_n), \quad (4.9.2)$$

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01 \cdot (0,4 + 1 \cdot 94,2 + 2 \cdot 2,8 + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1) = 1,023 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

– объем двухатомных газов (4.9.3):

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot N_2, \quad (4.9.3)$$

$$V_{\text{N}_2}^0 = 0,79 \cdot 9,6 + 0,01 \cdot 2,0 = 7,604 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

– объем водяных паров (4.9.4):

$$\begin{aligned}
 V_{\text{N}_2}^0 &= \\
 &0,01 \cdot (H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{2,мл}) + 0,0161 \cdot V^0,
 \end{aligned} \quad (4.9.4)$$

					13.03.012019.413.01 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

– влагосодержание топлива, отнесенное к 1 м^3 сухого газа, при $t_{2,мл} = 10^\circ\text{C}$
 Можно принять равным $10\text{г}/\text{м}^3$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,01 \cdot (0,5 \cdot 4 \cdot 94,2 + 0,5 \cdot 6 \cdot 2,8 + 0,5 \cdot 8 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 12 \cdot 0,1 + 0,124 \cdot 10) + 0,0161 \cdot 9,6 = 2,16 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительный объем водяных паров определим по формуле (4.9.5):

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (4.9.5)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 2,16 + 0,0161 \cdot (1,1 - 1) \cdot 9,6 = 2,17 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительный объем дымовых газов определим по формуле (4.9.6):

$$V_2 = V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0 + V_{\text{H}_2\text{O}} \quad (4.9.6)$$

$$V_2 = 1,023 + 7,604 + (1,1 - 1) \cdot 9,6 + 2,17 = 11,76 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объемные доли водяных паров (4.41):

$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_2} \quad (4.9.7)$$

$$\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2,17}{11,76} = 0,185 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объемные доли трехатомных газов (4.9.8):

$$\gamma_{\text{RO}_2} = \frac{V_{\text{RO}_2}}{V_2} \quad (4.9.8)$$

$$\gamma_{\text{RO}_2} = \frac{1,023}{11,76} = 0,087 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Суммарные доли определяются по формуле (4.9.9):

$$\gamma_n = \gamma_{\text{RO}_2} + \gamma_{\text{H}_2\text{O}} \quad (4.9.9)$$

$$\gamma_n = 0,185 + 0,087 = 0,272 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

4.10 Расчет энтальпий продуктов сгорания

Для выполнения поверочных расчетов элементов котла необходимо найти энтальпии продуктов сгорания. Расчет теплосодержания продуктов сгорания в газоходах представлен в таблице 4.10.1

Таблица 4.10.1 – Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах

$\vartheta, ^\circ\text{C}$	$I_g^0, \text{кДж/м}^3$	$I_z^0, \text{кДж/м}^3$	$I = I_z^0 + (\alpha - 1) \cdot I_g^0, \text{кДж/м}^3$	
			I	I
1	2	3	4	5
30	382,08	–	–	–
100	1487,57	1267,20	1614,3	
200	2998,89	2553,60	3254,3	1640,0
300	4552,71	3868,80	4939,6	1685,3
400	6149,22	5203,20	6669,5	1730,0
500	7783,00	6566,40	8439,6	1770,1
600	8869,24	7968,00	9666,0	1226,4
700	11165,51	9398,40	12105,3	2439,3
800	12937,96	10848,00	14022,8	1917,4
900	14739,49	12297,60	15969,2	1946,5
1000	16578,62	13785,60	17957,2	1987,9
1100	18421,85	15312,00	19953,1	1995,9
1200	20271,23	16838,40	21955,1	2002,0
1300	22174,89	18537,60	24028,6	2073,6
1400	24116,24	19929,60	26109,2	2080,5
1500	26042,29	21494,40	28191,7	2082,5
1600	27999,89	23068,80	30306,8	2115,0
1700	29971,25	24633,60	32434,6	2127,8
1800	31961,02	26198,40	34580,9	2146,2
1900	33971,43	27811,20	36752,6	2171,7
2000	35972,81	29414,40	38914,2	2161,7
2100	37998,11	31094,40	41107,6	2193,3
2200	40029,90	32630,40	43292,9	2185,4

4.11 Проверка теплового баланса

Энергетический (тепловой) баланс любого аппарата может быть представлен в виде уравнения, связывающего приход и расход энергии (тепла) процесса (аппарата). Энергетический баланс составляется на основе закона сохранения

энергии, в соответствии с которым в замкнутой системе сумма всех видов энергии постоянна.

Расчёты считаются верными, если выполняется нижеприведенное условие (4.11.1):

$$\frac{\Delta Q \cdot 100}{Q_p \cdot \eta_{бр}} \quad (4.11.1)$$

Отсюда невязка теплового баланса определяется по формуле (4.11.2):

$$\Delta Q = B_p \cdot (Q_p^p \cdot \eta - (Q_l + Q_m)) \quad (4.11.2)$$

Где Q_l определяется следующим образом (4.11.3):

$$Q_l = \varphi \cdot (Q_p^p - I_m'') \quad (4.11.3)$$

$$Q_l = 0,99 \cdot (33640 - 19893,2) = 13609,3 \text{ кДж/м}^3$$

$$\Delta Q = 0,015 \cdot (33640 \cdot 0,89 - (13609,3 + 16698,2)) = 5,52 \text{ кДж/м}^3$$

$$\frac{\Delta Q \cdot 100}{Q_p \cdot \eta_{бр}} = \frac{5,52 \cdot 100}{33640 \cdot 0,89} = 0,02\% \leq 0,5\%$$

Условия теплового баланса соблюдены.

В данном разделе выпускной квалификационной работы были произведены все необходимые теплотехнические расчеты. Для определения мощности крышной котельной были вычислены тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и водоснабжения здания пос. Есаульский, они составили 772,37 кВт. Был рассчитан годовой отпуск теплоты; определены температуры и расходы сетевой воды, построены соответствующие графики.

Расчет тепловой схемы крышной котельной с определением всех тепловых и массовых потоков, а также расходов тепла на собственные нужды был выполнен для пяти температурных режимов: максимально зимнего, при температуре наиболее холодного месяца $t_{нхм}$, при температуре излома температурного графика $t_{ни}$, при температуре начала отопительного периода $t = +8$ °С и летнего режимов. По результатам этого расчета выбраны типы и производительность котельных агрегатов – два низкотемпературных водогрейных котла, работающих на газообразном топливе RS-D2000, мощностью 2000 кВт каждый.

5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

В последнее десятилетие вопрос энергоэффективности и рационального использования энергетических ресурсов стал вставать очень остро. Запасы возобновляемых источников энергии с каждым годом уменьшается, поэтому, озабочившись этой проблемой, государство принимает всевозможные меры в сфере энергосбережения. Федеральный закон №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [1] постоянно претерпевает изменения и новые редакции.

Поэтому рассмотрим меры по энергосбережению в рассматриваемой крышной котельной для здания пос.Есаульский Сосновского района Челябинской области Пути энергосбережения в котельных

Пути энергосбережения и повышения энергоэффективности в котельных:

1. Рациональное распределение нагрузки между несколькими котлами, которые работают одновременно, можно влиять на энергосбережение в котельных, поскольку КПД котлов и расходы условного топлива, которые зависят от производительности, индивидуальны для разных модификаций котлов и сроков их использования. Самое выгодное распределение суммарной нагрузки между котлами будет при условии равенства относительных приростов расхода топлива.

2. Редуцирование пара с одновременной выработкой электрической энергии Редуционно-охладительные установки (РОУ) предназначены для снижения давления пара с одновременным снижением его температуры путем распыления воды до параметров, необходимых для технологии. Одним из возможных практических вариантов использования потенциальной энергии пара с одновременным снижением его давления и температуры является применение паровых турбин с противодавлением или паросиловых установок.

3. Реконструкция газоподачи и газораспределительной установки котельной. Реконструкция заключается в установке вместо регулятора давления турбину, которая работает на природном газе. Таким образом, можно получать электрическую энергию на покрытие собственных нужд.

4. Установка испарителей мгновенного вскипания. Испарители мгновенного вскипания предназначены для получения обессоленной воды высокого качества. Установка позволяет не только получить качественную воду, но и возвращать все тепло, потребляемое испарителем в тепловой цикл, тем самым, уменьшая потери теплоты.

5. Наибольшие потери тепловой энергии – это потери с уходящими газами. Уменьшить потери теплоты с уходящими газами можно уменьшив коэффициент избытка воздуха. Коэффициент избытка воздуха – отношение действительного количества воздуха к теоретически необходимому для полного сгорания единицы топлива.

6. Снизить коэффициент избытка воздуха можно за счет установки новых эффективных горелок. Горелочные устройства любых конструкций служат для

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

ввода в топку котла топлива и воздуха, последующего их перемешивания и обеспечения устойчивого горения топливовоздушной смеси.

5.1 Основные мероприятия по энергосбережению в котельных

Основные мероприятия по энергосбережению в котельных полностью совпадают с мероприятиями по энергосбережению в теплогенерирующих установках и включают в себя:

- увеличение КПД котельных установок;
- экономию топлива;
- снижение потерь теплоты;
- качественную подготовку воды для подпитки котельных агрегатов;
- снижение присосов в топку и газоходы;
- работа по режимной карте и температурному графику с наименьшим коэффициентом избытка воздуха;
- проведение режимно-наладочных испытаний;
- автоматизация процессов горения топлива и питания котельных агрегатов и другие.

При разработке котельных следует производить сравнение технико-экономических показателей, вариантов выбора основного и вспомогательного оборудования, степени автоматизации, компоновочных и схемных решений. Сравнение технико-экономических показателей следует производить по приведенным затратам: экономически целесообразным признается вариант с наименьшими приведенными затратами, а при равных приведенных затратах предпочтение отдается варианту с наименьшими, капитальными вложениями (или сметной стоимостью).

При выполнении расчетов определяют себестоимость тепловой энергии, отпущенной потребителям, которая отражает техническую вооруженность котельной, степень механизации и автоматизации процессов, расходование материальных ресурсов. Для расчета себестоимости вычисляют годовые эксплуатационные расходы, которые включают следующие статьи: топливо, электроэнергию, воду, амортизацию, текущий ремонт, заработную плату персонала и прочие (на охрану труда, технику безопасности, пожарную и сторожевую охрану, приобретение спецодежды, реактивов для химической очистки воды) [52].

Эти расчеты приведены в экономико-управленческом разделе ВКР.

Существуют методики расчета тепловых схем котельных позволяющие, задаваясь определенными параметрами, получать параметры различного уровня: требуемую или необходимую температуру любого теплоносителя, расход теплоносителя, расход топлива и тем самым выбрать наиболее экономичный и энергосберегающий вариант работы котельной. Данные методики обладают новизной и оригинальностью и поэтому являются перспективными для использования в информационно-измерительных системах, компьютерных технологиях и программах.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

При выполнении развернутых тепловых схем котельных с водогрейными котлами применяют общестанционную или агрегатную схему компоновки оборудования. Общестанционная схема характеризуется присоединением сетевых и рециркуляционных насосов, при котором вода из обратной линии тепловых сетей может поступать к любому из сетевых насосов, подключенных к магистральному трубопроводу, питающему водой все котлы котельной. Рециркуляционные насосы подают горячую воду из общей линии за котлами в общую линию, питающую водой все водогрейные котлы.

При агрегатной схеме компоновки оборудования котельной для каждого котла устанавливаются сетевые и рециркуляционные насосы. Вода из обратной магистрали поступает параллельно ко всем сетевым насосам, а нагнетательный трубопровод каждого насоса подключен только к одному из водогрейных котлов. К рециркуляционному насосу горячая вода поступает из трубопровода за каждым котлом до включения его в общую подающую магистраль и направляется в питательную линию того же котлоагрегата. Также предусматривается установка одного резервного сетевого насоса для всех водогрейных котлов.

