

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Заочный факультет  