Выбор общестанционного или агрегатного способа компоновки оборудования котельных с водогрейными котлами определяется, исходя из эксплуатационных соображений, а именно, учета и регулирования расхода и параметров теплоносителя, протяженности в пределах котельной магистральных трубопроводов, ввода в эксплуатацию каждого котельного агрегата и т. д [57].

5.2 Меры по энергосбережению, применяемые в крышной котельной

Применение крышных котельных, само по себе, является более энергоэффективным решением по производству тепловой энергии. Такие котельные являются достойным вариантом децентрализованного (автономного) теплоснабжения, обеспечивая бесперебойную подачу тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения. Это альтернативное решение проблемы теплоснабжения в местах, где подача централизованных источников ограничена или нецелесообразна. Обеспечение тепловой энергией зданий от крышных котельных предполагает использование безопасных и экологичных водогрейных котлов. По сравнению с централизованным теплоснабжением, использование крышных котельных имеет ряд преимуществ:

- значительное повышение энергоэффективности ввиду отсутствия тепло-трасс, в которых потери от производимого количества тепла часто превышают 30 % от производимого количества тепла;
- за счет полной автоматизации технологического процесса крышных котельных достигается точное поддержание температуры воды, подаваемой в систему и экономный расход горячей воды (с минимальными потерями по сети);
- котельные на крышах зданий разумно и выгодно использовать в посёлках куда тепловые сети тянуть экономический не выгодно.
- строительство автономных котельных установок на кровлях зданий выгодно и в экологическом аспекте, так как уменьшает загрязнение нижних слоев

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

атмосферы, позволяя продуктам сгорания рассеиваться высоко над землей и снижает затраты на сооружение котельной, так как снимаются вопросы дополнительного землеотвода и строительства отдельно стоящего здания котельной и установки высокой дымовой трубы;

– использование облегченной конструкции котельного оборудования возможно ввиду более благоприятных гидравлических условий работы оборудования, что связано с отсутствием статического давления, определяемого высотой водяного столба (высотой здания) по сравнению с наземным расположением котельной;

– крышные котельные позволяют обеспечить комфортные условия для людей за счет поддержания необходимого температурного режима для отопления данного конкретного здания [49].

Расчеты показали, что 1 Гкал тепла, который производят крышные котельные, почти в полтора раза ниже стоимости тепла, вырабатываемого централизованными системами теплоснабжения.

Автоматизация крышных котельных может исключить присутствие дежурного оператора в помещении котельной.

Отличительная черта крышных котельных — их интеграция в строительные конструкции отапливаемого здания. Первостепенным критерием качества теплоснабжения за счет крышных котельных является отсутствие температурного дискомфорта в помещении и постоянное наличие горячей воды в требуемом объеме, желательно с определенной температурой. Система автоматики котельной отслеживает соответствие параметров теплоносителя в системах отопления и горячего водоснабжения задаваемым уставкам, контролирует параметры безопасной работы основного и вспомогательного оборудования и осуществляет непрерывный обмен данными с объединенной диспетчерской, которая оборудована в помещении диспетчерской службы.

Автоматическое регулирование количества тепла, расходуемого на отопление, предусматривает коррекцию температуры сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха. Однако тепловые потери каждого здания зависят от многих факторов: от конструкции ограждений и вида используемых строительных материалов, от расположения здания относительно розы ветров, от ориентации относительно воздействия солнечной радиации.

При отоплении зданий от крышных котельных появляется возможность учесть эти особенности каждого строения путем подбора индивидуального графика по температуре воды, подаваемой в отопительную сеть. На практике такая коррекция таблиц температурных уставок проводится на основе замеров температур в кварпомещениях верхнего и нижнего этажей.

Это внесло дополнительный вклад в повышение энергоэффективности крышных котельных. Что касается точности поддержания температуры воды относительно уставок, то и по сети отопления и по расходуемой горячей воде, она не выходит за пределы $\pm 2^\circ\text{C}$. Выбором режима работы сетевого насоса решается задача выравнивания температурных режимов помещений нижнего и верхнего этажей [50].

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Погодозависимая чувствительность, применяемая в крышных котельных в схемах управления отоплением является ярким примером энергоэффективного использования топливных ресурсов.

Одним из направлений энергосбережения является применение пенополиуретановой изоляции «Энергофлекс» [52].

Материал «Энергофлекс» это теплоизоляция на основе вспененного полиэтилена с закрытой ячеистой структурой, предназначен для изоляции систем отопления, горячего и холодного водоснабжения, санитарных систем и систем кондиционирования воздуха, системы вентиляции, а также ограждающих конструкций.

Основные задачи технической изоляции, которые прекрасно решает материал «Энергофлекс»:

- сохранение энергии. Низкий коэффициент теплопроводности изоляции «Энергофлекс» позволяет использовать тепловую энергию по назначению;

- защита от нагревания. Теплоизоляция «Энергофлекс» сохраняет носитель внутри труб от нагревания;

- защита от замерзания. В случае аварии в зимнее время на трубопроводе теплоизоляция «Энергофлекс» сохранит систему от замораживания на срок, достаточный для того, чтобы провести необходимые ремонтные работы;

- защита от выпадения конденсата. Теплоизоляция «Энергофлекс» защищает трубопровод от конденсата, и как следствие, от коррозии оборудования и порчи строительных конструкций;

- защита труб от коррозии. Теплоизоляция на основе вспененного полиэтилена «Энергофлекс» устойчива к воздействию бетонноцементных смесей (материалы с агрессивной щелочной средой), поэтому она надежно защищает трубы от коррозии;

- шумопоглощение. Теплоизоляционные материалы «Энергофлекс» обладают способностью снижать структурные шумы. Это полезное свойство часто помогает достичь акустического комфорта вблизи жилых домов.

Эффективность топливоиспользования в котельной повышается при внедрении в эксплуатацию средств технической диагностики состояния отдельных узлов котлоагрегатов, при оптимизации топочных режимов, режимов работы основного и вспомогательного оборудования, а также путем использования метрологического обеспечения средств измерений технологических параметров.

Основной резерв повышения экономичности котлов – в снижении потерь теплоты с уходящими газами. Направления работ по сокращению этих потерь общеизвестны и заключаются, главным образом, в поддержании оптимальных значений коэффициента избытка воздуха по газовому тракту котлов за счет своевременной очистки внутренних и наружных поверхностей нагрева от загрязнений [30].

Одним из основных потребителей электроэнергии в системах отопления являются насосы. Чем больше электроэнергии тратится на привод насосов, тем выше себестоимость воды, и тем больше приходится платить потребителю воды.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Количество электроэнергии, затрачиваемой на подачу одного кубометра воды, зависит от напора, создаваемого насосом, и от коэффициента полезного действия насоса.

Применение в котельной для пос. Есаульский насосного оборудования датского концерна «Grundfos» имеет ряд преимуществ, позволяющих добиться энергоэффективности:

- возможность регулирования мощности и создания нужного давления в системе;
- надежность, достигаемая за счет мокрого ротора, стартера, тщательно защищенного от влаги. При этом в насосах отсутствуют уплотнители, что позволяет избежать необходимости частого технического обслуживания;
- наличие моделей с разными узлами подсоединения, что позволят подобрать оптимальный вариант для каждой конкретной системы;
- слаженная работа всех составляющих устройства. Любой насос – цельный технический агрегат, оснащенный электродвигателем, блоком управления, насосной установкой, где все детали четко подогнаны;
- наличие приспособления, способного выводить наружу скопления лишнего воздуха, что предотвращает вероятность возникновения воздушных пробок [60].

Таким образом, по результатам данного раздела можно сделать вывод что крышная котельная является энергоэффективным источником теплоснабжения, за счет отсутствия тепловых сетей, погодозависимого регулирования и полной автоматизации, благодаря которой котельная работает без обслуживающего персонала. В крышной котельной для пос.Есаульский по ул. Красноармейской в г. Челябинске реализуются такие энергосберегающие мероприятия, как использование современного теплоизоляционного материала «Энергофлекс», снижение потерь теплоты с уходящими газами за счет своевременной очистки внутренних и наружных поверхностей нагрева

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, представляющим собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений [39]. Загрязнение окружающего воздуха негативно влияет на здоровье человека и на состояние природной среды. Тепловые электростанции и теплоэлектроцентрали оказывают существенное влияние на состояние воздушного бассейна в районе их расположения. В процессе полного сгорания топлива в дымовых газах образуются углекислый газ CO_2 , водяные пары H_2O , азот N_2 , окислы серы SO_2 (сернистый ангидрид), SO_3 (серный ангидрид) и зола. Из них к числу токсичных относятся окислы серы SO_2 и SO_3 и зола. Природный газ является беззольным топливом. При высоких температурах в ядре факела топков котлов большой мощности происходит частичное окисление азота, содержащегося в воздухе и топливе. Образуются окислы азота NO (окись азота) и NO_2 (диоксид азота).

При неполном сгорании топлива в топках могут образовываться окись углерода CO , углеводороды CH_4 , C_2H_4 и другие, а также канцерогенные вещества. Продукты неполного сгорания топлива являются вредными компонентами.

Исследование состава атмосферного воздуха в районах расположения крупных ТЭС показывает, что большой удельный вес в общем загрязнении воздуха приходится на долю окислов азота. Даже при минимальных дозах в воздухе окислы азота раздражают органы дыхания, разрушают оборудование и материалы, способствуют образованию смогов.

Образование окислов азота в топках происходит главным образом в результате окисления азота воздуха при высоких температурах, а также при разложении и окислении азотсодержащих соединений, входящих в состав топлива. В дымовых газах котлоагрегатов окислы азота обычно состоят на 95 -99% из окиси азота NO и лишь на 1-5% из диоксида азота NO_2 .

Образование окислов азота в топках котлоагрегатов зависит от конструктивного оформления и расположения горелочных устройств, их мощности, тепловой нагрузки на ярус горелок, типа топлива, тепловой мощности топки, скорости охлаждения газов и других показателей [48].

Газообразное топливо представляет собой наиболее органическое топливо, так как при его полном сгорании из токсичных веществ образуются только оксиды азота. При неполном сгорании в выбросах присутствует оксид углерода.

6.1 Расчет выбросов окислов азота

В топочной камере образуется в основном окись азота (более 95%). Образование диоксида азота NO_2 за счет окисления NO происходит при низких температурах и требует значительного времени. Выброс окислов азота, рассчитывается по NO_2 .

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot k \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3, \quad (6.1)$$

где β_1 – безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива и способа шлакоудаления; для природного газа $\beta_1 = 0,85$ [30, табл. 1.4];

β_2 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку, $\beta_2 = 0$;

r – степень рециркуляции дымовых газов в процентах расхода дутьевого воздуха, $r = 0$;

β_3 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок; для вихревых горелок $\beta_3 = 1$;

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, $q_4 = 0$;

Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива МДж/м³, $Q_n^p = 36,17$ МДж/м³;

B – суммарный расход топлива для 6 котлов, $B = 5,3$ м³/с = 5302,39 л/с;

k – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на 1 тыс. м³ сожженного условного топлива.

Для котлов паропроизводительностью менее 70 т/ч:

$$k = 3,5 \cdot \frac{D_\phi}{70}, \quad (6.2)$$

$$k = 3,5 \cdot \frac{25}{70} = 1,25 \text{ кг/м}^3.$$

где D_ϕ – номинальная паропроизводительность котла, $D_\phi = 25$ т/ч.

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 0,85 \cdot 1,25 \cdot 5302,39 \cdot 36,17 \cdot 1 = 6,93 \text{ г/с.}$$

Общий объем продуктов сгорания топлива в устье трубы для 6 котлов:

$$V_1 = V_2 \cdot B, \quad (6.3)$$

где V_2 – объем продуктов сгорания 1 котла на 1 м³ топлива,

$$V_2 = 11,29 \text{ м}^3 \text{ газа/м}^3 \text{ топл.}$$

$$V_1 = 11,29 \cdot 5,3 = 59,86 \text{ м}^3/\text{с}$$

6.2 Поверочный расчет дымовой трубы

Основным методом снижения концентрации выбросов на уровне земли является рассеивание их через высокие дымовые трубы. 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.

Высота дымовой трубы котельной» $H = 10$ м и диаметр $D = 0,05$ м.

					13.03.012019.413.01 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

При расчете рассеивания выбросов максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое C_m не должна превосходить максимально разовую ПДК этого вещества в атмосферном воздухе, $C_m < \text{ПДК}$. Загрязняющие вещества представлены в таблице 6.1:

Таблица 6.1 - Значения максимально-разовых и среднесуточных ПДК [30]

Загрязняющее вещество	ПДК, мг/м ³	
	Максимально-разовая	Среднесуточная
Пыль нетоксичная	0,50	0,150
Сернистый ангидрид (SO ₂)	0,50	0,050
Углерода окись (CO)	3,00	1,000
Азота окись (NO)	0,60	0,060
Азота двуокись (NO ₂)	0,085	0,040
Сажа (копоть)	0,15	0,050
Пятиокись ванадия (V ₂ O ₅)	-	0,002
Бензапирен (C ₂₀ H ₁₂)	-	1·10 ⁻⁶

ПДК_{мр} – предельно допустимая максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест. Эта концентрация при вдыхании в течение 20-30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК_{сс} – предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом вдыхании [34].

Расчет выбросов окислов азота производится по NO₂. Максимально-разовая предельно допустимая концентрация окислов азота в атмосферном воздухе ПДК_{мр} = 0,085 мг/м³.

Максимальная приземная концентрация окислов азота содержащихся в дымовых газах определяется по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (6.4)$$

где ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

T_d – температура дымовых газов, $T_d = 140^\circ\text{C}$,

T_B – температура воздуха, $T_B = 30^\circ\text{C}$,

$\Delta T = T_d - T_B = 140 - 30 = 110^\circ\text{C}$;

H – высота дымовой трубы, $H = 15$ м;

V_1 – продуктов сгорания топлива, $V_1 = 59,86$ м³/с;

M – расход выбрасываемого в атмосферу вещества, $M = 6,93$ г/с;

A – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, для европейской территории России и Урала севернее 52° с.ш., $A = 160$, [30, табл. 3.2];

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для газообразных примесей $F = 1$;

m и n – коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой. Значения этих коэффициентов определяются по вспомогательным величинам:

$$f = \frac{10^3 \cdot w_0^2 \cdot D_0}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (6.5)$$

$$v_m = 0,65 \leftrightarrow \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (6.6)$$

где D_0 – диаметр устья источника выброса, $D_0 = 0,1$ м;

w_0 – средняя скорость выхода газозвушной смеси из устья источника выброса, рассчитывается по формуле:

$$w_0 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot D_0^2}, \quad (6.7)$$

$$w_0 = \frac{4 \cdot 59,86}{\pi \cdot 0,1^2} = 8,47 \text{ м/с};$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 8,47^2 \cdot 0,1}{30^2 \cdot 110} = 2,17;$$

$$v_m = 0,65 \leftrightarrow \sqrt[3]{\frac{59,86 \cdot 110}{30}} = 3,92$$

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Коэффициент m рассчитывается:

$$\text{при } f < 100 \quad m = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{f}+0,34\sqrt[3]{f}} \quad (6.8)$$

$$\text{при } f > 100 \quad m = 1,47/\sqrt[3]{f}$$

Коэффициенты n рассчитываются:

$$\begin{aligned} \text{при } v_m \geq 2 & \quad n=1 \\ \text{при } 0,5 < v_m < 2 & \quad n=0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 \cdot v_m + 3,13 \\ \text{при } v_m \leq 0,5 & \quad n=4,4 \cdot v_m \end{aligned} \quad (6.9)$$

$$\text{при } f < 100 \quad m = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{2,17}+0,34\sqrt[3]{2,17}} = 0,79$$

при $v_m \geq 2 \quad n=1.$

$$C_m = \frac{160 \cdot 6,93 \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 1}{30^2 \sqrt[3]{59,86 \cdot 110}} = 0,052 \text{ мг/м}^3$$

При существующей высоте дымовой трубы содержание окислов азота в дымовых газах не превышает ПДК, при условии, что расчеты были произведены без учета фоновой концентрации C_ϕ . Под фоновой концентрацией для отдельного источника загрязнения атмосферы понимается загрязнение атмосферы в посёлке или другом населенном пункте, созданное другими источниками, исключая данный.

7 АВТОМАТИЗАЦИЯ – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

В котельной должна предусматриваться защита оборудования, сигнализация, автоматическое регулирование, контроль, входящие в автоматизированную систему управления технологическими процессами котельной в объеме требований [13].

В соответствии с [13] для водогрейных котлов при сжигании газообразного топлива следует предусматривать устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам при:

- повышении или понижении давления газообразного топлива перед горелками;
- понижении давления жидкого топлива перед горелками за регулирующей арматурой;
- понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;
- уменьшении разрежения и/или повышения давления в топке;
- погасании факелов горелок, отключение которых при работе котла не допускается;
- повышении температуры воды на выходе из котла;
- уменьшении расхода воды через котел;
- неисправности цепей защиты.
- В котельной следует предусматривать светозвуковую сигнализацию:
 - срабатывания защиты;
 - повышения и понижения давления газообразного топлива в общем газопроводе к котлам;
 - понижения давления воды в каждой питательной магистрали;
 - понижения и повышения давления воды в обратном трубопроводе тепловой сети
- отсутствия напряжения на рабочем и резервном вводах питания
- Необходимо устанавливаться приборы контроля содержания оксида углерода в помещении.
- Для устанавливаемых котлов следует предусмотреть регулирование температуры воды на входе в котел.
- Следует предусматривать визуальное отображение параметров на мониторе:
 - температуры воды в общем трубопроводе перед водогрейными котлами и на выходе из каждого котла (до запорной арматуры);
 - давления воды на выходе из водогрейного котла;
 - температуры дымовых газов за котлом;
 - давления газообразного топлива перед горелками, после последнего (по ходу газа) отключающего устройства;
 - давления воды в питательных магистралях;
 - давления газообразного топлива в магистралях перед котлами;

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

– давления воды в системах теплоснабжения.

Встроенная система управления горелкой, с помощью специальным образом запрограммированных электронных блоков, позволяют контролировать разные элементы, которые влияют на правильное смешивание топлива с воздухом горения. Так же, эта система, позволяет отрегулировать процесс горения с максимальной точностью. Кроме того, можно расширить возможности системы, подсоединив ее через интерфейс к датчику контроля кислорода и/или к инвертеру для контроля скорости вентилятора, с целью улучшения работы, при этом достигая максимальную экономию энергии, как в виде топлива, так и в виде используемой электрической энергии.

Контроллер горелки получает в реальном времени информацию с датчиков, обрабатывает ее и по сигналу от общего контроллера регулирует подачи воздуха и газа. Эта система обладает следующими возможностями:

встроенный электронный блок контроля пламени;

интегрированный в систему контроль герметичности газовых клапанов;

использование датчиков пламени различных типов с целью эксплуатации системы "менеджер горения - горелка" в самых разных приложениях;

ввод в действие на регулируемой скорости частотного преобразователя (опция только для некоторых вариантов исполнения горелок)

визуализация кодов ошибок в случае неправильной работы или блокировки горелки; - возможность ввода или исключения в программу работы горелки пост - продувки;

визуализация часов работы горелки.

Розжиг котла происходит в следующем порядке:

1. Проветривание топки котла при включенном дымососе и воздуходувке, чтобы не произошло взрыва газозоудшной смеси;
2. При закрытых клапане безопасности и клапане-отсекателе проводится контроль отсутствия давления газа (датчик давления разомкнут) в течение 5 мин;
3. Открывается клапан-отсекатель на время 2с;
4. При закрытых клапане-безопасности и клапане-отсекателе проводится контроль наличия давления газа (датчик давления замкнут) в течение 5 мин;
5. Открывается клапан безопасности на 5с;
- 6.Проводится контроль отсутствия давления газа (датчик давления разомкнут);
7. После проверки герметичности газопровода подается сигнал на открытие клапана запальной горелки и подаются импульсы на катушку зажигания.

При розжиге факела запальной горелки подается устойчивый сигнал с электрода контроля пламени запальника, вследствие чего открывается клапан основной горелки и котел выводится в рабочий режим.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

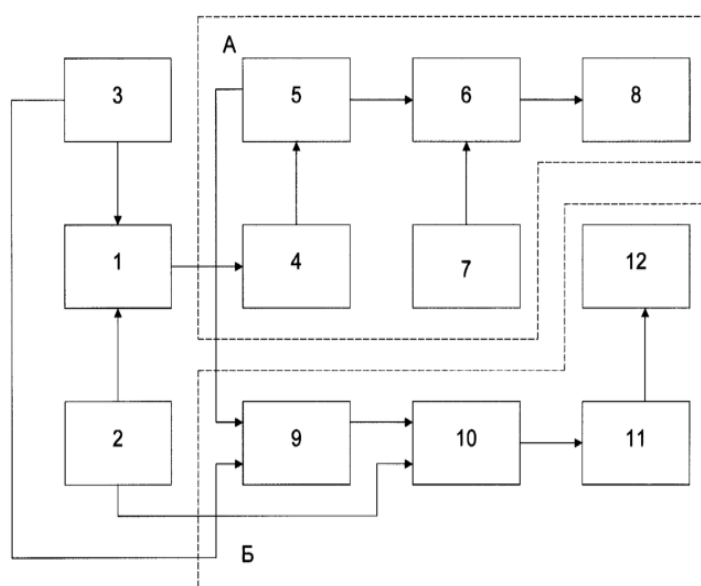
8 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И РЕСУРСА АВТОМАТИКИ КОТЕЛЬНОЙ

8.1 Область применения изобретения

В данной главе рассмотрен принцип работы изобретения, которое может быть использовано в области энергетики для управления режимом работы котлов котельных путем изменения соотношения газ-воздух в горелках котлов. Целью изобретения является повышение точности автоматического управления при снижении расходов на средства автоматики и повышении ресурса и надежности систем автоматического управления.

В процессе управления режимом работы котлов котельной группируют все котлы котельной в два элемента композиции: первый - множественно дискретно-регулируемый по числу котлов элемент и второй - единичный элемент (котел) с плавным регулированием от P_{\min} до $P_{\max}=2P_{\min}$ за счет изменения соотношения газ-воздух, делят заданную центральным тепловым пунктом мощность на величину P_{\max} , выделяют из полученной величины целое число, сравнивают полученное целое число с числом включенных в работу котлов и изменяют их число в сторону устранения возникшего рассогласования путем включения или отключения ($n-k$) котлов котельной, умножают полученное целое число на P_{\max} , вычитают из заданной центральным тепловым пунктом величины мощности полученный в предыдущей операции умножения результат и при превышении полученной в результате вычитания величины мощности P_{\min} плавно регулируют мощность второго единичного элемента композиции - котла с плавной регулировкой, в диапазоне от P_{\min} до P_{\max} в сторону возникшего рассогласования, периодически повторяя перечисленные операции композиционного управления в описанной последовательности.

Схема работы автоматики представлена на рисунке 8.1.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.012019.413.01 ПЗ

Лист

58

Рисунок 8.1 – Схема регулирования

Оно может быть использовано для энергосберегающей оптимизации режимов сжигания топлива в котлах котельных, работающих, например, на газе или на мазуте.

Известен способ управления режимом горения котлов согласно рисунку 1 принятый нами в качестве аналога, при котором поддерживают общую мощность тепла, вырабатываемую котельной, равную заданной по годовому графику с помощью упомянутой режимной карты. Режимная карта составляется экспериментально-расчетным путем, причем основной массив данных режимной карты рассчитывается по эмпирическим зависимостям.

8.2 Недостатки аналогов

Недостатком аналога, как показывает практика эксплуатации котельных, является отсутствие возможности энергосберегающей оптимизации сжигания топлива в котлах котельной, так как режимная карта, составленная на основе замеров при одних погодных условиях, может иметь существенные погрешности для других. Она нуждается в постоянной корректировке по мере износа горелок и других элементов котлов в процессе эксплуатации. Следует отметить и влияние человеческого фактора, так как функция обеспечения работы котельной по режимной карте возлагается на оперативный персонал станции.

Все это приводит к перерасходу топлива и низкому качеству управления режимом котлов котельной и соответственно пониженному качеству снабжения потребителей вырабатываемой тепловой энергией.

В значительной степени эти недостатки преодолены в способе автоматического регулирования режима горения в котлах котельных [2], принятом нами в качестве прототипа.

В способе автоматического управления топливными горелками в котлах котельных по прототипу измеряют число включенных в работу горелок и расход газа в них, сравнивают общую производимую тепловую мощность с заданной в зависимости от погодных условий и для устранения рассогласования регулируют соотношение газ-воздух газовых горелок котлов котельной.

Недостатком способа автоматического управления топливными горелками в котлах котельных по [2], принятом нами в качестве прототипа, является невозможность учета резко переменных погодных условий, особенно в северных районах с неустойчивым климатом и большими перепадами температур (солнце есть - нет), что не позволяет даже на протяжении длительного времени оценить эффективность горения факелов в котлах котельных по объемам потребляемого газа из-за сезонного и годового колебания температур и соответственно режимов теплосетей.

Другой недостаток - необходимость комплектования всех котлов котельных собственными системами автоматического регулирования, что на базе разработанного в [2] регулятора снижает надежность работы всей котельной из-за

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

повышенной вероятности отказов или сбоев в точности регулирования режимами котлов котельной

8.3 Принцип работы изобретения

Целью заявляемого изобретения является повышение точности и надежности автоматического регулирования режима работы котлов котельной при повышении ресурса их работы и снижения затрат на автоматику котлов, а также расхода газа на основе комплексного двухэлементного принципа множественно-дискретного и единично-плавного композиционного управления.

Поставленная цель достигается в способе композиционного управления режимом работы котлов котельной, при котором измеряют мощность включенных в работу котлов, сравнивают ее с заданной центральным тепловым пунктом (ЦТП) теплоснабжения потребителей в зависимости от погодных условий (температуры воздуха) и при возникновении рассогласования контролируемой и заданной величин мощности изменяют соотношение газ-воздух факелов котлов котельной в сторону устранения возникшего рассогласования. Причем группируют все котлы с двумя степенями: "большой" и "малый" факел $P_{max}=2P_{min}$ в два элемента композиции:

А - множественно дискретно-регулируемый элемент по числу котлов n с $2n$ их степенями;

Б - единичный элемент (котел) с плавным регулированием от P_{min} до P_{max} ; делят заданную центральным тепловым пунктом мощность на величину P_{max} и выделяют из полученной величины целое число; сравнивают полученное целое число с числом включенных в работу котлов и изменяют их число в сторону устранения возникшего рассогласования путем включения или отключения $(n-k)$ котлов котельной; умножают полученное целое число на P_{max} ;

вычитают из заданной ЦТП величины мощности полученный в предыдущей операции умножения результат и при превышении полученной в результате вычитания величины P_{min} плавно регулируют мощность второго единичного элемента композиции (котла с плавной регулировкой) в диапазоне от P_{min} до P_{max} в сторону устранения возникшего рассогласования;

через дискрету времени, принятую за доверительный интервал управления режимом работы котлов котельной, все перечисленные операции композиционного управления циклически повторяют в описанной последовательности.

Существенным отличием от известных способов управления режимом котлов в котельной является то, что ни в одном из известных способов управления котлами не достигается высокая динамическая точность производимой тепловой мощности, отвечающая резким колебаниям погодных условий, наблюдаемых особенно на Севере, при снижении числа регулировок и самих регуляторов, исключении ложных срабатываний регулирующих воздействий и снижении общей стоимости системы автоматического управления.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

например, в нашем случае $0,4 \text{ МВт} > 0,25 \text{ МВт}$ плавно регулируют с помощью второго исполнительного блока 12 котел 15 - второй элемент композиции Б с плавным управлением, увеличивая его мощность до $0,4 \text{ МВт}$.

По истечении заданной дискреты времени перечисленные операции с котлами и их мощностями циклично повторяют в изложенной последовательности

8.4 Выводы

Реализуемость патентуемого способа не вызывает сомнений, так как все применяемые операции умножения, сравнения, вычитания, деления, включения-отключения и др. с материальными объектами - котлами и их мощностями практически выполнимы и не требуют принципиально новых научно-технических разработок.

Применение патентуемого способа повышает точность управления котлами котельных, снижает ненужное число регулировок и стоимость средств, расходуемых на автоматику в 1,4 раза при повышении надежности всей системы управления в 1,6 раза

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При разработке проекта строительства крышной котельной для бизнес-центра необходимо учитывать вопросы безопасности жизнедеятельности. В данном разделе оценим влияние потенциально опасных и вредных производственных факторов, рассмотрим общие требования техники безопасности при работе в котельной, требования электро- и пожаровзрывоопасности, устройство заземления и молниезащиты, а также мероприятия по снижению шума и вибрации.

9.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы рабочей среды и трудового процесса (ОиВФ и ТП) делятся на физические, химические, биологические и психофизические. В ГОСТ 12.0.003-80 «Опасные и вредные производственные факторы» приводится классификация ОиВФ и ТП [3]. зоне обслуживания водогрейных котлов эксплуатационным персоналом существуют следующие факторы:

физические:

- параметры микроклимата: температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение от горячих поверхностей;
- повышенный уровень постоянного шума;
- повышенный уровень вибрации в котельном зале;
- освещение.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88(1999) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [6] допустимые величины показателей микроклимата в теплый период года:

- температура воздуха 20-24 °С;
- относительная влажность воздуха 15-75 %;
- скорость движения воздуха 0,1-0,4 м/с.

Допустимые величины показателей микроклимата в холодный период года:

- температура воздуха 23-25 °С;
- относительная влажность воздуха 40-60 %;
- скорость движения воздуха 0,1-0,3 м/с.

Интенсивность теплового излучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, не должна превышать 35 Вт/м^2 при излучении 50% поверхности тела и более, 70 Вт/м^2 - при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м^2 - при излучении не более 25% поверхности тела.

Согласно ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [8] общая вибрация категории 3А. Предельно допустимый уровень – 92 дБ. Для локальной вибрации по оси X – 112 дБ.

Освещение спроектировано согласно СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» [19], по которому нормы освещённости в котельной 150 лк.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

химические: топливо котельной – природный газ и его продукты сгорания: углекислый газ, бензапирен, летучие органические соединения.

Нормы на содержание вредных примесей в воздухе рабочей зоны:

– оксид углерода: класс опасности – 4, допустимое значение концентрации – 20 мг/м³;

– оксиды азота в пересчёте на NO₂: класс опасности – 3, допустимое значение концентрации – 5 мг/м³;

– диоксид азота: класс опасности – 3, допустимое значение концентрации – 2 мг/м³;

– углеводороды предельные (C₆-C₁₂), класс опасности – 4, предельно-допустимая концентрация – 300 мг/м³;

– метан, класс опасности – 4, предельно-допустимая концентрация – 7000 мг/м³;

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования к безопасности» [4], допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и уровни звука приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, ДБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

факторы трудового процесса:

– тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественно нагрузки на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма;

– напряженность труда – нагрузка преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника

травмоопасные факторы:

– острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;

– возможность поражения теплоносителем с высокой температурой;

– повышенное давление теплоносителя;

– разностное расположение оборудования;

– движущиеся и вращающиеся части механизмов могут вызвать механическое повреждение тела человека при попадании частей тела в поле действия этих частей механизмов;

– возможность поражения электрическим током от незащищенных и неизолированных электроприводов оборудования, в частности, насосов;

- возможность получения ожогов.
- аварийно возможные ситуации:
- утечка топлива;
- взрыв котла;
- пожар;
- разрыв трубопровода вследствие повышения давления, образования свищей.

9.2 Общие требования безопасности при работе в котельной

9.2.1. К самостоятельной работе в котельной допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие соответствующую подготовку и имеющие удостоверение о допуске к работе на водогрейных котлах, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья.

9.2.2. При работе в котельной возможно воздействие на работающих следующих опасных и вредных производственных факторов:

- оставление без присмотра работающие котлы и поручение наблюдения за их работой посторонним лицам;
- превышение предельно допустимого давления пара в котлах;
- термические ожоги при разжигании топлива в топках котлов бензином, керосином или другими легковоспламеняющимися жидкостями, а также при резком открывании дверцы топки и заглядывании в неё;
- отогревание паяльными лампами и факелами замёрзших труб;
- отравление угарным газом;
- работа с каменным углём без средств защиты органов дыхания.

9.2.3. При работе в котельной используется следующая спецодежда и средства индивидуальной защиты: комбинезон хлопчатобумажный, рукавицы, очки защитные, респиратор или противогаз.

9.2.4. Помещение котельной должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, понижающим трансформатором на 12 В с переносной 12-вольтовой лампой и электрическим фонарём.

9.2.5. В котельной должна быть медаптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств для оказания первой помощи при травмах.

9.2.6. Работающие обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Помещение котельной должно быть обеспечено огнетушителем на каждые два котла ящиком с песком и лопатой.

9.2.7. При несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан сообщить об этом администрации учреждения. При неисправности в работе водогрейных котлов сообщить об этом администрации Учреждения.

9.2.8. В процессе работы соблюдать правила ношения спецодежды, Пользования средствами индивидуальной и коллективной защиты, соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

9.2.9. Лица, допустившие невыполнение или нарушение инструкции по охране труда, привлекаются к дисциплинарной ответственности в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и, при необходимости, подвергаются внеочередной проверке знаний норм и правил охраны труда.

9.3 Требования безопасности перед началом работы в котельной

9.3.1. Надеть спецодежду и убедиться в наличии средств индивидуальной защиты органов дыхания.

9.3.2. Убедиться в исправной работе приборов контроля и автоматики, наличии ограждения муфт электронасосов.

9.3.3. Включить приточно-вытяжную вентиляцию, убедиться в её нормальном функционировании.

9.4 Требования безопасности во время работы в котельной

9.4.1. Не разжигать котлы без предварительной продувки их воздухом.

9.4.2. Не разжигать топливо в топках бензином, керосином или другими легко воспламеняющимися жидкостями.

9.4.3. Не оставлять без присмотра работающие котлы.

9.4.4. Не допускать в помещения котельной посторонних лиц и не поручать им наблюдение за работой котлов.

9.4.5. Во избежание ожогов соблюдать осторожность при открывании дверцы топки, резко не открывать её и не заглядывать в топку.

9.4.6. Не допускать повышения давления в котлах сверх допустимой нормы, указанной на циферблатах манометров красной чертой.

9.4.7. Запрещается сушить одежду, обувь, дрова и другие горючие материалы на конструкциях и оборудовании котлов и трубопроводах.

9.4.8. Запас топлива хранить не ближе 10м от здания котельной и других строений. В помещении котельной разрешается хранить топливо не более суточной потребности.

9.4.9. Шлак и золу выгребать в металлический ящик с крышкой на ножках. Не выбрасывать горячую золу, шлак, не прогоревший уголь возле строений и заборов.

9.5 Требования безопасности в аварийных ситуациях

9.5.1. В случае повышения давления пара в котле сверх допустимой нормы, указанной на циферблате манометра красной чертой, открыть предохранительный вентиль и стравить излишек пара из котла до достижения нормального давления.

9.5.2. В случае прекращения подачи электроэнергии и остановки водяных насосов для предотвращения размораживания системы отопления тушить котлы и слить воду из системы.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

9.5.3. При возникновении пожара немедленно сообщить о пожаре в ближайшую пожарную часть, администрации учреждения и приступить к тушению очага возгорания с помощью первичных средств пожаротушения.

9.5.4. При получении травмы немедленно оказать первую помощь

9.6 Меры безопасности при эксплуатации крышных котельных

Наличие датчиков, проектирование которых контролирует процесс работы газового устройства и которые срабатывают непосредственно при самых легких возгораниях, обязательно. Эти нужны для того, чтобы не случился пожар или взрыв. Желательно, чтобы при проектировании крышных установок была установлена функция, которая автоматически гасит первые признаки пожара.

Необходимо также установить газоизолирующий фланец, который способен отключить всю систему при первых признаках пожара.

На крышах многоэтажных домах нужно обязательно установить сигнализацию, которая показывает и передает световые и звуковые сигналы при пожаре.

Высота дымовой трубы должна быть определена расчетом и быть выше, чем высота крышной котельной минимум на 2 метра. Каждый газовый котел в крышной котельной должен иметь по отдельному дымоотводу, обязательно одинаковой высоты.

Крышные газовые агрегаты должны работать от отдельной ветки электросети. Напряжение в отапливаемом крышной котельной здании может быть разным, поэтому не стоит рисковать с электричеством, так как из-за сбоя в электросети в доме могут появиться проблемы в работе всей отопительной системы. В качестве автономного источника питания электроэнергией может подойти дизельный генератор.

Пол, на котором будут стоять крышные газовые агрегаты, должен быть сделан из железобетонных плит.

Оборудование для отопления издает очень много шума, поэтому для того, чтобы иметь возможность устанавливать крышные котельные в многоэтажных зданиях, требуется осуществить специальные требования согласно нормам звукоизоляции в помещениях.

котельной должны быть окна и двери, которые ведут непосредственно на крышу. Наличие отдельного лифта обязательно, так как он будет использоваться только для пожарных. Нужно также сделать проектирование служебного выхода. Котельная должна освещаться согласно нормам (0, 03 кв. м/1 м³).

При проектировании крышной котельной должен быть предусмотрен отдельный безопасный выход для обслуживающего персонала.

9.7 Электробезопасность

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Требования по электрической безопасности производственных помещений определяются согласно ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ-И – 1.01.86 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит» [9].

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства: защитные оболочки; защитные ограждения (временные или стационарные); безопасное расположение токоведущих частей; изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную); изоляцию рабочего места; малое напряжение; защитное отключение, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы: защитное заземление; зануление; выравнивание потенциала; систему защитных проводов; защитное отключение; изоляцию нетоковедущих частей; электрическое разделение сети; малое напряжение; контроль изоляции; компенсацию токов замыкания на землю; средства индивидуальной защиты. Технические способы и средства применяют раздельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Для защиты обслуживающего персонала котельной от поражения электрическим током предусматривается система защитного заземления и автоматическое отключение питания.

В котельной находится электрооборудование, каждое из которых имеет свою категорию:

- 1 категория: электроника (защищенное электрооборудование, оборудование присоединенное к цепям).
- 2 категория: однофазные подключаемые нагрузки, розетки и длинные отводы.
- 3 категория: трехфазное энергосбережение, в том числе однофазные линии освещения.
- 4 категория: любые воздушные линии, электропечи.

Монтаж электроустановок, электропроводки и заземления надлежит выполнять в соответствии с ПУЭ и СНиП 3.05.06-85 [14, 17].

Электроснабжение котельной должно осуществляться по двум взаиморезервируемым кабелям.

К работе в электроустановках должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе с присвоением соответствующей квалификационной группы по технике безопасности и не имеющие медицинских противопоказаний, установленных Министерством здравоохранения.

Для обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках должны выполняться следующие организационные мероприятия:

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ;
- оформление наряда или распоряжения на производство работ;
- осуществление допуска к проведению работ;
- организация надзора за проведением работ; оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на другие рабочие места; установление рациональных режимов труда и отдыха.

Конкретные перечни работ, которые должны выполняться по наряду или распоряжению, следует устанавливать в отраслевой нормативной документации.

Для обеспечения безопасности работ в электроустановках следует выполнять следующие мероприятия:

- отключение установки (части установки) от источника питания;
- проверку отсутствия напряжения;
- механическое запираание приводов коммутационных аппаратов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий и другие меры, исключающие возможность ошибочной подачи напряжения к месту работы;
- заземление отключенных токоведущих частей (наложение переносных заземлителей, включение заземляющих ножей);
- ограждение рабочего места или остающихся под напряжением токоведущих частей, к которым в процессе работы можно прикоснуться или приблизиться на недопустимое расстояние.

9.8 Заземление и уравнивание потенциалов

Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током все металлические нетоковедущие части электрооборудования (корпуса светильников, электрических двигателей, электрощитов, котлов, электротехнического ко-роба, металлический каркас здания) необходимо заземлить.

Для этих целей используются организационные мероприятия предусматривают правильное содержание зданий на территории котельной необходим РЕ-проводник, который присоединяется к ГЗШ во ВРУ и к внутреннему контуру заземления из стальной полосы 25х4 мм. Все со-единения выполнять сваркой.

Сопротивление растеканию электрического тока должно быть не более 4 Ом.

Работы выполнять в соответствии с ПУЭ [14] и СНиП 3.05.06-85 [17].

С целью уравнивания потенциалов в котельной строительные и производственные конструкции, стационарно проложенные трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования должны быть присоеди-нены к сети заземления стояка Ø 8 мм. При этом естественные контакты в сочле-нениях являются достаточными.

На пол положить диэлектрические ковры перед электрощитами, котлами, на-сосами.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

9.9 Молниезащита

В соответствии с РД.34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты" [16] здания и сооружения относятся к следующим категориям молниезащиты:

- здание котельной— II категория
- дымовые трубы— III категория

Для молниезащиты здания котельной на кровле под слоем гидроизоляции предусматривается молниеприемная сетка, которая должна соединяться с заземлителями здания центра.

9.10 Пожаровзрывобезопасность

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять следующие задачи:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;
- обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно.

Пожаровзрывобезопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита – меры, обеспечивающие борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией. Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на:

- организационные;
- технические;
- режимные;
- эксплуатационные.

Организационные мероприятия предусматривают правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию пожарно – технических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности и т.д.

К техническим мероприятиям относятся, соблюдение противопожарных правил, норм проектирования, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Мероприятия режимного характера – это запрещение курения в не установленных местах, производства сварочных и других огневых работ в пожароопасных помещениях и т.д.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания технологического оборудования [5].

Согласно НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» котельная относится по степени пожарной опасности к категории «Г», по степени огнестойкости является объектом второй степени, класс пожароопасности П-1А. Возможными источниками пожара в котельной является система топливоподачи котла.

Утечки газа могут приводить к общему отравлению организма, вызывать удушье. Кроме того, в определенных концентрациях газо-воздушная смесь является взрывоопасной.

Температуры, скорости газов и жидкостей выбраны исходя из требований технологического процесса, в местах соприкосновения металлических частей электрических машин с фундаментом установлены диэлектрические прокладки.

Изоляцию токоведущих частей выбирают с повышенной стойкостью против сырости и химических взаимодействий. вращающиеся части, которые могут вызвать искрение при случайном задевании за другие части, изготавливают из цветного металла, либо защищают взрывопожираемой оболочкой.

Включатели, нормально искрящие по условиям работы, удаляют от мест скопления горючих материалов или выносят за пределы помещений. Силовое электрооборудование, приборы, аппараты и проводки защищают от химических воздействий, а также сырости. Приборы выбирают в пыленепроницаемом исполнении, электропроводки выполняются защищенными проводами типа ВРГ или СРГ в трубах.

Газопроводы оборудуют водяными затворами или пламяпреградителями для защиты от попадания взрывной волны или пламени со стороны сети потребления, а также от проникновения кислорода.

Помещения котельной построено таким образом, чтобы ограничить распространение огня во время взрыва или пожара и уменьшить их разрушительные последствия. Для этого устанавливаются прочные массивные стены из несгораемых материалов в тех направлениях, в которых взрыв или пожар приведет к наиболее разрушительным последствиям.

Важную роль в пожарной безопасности помещения котельной имеют эвакуационные и аварийные выходы. В котельной имеется два эвакуационных выхода, которые располагаются рассредоточено. Каждый из выходов обеспечивает безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении. Двери эвакуационных выходов и другие двери на путях эвакуации должны открываться по направлению выхода из здания и не должны иметь запоров, препятствующих их свободному открыванию изнутри без ключа. В качестве аварийных выходов в данной котельной будем считать выходы через окна.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Применение сигнальных цветов и знаков пожарной безопасности обязательно для организаций независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности на всей территории Российской Федерации. В качестве сигнальных цветов используются красный, желтый, синий и зеленый, для усиления зрительного восприятия которых должны применяться контрастные цвета - черный и белый. Красный сигнальный цвет применяют для: обозначения различных видов пожарной техники и ее элементов; обозначения знаков пожарной безопасности, содержащих информацию о месте нахождения средств пожаротушения, спасения лю-дей при пожаре, включения установок (систем) пожарной автоматики и т.п., а также мест нахождения водоисточников; окантовки пожарных щитов белого цвета, нанесенного непосредственно на вертикальную конструкцию (стену) с устройствами для крепления пожарного инвентаря, обозначения участков (зон), которые запрещается чем-либо загромождать. Обозначение выполняется окантовкой границ таких участков (зон) или заполнением соответствующих площадей этих участков (зон) наклонными под углом 45-60° полосами красного сигнального цвета шириной от 50 до 200 мм.

Желтый сигнальный цвет применяют для фона знаков треугольной формы "Внимание! Будь осторожен!" в целях предупреждения возникновения пожара.

Зеленый сигнальный цвет используют для: фона знаков, имеющих форму квадрата или прямоугольника, используемых для обозначения путей эвакуации и эвакуационных выходов; обозначения выходов на световых табло с белой надписью "Выход" или светильников.

Для предупреждения образования взрывоопасных газоздушных смесей большое значение имеет контроль воздушной среды производственного помещения. Наиболее прогрессивен контроль воздушной среды производственных помещений автоматическими сигнализаторами до взрывных концентраций. При включении предупредительной сигнализации и аварийной вентиляции предусматривается автоматическое или ручное отключение всего или части технологического оборудования.

Для тушения пожара предусмотрены следующие системы:

- система водяного пожаротушения, закольцованная по цеху (пожарные гидранты);
- местные пожарные щиты, укомплектованные пожарным инвентарем (лопаты, ведра);
- углекислотные огнетушители для тушения возгорания электрооборудования.

Для уменьшения риска возникновения пожара в крышной котельной важно соблюдать следующие требования:

1. Размещение крышной котельной возможно только на несущие конструкции дома.
2. Высота потолка должна быть выше 2,5 м.
3. Должны быть возведены противопожарные перегородки и обустроена специализированные разрывы между котлами.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

В последнее время используют автоматическое пожаротушение крышной газовой котельной в виду большой скорости его срабатывания и высокой эффективностью по сравнению с применением ем ручных огнетушителей.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Необходимость экономико-управленческого раздела обусловлена определением экономической целесообразности предлагаемой в ВКР разработки крышной котельной здания пос. Есаульский

Для экономического обоснования разработки крышной котельной необходимо сопоставить это предложение с запиткой здания от существующих тепловых сетей, сравнить эти два варианта по количеству затрат и ряду других основополагающих показателей экономической эффективности и по результатам этого сравнения сделать соответствующие выводы.

10.1 Определение сравнительной экономической эффективности применения методов сооружения нового объекта теплоэнергетики

При выборе метода сооружения нового объекта теплоэнергетики обычно имеется несколько вариантов решения поставленной задачи, в конкретном случае это сопоставление вариантов разработки крышной котельной и подсоединения вновь сооружаемого здания пос. Есаульский к существующим тепловым сетям.

При сравнении вариантов решающими являются экономические (стоимостные) показатели, то есть составление смет единовременных (капитальных) и производственных (текущих эксплуатационных) затрат на проектирование и функционирование объекта или подсистемы [25].

Определим капитальные и текущие затраты по двум сопоставляемым вариантам, величину приведенных затрат, сравним полученные величины и выберем лучший вариант. Для выбранного варианта рассчитаем общий годовой экономический эффект.

10.2 Определение капитальных затрат по двум сопоставимым вариантам

Вариант I строительство крышной котельной

Капитальные затраты на строительство крышной котельной, включают в себя (10.1):

- затраты на проектно-изыскательские работы;
- затраты на покупку и монтаж нового оборудования;
- затраты на транспортировку;
- затраты на пусконаладочные работы.

$$K_1 = K_{\text{проект}} + K_{\text{осн}} + K_{\text{трансп}} + K_{\text{пускн}} \quad (10.1)$$

Выполнением проектно-изыскательских работ занимается проектно-конструкторское бюро. По его данным затраты на проект разработки крышной котельной для пос. Есаульский составляют 400 тыс. руб.

					13.03.012019.413.01 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

Стоимость оборудования берется по прейскуранту заводов-изготовителей [46, 59, 60, 63], стоимость монтажных работ по данным сметного отдела принята 30 % от стоимости оборудования. Расчеты сведены в таблицу 10.1.

Таблица 10.1 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс.руб.		Общая стоимость, тыс.руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
1	2	3	4	5	6
1. Котёл стальной водогрейный газовый RS-D2000 N=2000кВт	2	982,80	294,84	1965,60	589,68
2. Газовая горелка WG40N/1–A ZM–LN Weishaupt	2	340,00	102,00	680,00	204,00
3. Котел чугунный водогрейный Vitogas 100-F, N=35 кВт с атмосферной горелкой	1	366,20	109,86	366,20	109,86
4. Насос рециркуляционный Grundfoss MAGNA 32-100 F, G=7,6м ³ /ч, H=0,67м вод.ст.	2	68,94	20,68	137,88	41,36
5. Насос сетевой Grundfoss TPE65-170/4 G=33,8 м ³ /ч, H=13м вод.ст. с одной станцией управления Control MPC на два ввода питания	2	362,36	108,71	724,72	217,42
6. Насос сетевой Grundfoss TPE32-100/4 G=1,5 м ³ /ч, H=9 м вод. ст.	1	75,71	22,71	75,71	22,71
7. Установка повышения давления Grundfoss HydroMulti-E с двумя насосами CRE 1-11 G=0,2м ³ /ч, H=48м вод.ст.	2	362,12	108,64	724,24	217,27
8. Система пропорционального дозирования с дозирующим насосом DDC 6-10 AR-PP /E/C-F-311001FG с баком V=100л и водяным расходомером	1	63,26	18,98	63,26	18,98

9. Дренажный насос Unilift KP-250 G=5 м ³ /ч, H=5,5 м в.д.ст.	1	16,40	4,92	16,40	4,92
--	---	-------	------	-------	------

Продолжение Таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6
10. Бак мембранный расширительный WRV-750	2	54,35	16,31	108,7	32,62
11. Затвор поворотный дисковый тип SYLAX ø100 мм с электроприводом	2	24,30	7,29	48,60	14,58
12. Затвор поворотный дисковый тип SYLAX ø40 мм с электроприводом	1	21,80	6,54	21,80	6,54
13. Клапан регулирующий седельный трехходовой VF3 ø65 мм с приводом AMV435	1	162,20	48,66	162,2	48,66
14. Приборы КИПиА	–	26,00	7,80	26,00	7,80
15. Арматура трубопроводная и трубопроводы	–	300,00	90,00	300,00	90,00
ИТОГО:	–	–	–	5 421,31	1 626,39

Расходы на транспортировку и складирование оборудования принимаем 5% от стоимости оборудования [41].

Транспортные затраты составят (10.2):

$$K_{\text{транс}} = 0,05 \cdot K_{\text{осн}} \quad (10.2)$$

$$K_{\text{транс}} = 0,05 \cdot 5\,421,31 = 271,07 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость пусконаладочных работ по данным сметного отдела пусконаладочной организации «ООО Сургуттеплоэнергомонтаж» составляет 425,00 тыс. руб. Результаты расчета капитальных затрат на строительство крышной котельной для пос.Есаульский сведем в таблицу 10.2.

Таблица 10.2 – Смета капитальных затрат на строительство крышной котельной

Наименование затрат	Стоимость, тыс. руб.
1	2

Затраты на проектно-изыскательские работы	400,000
Стоимость нового оборудования	5 421,31
Стоимость строительно-монтажных работ	1 626,39

Продолжение Таблицы 10.2

1	2
Транспортные затраты	2714,07
Стоимость пусконаладочных работ	425,00
ИТОГО:	10 586,77

Вариант II подключение к тепловым сетям

Определим капитальные затраты при варианте подсоединения зданий пос. Есаульский Сосновского района Челябинской области к тепловой сети. Капитальные затраты для тепловой сети рассчитываются по формуле (10.3):

$$K_{тс} = C_{тр} \cdot (1 + \alpha_{т-з}) + K_{монт} + K_{проект}, \quad (10.3)$$

где $C_{тр}$ – цена трубы с изоляцией и каналом, руб;

$\alpha_{т-з}$ – отчисления на транспортные затраты, $\alpha_{т-з} = 0,15$;

$K_{монт}$ – стоимость монтажных работ, руб;

$K_{проект}$ – стоимость проектных работ.

Цена материала для прокладки теплосети в непроходном канале складывается из цены труб и цены изоляции, цены трубопроводной арматуры (10.4):

$$C_{тр} = \Sigma((2 \cdot (C_{трубы} + C_{из}) + C_{кан}) \cdot L + C_{арм}) \quad (10.4)$$

где $C_{трубы}$ – цена одного погонного метра трубы, руб/п. м;

$C_{из}$ – цена изоляции для одного погонного метра трубы, руб/п.м; $C_{кан}$ – цена одного погонного метра непроходного канала, руб/п.м; $C_{арм}$ – цена трубопроводной арматуры;

L – длина участка трубопровода.

Стоимость материалов для прокладки в непроходном канале приведены в таблице 9.3. Стоимость трубы указана в соответствии с прайс-листом завода изготовителя ОАО «ЧТПЗ» [61], стоимость изоляции – в соответствии с прайс-листами компании «Энергофлекс» [58], стоимость каналов – в соответствии с прайс-листами завода «ЖБИ-1» [62], стоимость арматуры – в соответствии с прайс-листами ООО «Росарматура» [63].

Таблица 10.3 – Стоимость материалов и длины участков для строительства тепловой сети в непроходном канале

Диаметр трубопровода	$C_{\text{трубы}}$, руб/п м	$C_{\text{из}}$, руб/п. м	$C_{\text{кан}}$, руб/п.м	$C_{\text{арм}}$,руб	L ,м
1	2	3	4	5	6

Продолжение Таблицы 10.3

1	2	3	4	5	6
Ø219x6,0	1521,4	723,80	11 194,5	52 000,00	150
Ø89x3,5	282,57	267,40	4 087,7	24 000,00	40

$$C_{\text{тр}} = ((2 \cdot (1521,4 + 723,80) + 11\,194,5) \cdot 150 + 52\,000) + ((2 \cdot (282,57 + 267,4) + 4\,087,7) \cdot 40 + 24\,000) = 2\,636,2 \text{ тыс. руб.}$$

Монтажные работы включают в себя земляные, укладочные и изоляционные работы, испытания. Работы по монтажу одного погонного метра тепловой трассы $C_{\text{монт}}$ в непроходном канале зависят от стоимости материалов и составляют 30% этой стоимости:

- для труб Ø219x6,0 – 4 705,5 руб/п м;
- для труб Ø89x3,5 – 1 556,3 руб/п м.

Стоимость монтажных работ определяется по формуле (10.5):

$$Z_{\text{монт}} = C_{\text{монт}} \cdot L \quad (10.5)$$

$$Z_{\text{монт}} = 4705,5 \cdot 150 + 1556,3 \cdot 40 = 768,1 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость проектных работ $K_{\text{проект}}$ по данным проектно-конструкторского бюро составляет 220 тыс. руб

Капитальные затраты для тепловой сети, проложенной в непроходном канале равны:

$$K_{\text{ТС}} = 2\,636,2 \cdot (1 + 0,15) + 768,1 + 220 = 4019,7 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на сооружение индивидуального теплового пункта $K_{\text{ИТП}}$ с учетом проектирования, стоимости оборудования и монтажа для зданий, тепловая нагрузка которых от 0,5 до 1 МВт по данным организации по проектированию и сборке ИТП ООО «Уралводоприбор» составляет 3 400 тыс. руб.

Капитальные затраты для второго рассматриваемого сопоставимого варианта при подсоединении здания пос. Есаульский к существующим тепловым сетям определяются по формуле (10.6):

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

$$K_2 = K_{тс} + K_{итп} \quad (10.6)$$

$$K_2 = 4\,019,7 + 3\,400 = 7\,419,7 \text{ тыс.руб.}$$

10.3 Определение текущих затрат по двум сопоставимым вариантам

Вариант I строительство крышной котельной

После строительства водогрейной крышной котельной начинается ее эксплуатация, которая требует ежегодных затрат материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

Для определения некоторых статей текущих расходов необходимо знать стоимость оборудования, имеющегося в котельной. Суммарная стоимость всего оборудования котельной 5 421,31 тыс. руб.

Работа котельной предусматривается в автоматизированном режиме без постоянного обслуживающего персонала.

Таблица 10.4 – Расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание крышной котельной

Показатели и статьи затрат	Единица измерения	Расчетная формула	Величина
1	2	3	4
1. Годовой расход газа	тыс.м ³ /год	$V_{год}$	224,1
2. Тариф на газ [55]	руб/тыс. м ³	C_m	4 277
3. Годовые затраты на газ	тыс.руб./год	$I_m = V_{год} \cdot C_m$	$224,1 \cdot 4\,277 / 10^3 = 958,4$
4. Расход воды	м ³ /год	$G_{год}$	750,7
5. Тариф на воду [55]	руб/м ³	C_v	23,6
6. Годовые затраты на воду	тыс.руб./год	$I_v = C_v \cdot G_{год}$	$750,7 \cdot 23,6 = 17,7$
7. Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт (1% от стоимости оборудования), амортизацию оборудования (норма 10%), основную и дополнительную зарплату ремонтного персонала, а также отчисления на соц. нужды	тыс.руб./год	—	$0,01 \cdot 5\,421,31 + 0,1 \cdot 5\,421,31 + 242,66 + 0,26 \cdot 242,66 = 902,1$

(26% от зарплаты ремонтников).			
8. Итого затрат	тыс.руб./год	$I_{\Sigma} = \sum I_i$	1878,2
9. Годовой отпуск теплоты	Гкал/год	Q'	1 702,2

Продолжение Таблицы 10.4

1	2	3	4
10. Себестоимость 1 Гкал теплоты	руб./МВт	$C = \Sigma / Q'$	$1\ 878,2 \cdot 10^3 / 1\ 702,2 = 1103,3$

Вариант II подключение к тепловым сетям

Текущие затраты на энергетическое обслуживание для варианта присоединения здания пос. Есаульский к существующим тепловым сетям определяются по формуле (10.7):

$$I_2 = Q' \cdot C_{\text{тепл}} \quad (10.7)$$

где Q' – годовой отпуск тепла;

$C_{\text{тепл}}$ – тариф с 01.01.2019 по 30.06.2019 1443,29 руб/Гкал, на тепловую энергию отпускаемую теплоснабжающим предприятием АО «УТСК» [55].

$$I_2 = 1702,2 \cdot 1443,29 = 2456,8 \text{ тыс.руб/год}$$

10.4 Определение экономической эффективности строительства крышной котельной

Проведем сравнительный анализ единовременных (капитальных) и производственных (текущих эксплуатационных) затрат при двух сопоставляемых вариантах.

При строительстве крышной котельной для здания в пос. Есаульский по улице капитальные затраты составят $K_1 = 10\ 586,77$ тыс. руб., по таблице (10.2) текущие затраты составят $I_1 = 1\ 878,2$ тыс. руб. по таблице (10.4)

При варианте подсоединения здания пос. Есаульский к существующим тепловым сетям капитальные затраты на перекладку участка тепловой сети за счет средств заказчика и сооружения индивидуального теплового пункта составят $K_2 = 7\ 419,7$ тыс. руб, текущие – $I_2 = 2\ 456,8$ тыс. руб.

Определим величину приведенных затрат по формуле (10.8):

$$Z = E_n \cdot K + I \rightarrow \min \quad (10.8)$$

где E_H – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, для энергетики $E_H = 0,125$

$$З_1 = 0,125 \cdot 10\,586,77 + 1\,878,2 = 3\,201,5 \text{ тыс. руб/год};$$

$$З_2 = 0,125 \cdot 7\,419,7 + 2\,456,8 = 3\,384,3 \text{ тыс. руб/год.}$$

Годовой экономический эффект определяется по формуле (10.9):

$$\mathcal{E}_2 = \Delta И + E_H \cdot \Delta К. \quad (10.9)$$

$$\mathcal{E}_1 = (2\,456,8 - 1\,878,2) + 0,125 \cdot (7\,419,7 - 10\,586,77) = 182,7 \text{ тыс.руб/ год}$$

Положительная величина \mathcal{E}_1 свидетельствует о том, что решение, предлагаемое в выпускной квалификационной работе о разработке крышной котельной для пос. Есаульский является эффективным.

10.5 SWOT – анализ вариантов технических решений

Модель используется для качественного анализа вариантов технических решений, сравниваемых в экономической части ВКР. Кроме того, она необходима для углубления результатов предыдущего анализа и определения долгосрочного направления повышения энергетической эффективности объекта теплоэнергетики или теплотехники.

Сравнительный анализ вариантов осуществляется методом SWOT. Для этого составляются матрицы, в квадрантах которых приводятся сильные (S), слабые (W) стороны каждого варианта, а также возможности (O) и угрозы (T) внешней среды при их реализации [25].

Выше был выбран альтернативный вариант строительству котельной – подключение здания пос. Есаульский к существующим тепловым сетям и произведено сравнение этих вариантов по стоимостным показателям. А сейчас произведем SWOT-анализ для двух рассматриваемых вариантов, анализируя различные факторы, и их влияние на предлагаемые решения: «Мир с проектом» (разработка крышной котельной), и «Мир без проекта» (альтернативный вариант подключения здания пос. Есаульский к тепловым сетям). SWOT-анализ для первого варианта представлен в таблице 10.5.

Таблица 10.5 – SWOT-анализ варианта разработки крышной котельной

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

<p>S: – Высокий экономический эффект;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Высокий уровень автоматизации; – Уменьшения себестоимости 1 МВт тепловой энергии в сравнении с подключением здания к существующим тепловым сетям; – Бесперебойная работа оборудования; – Полная автономность отопления; – Безопасность работы без постоянного присутствия обслуживающего персонала; 	<p>W: – Значительные капитальные затраты;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Дорогостоящий монтаж оборудования;
<p>O: – Спрос на тепловую энергию;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Поддержка со стороны местных Администрации; – Существование новых технологий и энергооборудования на рынке. 	<p>T: – Возможные задержки с поставкой оборудования и материалов;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Рост цен на топливо.

SWOT-анализ для второго варианта – подсоединения здания к тепловым сетям, представлен в таблице 10.6.

Таблица 10.6 – SWOT-анализ варианта подсоединения пос. Есаульский к тепловым сетям

<p>S: – Традиционная доставка тепловой энергии от источника к потребителю;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Накопленный опыт в эксплуатации тепловых сетей; – Большой межремонтный период. 	<p>W: – Затраты на перекладку участка тепловых сетей;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Высокие тарифы на покупку тепловой энергии по сравнению с собственной выработкой; – Потери в тепловых сетях; – Необходимость раскопки грунта и нарушение целостности земельного участка в случае аварии; – Увеличение потребителей тепла, а следовательно, и нагрузки на тепловые сети.
--	--

О: – Устойчивый спрос на тепловую энергию;
– Появление современных материалов для изоляции трубопроводов с целью снижения тепловых потерь.

Т: – Увеличение стоимости энергоносителей.

Проведя SWOT-анализ, можно сделать вывод о том, что разработка крышной котельной для здания пос. Есаульский является наиболее выгодным вариантом по сравнению с подсоединением здания к существующим тепловым сетям и позволит более эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Предлагаемый вариант имеет больше преимуществ (сильных сторон) и возможностей.

10.6 Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов крышной котельной для пос. Есаульский

Для оценки движущих и сдерживающих сил пользуются полем сил Курта Левина. Он предложил рассматривать любую ситуацию или организацию, как балансирующую между движущими и сдерживающими силами изменения. Иными словами, с одной стороны на объект изменения воздействуют движущие силы, с другой препятствуют сдерживающие. Для того чтобы совершить изменение необходимо вывести ситуацию из равновесия.

На схеме поля сил изменений системы представлено соотношение влияний движущих сил реализации целей и сдерживающих сил, этому препятствующих.

Приступая, к реализации проекта, оценим влияние различных факторов на достижение цели проекта модернизации. Курт Левин предложил существование двух групп факторов противоположного типа, сохраняющих стабильность предприятия. Интегрированная схема и модель анализа устойчивости системы управления может быть построена на основе, объединения способа оценки степени влияния внешних и внутренних факторов, толщина стрелок означает степень значимости сил на данное промышленное предприятие [41].

Главной движущей силой (сильное влияние) для реализации проекта строительства крышной котельной является невозможность функционирования здания пос. Есаульский без тепловой энергии на нужды отопления в отопительный период, поэтому к началу отопительного периода 2018-2019 г.г. необходимо запустить данный источник теплоснабжения.

Наличие современного котельного и насосного оборудования также является движущей силой и оказывает среднее влияние, потому что способствует эконо-

мичной работе оборудования, уменьшению расхода и снижению вредных выбросов в атмосферу.

Кроме того, следует обратить внимание на высокий уровень автоматизации вновь устанавливаемого оборудования, который уменьшит вероятность аварийных ситуаций. Сдерживающими силами для достижения цели проекта является высокая стоимость требуемых капиталовложений (влияние сильное), и большой объем по проектированию и строительству, который займет много времени и сил (влияние среднее).

По данному полю сил можно сделать вывод о том, что движущие силы в совокупности с потенциалом изменений преобладают над сдерживающими. Это значит, что проект может быть реализован, а после строительства крышной котельной будет обеспечено надёжное теплоснабжение посёлка что в конечном итоге,

и является достижением основной долгосрочной цели.

Соотношение влияния движущих сил и сдерживающих сил представлено на рисунке 10.1.

Движущие силы



Сдерживающие силы

Рисунок 10.1 – Анализ поля сил К.Левина

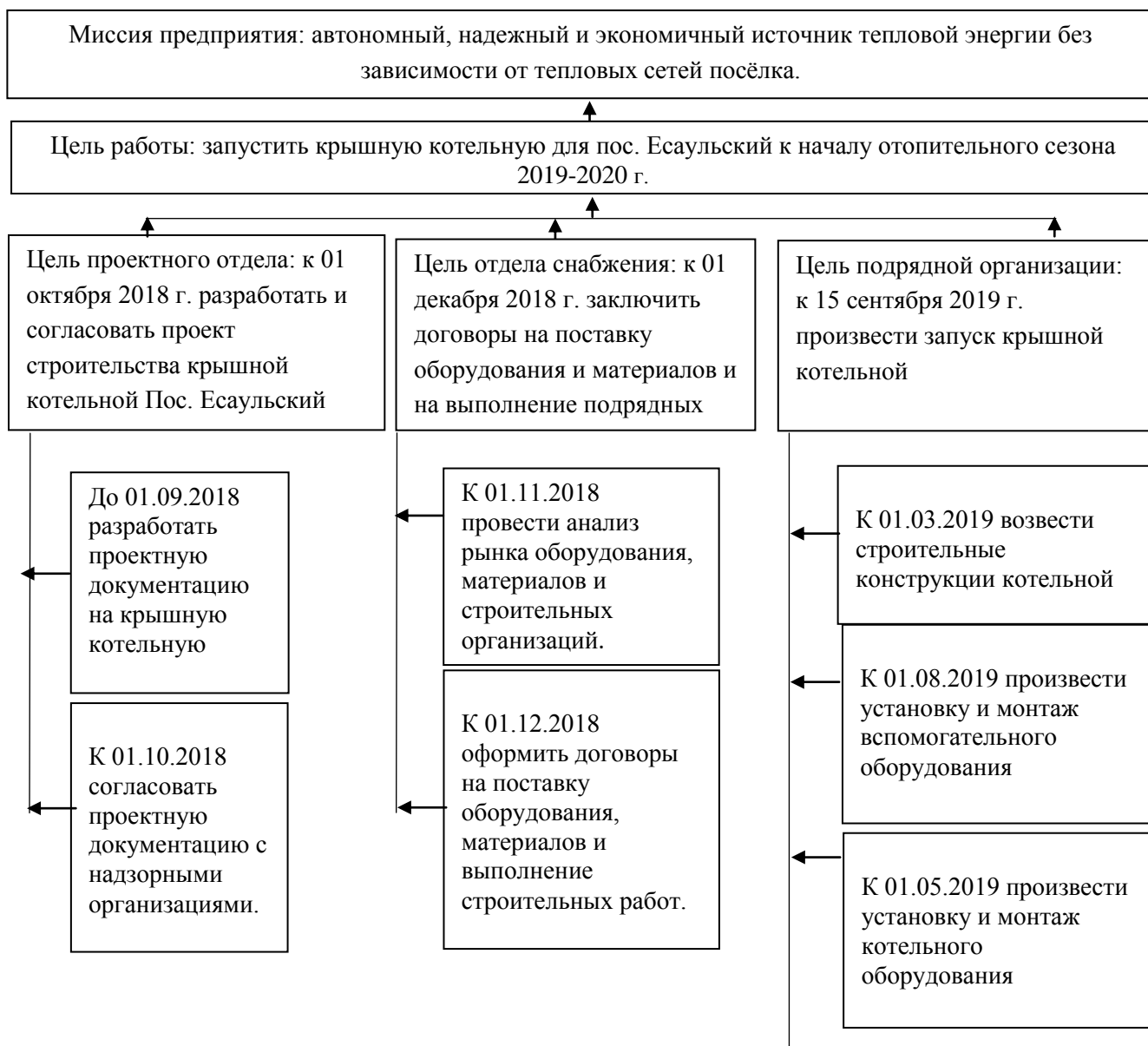
Построение дерева целей начинается с формирования главной цели. Каждую цель более высокого уровня можно представить как самостоятельную систему, включающую в себя цели более низкого уровня (подцели) как ее элементы. При этом необходимо установить полный состав подцелей. Цель второго уровня может быть расчленена на цели третьего и последующих уровней.

Признаком завершения построения дерева целей является формулировка таких целей, которые дальше не расчленяются и дают конечные результаты, определенные главной целью [41].

10.7 Планирование целей проекта в дереве целей

Дерево целей проекта представляет структурную модель, показывающую соподчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. Для его построения цель предприятия делится на проектные цели.

На рисунке 10.2 представлена модель дерева целей проекта крышной котельной.



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

13.03.012019.413.01 ПЗ

←

К 15.09.2019 совместно с ответственным за энергохозяйство пос. Есаульский произвести пусконаладочные работы и запуск котельной

Рисунок 10.2 – Модель дерева целей проекта разработки крышной котельной для посёлка Есаульский Челябинской области.

10.8 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)

Диаграмма даёт возможность решить одну из основных задач и показать персоналу, над чем следует работать, какие ресурсы применять в процессе и с какой скоростью выполнять те или иные задачи.

График Ганта представлен в таблице 10.7.

Таблица 10.7 – График Ганта

Этапы	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Март	Сентябрь
SWOT- и STEEP - анализ, мониторинг рынка	■				
Принятие проектировочного решения		■			
Тепловой расчёт и разработка чертежей оборудования		■			
Экономический расчет проекта, подготовка и утверждение сметной стоимости			■		
Поиск поставщиков оборудования, поиск организаций по монтажу и демонтажу оборудования, закупка нового оборудования			■		
Подготовка строй площадки				■	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения ВКР была предложена разработка крышной котельной для здания пос. Есаульский.

Для существующего здания и зданий потребителей тепла встал вопрос о выборе источника теплоснабжения. Район строительства имеет плотную застройку. Резервы тепловых мощностей для возможности подключения проектируемого здания к существующим тепловым сетям минимальны. Тепловые сети находятся в изношенном состоянии и имеют место колоссальные теплопотери в них. Решение выбрать для посёлка такой автономный источник теплоснабжения, как крышная котельная, стало наиболее эффективным и целесообразным.

Было проведено сравнение отечественных и зарубежных передовых технологий и решений в области котельного оборудования, в результате которого было выявлено, что рынок котельного оборудования очень богат. Водогрейных трехходовых котлов имеется большое количество. Существуют такие российские иностранные предлагаемым в работе котлам RS-D2000, как котлы Vitoplex. В данном разделе были описаны преимущества и недостатки котлов различных заводоизготовителей, рассмотрен их принцип. Котельное оборудование различных производителей имеет свои особенности, однако компания Rossen хорошо зарекомендовала себя на этом рынке как производитель надежного, простого в эксплуатации и экологичного оборудования, а выбор в рассматриваемой котельной именно этих котлов обусловлен желанием заказчика и его предыдущим удачным опытом по эксплуатации оборудования фирмы Rossen.

В спецчасти работы были произведены следующие расчеты: вычислена мощность котельной путем определения тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжения подключённых зданий пос. Есаульский, а также рассчитан годовой отпуск теплоты; определены температуры и расходы сетевой воды с учетом качественного регулирования по совмещенной нагрузке, построены соответствующие графики, рассчитана тепловая схема котельной для пяти расчетных режимов: максимально зимнего, при температуре наиболее холодного месяца $t_{нхм}$, при температуре излома температурного графика $t_{ни}$, при температуре начала отопительного периода $t=+8$ °С и летнего режимов. По результатам этого расчета выбраны типы и производительность котельных агрегатов – два низкотемпературных водогрейных котла, работающих на газообразном топливе RS-D2000, мощностью 2000 кВт каждый, приведены технические характеристики и выполнен тепловой расчет водогрейного котла RS-D2000

В разделе автоматизации были рассмотрены основные принципы автоматизации котлов, виды систем автоматического регулирования (САР), системы защиты, сигнализации и автоматического регулирования водогрейных котлов, описана простейшая принципиальная функциональная схема автоматического регулирования и комплектация автоматики котла RS-D2000

Необходимость экономико-управленческого раздела была обусловлена определением экономической целесообразности предлагаемой в ВКР разработки

					13.03.012019.413.01 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

крышной котельной. Для экономического обоснования были сопоставлены предлагаемый вариант с запиткой зданий пос. Есаульский от существующих тепловых сетей посёлка, определены величины капитальных затрат, текущих затрат и общего годового экономического эффекта, оценены движущие и сдерживающие силы, составлен график Ганта. Положительная величина годового экономического эффекта свидетельствует о том, что решение, предлагаемое в выпускной квалификационной работе о разработке крышной котельной для пос. Есаульский является эффективным

Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

Результаты работы рекомендованы к использованию для разработки и внедрения проекта строительства крышной котельной для здания пос. Есаульский

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

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. Введён в действие 27.11.2009 // Российская газета № 5050 27 ноября 2009 г. – 2009.
- 2 ГОСТ 10704-91 ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 99 с.
- 3 ГОСТ 12.0.003-80. Опасные и вредные производственные факторы. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1980.
- 4 ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования к безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1983.
- 5 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2006.
- 6 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
- 7 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ И – 01.12.81; 02.06.90. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007.
- 8 ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
- 9 ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ И – 1.01.86. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит. – М.:ИПК Изд-во стандартов, 2001.
- 10 ГОСТ 21.404-85. СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – Введ. 1986-01-1 – М.: Стандартиформ, 2007.
- 11 ОСТ 36.13-90. Щиты и пульты автоматизации технологических процессов. Общие технические условия. – Введ. 1991-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
- 12 ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2008.
- 13 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К. – Утв. Минстроем России, 1993.
- 14 ПУЭ. Правила устройства электроустановок. – Утв. Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 №204.
- 15 РД 24.031.120-91. Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов. Организация водно-химического режима и химического контроля. Руководящий документ по стандартизации. – Введ.1991-07-01.
- 16 РД.34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: ГОСЭНЕРГОНАДЗОР 1995 г.
- 17 СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства. – Введ. 1988. М.: Госстрой СССР.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

- 18 СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. – Введ. 2000-01-01. – М.:ГУП ЦПП, 2005.
- 19 СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение. – Введ. 2095-08-02– М.: Минстрой России, 1995.
- 20 СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. — Введ. 2017-06-17. – М.: Минрегион России, 2012. – 35 с.
- 21 СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 35 с.
- 22 СП 89.13330.1012. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76. – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012.
- 23 СТО ЮУрГУ 04–2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008;
- 24 Алабугина, Р.А. Выпускная квалификационная работа: структура, требования к оформлению и нормоконтролю: методические указания / Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 43 с.
- 25 Алабугин, А. А. Экономико-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»: учебное пособие для бакалавров и магистрантов / А. А. Алабугин, Р.А. Алабугина. Ответственный редактор А.А. Алабугин – Челябинск: Издательский центр ЮУр-ГУ, 2018. – 44 с.
- 26 Бадагуев, Б. Экологическая безопасность предприятия. Приказы, акты, инструкции, журналы, положения / Б. Бадагуев // Издательство: Альфа-Пресс; 2012 г;
- 27 Быстрицкий, Г.Ф. Основы энергетики / Г.Ф. Быстрицкий, – М.: КноРус, 2011. – 357 с.
- 28 Горяев, А.Б. Энергосбережение при производстве и распределении тепловой энергии (в примерах и задачах) : учеб. пособие / А.Б. Горяев, И.В. Яковлев, Г.П. Шаповалова, В.С. Агабабов. – М.: МЭИ, 2012. - 64 с.
- 29 Григорьев, В.И. Справочник энергетика / В.И. Григорьев. – М.: Колосс, 2006. – 205 с.
- 30 Данилов, Н.И. Энциклопедия энергосбережения / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков. – Екатеринбург: ИД «Сократ», 2002. – 352 с.
- 31 Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник / В.А. Девисилов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ, 2009. -496 с.
- 32 Ижорин, М.Н. Дымовые трубы. Справочник / М.Н. Ижорин. – М.: Тепло-техник, 2004.
- 33 Карауш, С. А. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения / С.А.Карауш, А.Н. Хуторной. – Томск, 2003.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

34 Кириллов, В. В. Расчет тепловых схем источников теплоснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / В. В. Кириллов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010.

35 Клименко, А.В. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник. (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн.4) / А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Издательство МЭИ, 2004.

36 Липов, Ю.М. Котельные установки и парогенераторы: учебник для вузов / Ю.М. Липов, Ю.М. Третьяков. – М.: 2006.

37 Лумми, А.П. Расчет жаротрубно-дымогарного котла/ Лумми А.П., Мунц В.А. – Екатеринбург: Издательство ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009. – 31 с.

38 Методика расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе от выбросов предприятий (утв. приказом Министра охраны ООС РК от 18 апреля 2008 года № 100-П.).

39 Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для вузов / Г. П. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009, 352 с.

40 Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов / П. В. Росляков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.- 336 с.: ил.

41 Самсонов, В. С. Экономика предприятий энергетического комплекса: учебник для студентов вузов/ В. С. Самсонов, М. А. Вяткин.– М.: Высшая школа, 2007.

42 Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е.Я. Соколов. – 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2009.

43 Схема теплоснабжения трехгорного Свердловского района Челябинской области на период 2014-2028 годы. Обосновывающие материалы. Книга 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения / Консалтинговая компания «Корпус». – Новосибирск, 2014. – 176 с.

44 Тепловой расчет котлов: нормативный метод – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.

45 Фокин, В.М. Расчет и эксплуатация теплоэнергетического оборудования котельных: учеб. пособие с грифом УМО «Теплоэнергетика» / В.М. Фокин. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2004.

46 ROSSEN: официальный сайт. – URL.: <http://www.rossen.su/>.

47 Жаротрубный котел. Конструкция и применение. – URL.: <http://kotlomania.ru/kotly/zharotrubnye-parovye-kotly.html>.

48 Соколов, Б.А. Котельные установки и их эксплуатация / Б. А. Соколов, – М.: Академия, 2007. – 432 с.

49 Крышная котельная в многоквартирном доме: СНиП, требования, отзывы. Автономная крышная котельная. – URL.: <http://fb.ru/article/320907/kryishnaya-kotel'naya-v-mnogokvartirnom-dome-snip-trebovaniya-otzyivyi-avtonomnaya-kryishnaya-kotel'naya>.

50 Крышные котельные – эксплуатация, достоинства и требования. URL.: <http://kotlomania.ru/kotelnye/kryshnaya-gazovaya-kotel'naya.html>.

51 Крышные котельные. – URL.: <http://energo.kcni.ru/stati/kryshnye-kotelnye.php>.

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

52 Мероприятия по энергосбережению в котельных основы энергосбережения и энергоаудита. – URL.: <http://msd.com.ua/osnovy-energoberezheniya-i-energoaudita/meropriyatiya-po-energoberezhenyu-v-kotelnykh/>.

53 Проект схемы теплоснабжения пос. Есаулка до 2029 года. Книга 2 Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения. – URL.: <http://dikipedia.ru/document/5320557>

54 Промышленная отопительная техника энтророс / официальный сайт. – URL.: <http://entroros.ru/>.

55 Тарифы на теплоснабжение за 2018 г для предприятий. – URL.: https://www.ytck.ru/upload/docs/tax/teplovaya_energiya_2018-2020_v_zone_01.pdf

56 Требования пожарной безопасности в газовой котельной. – URL.: <http://pozhar.info/trebovaniya/trebovaniya-pozharnoj-bezopasnosti-v-gazovoj-kotelnoj>.

57 Магнум: каталог арматуры – <http://zla.magnum-stroy.ru/products/fittings>

58 Энергофлекс, теплоизоляция для труб. – URL.: <http://www.elit-teplo.ru/energoflex.html>.

59 Эффективное решение вопросов автономного теплоснабжения. Опубликовано в журнале СОК №12 / 2004. – URL.: <https://www.c-o-k.ru/articles/effektivnoe-reshenie-voprosov-avtonomnogo-teplosnabzheniya>

					<i>13.03.012019.413.01 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93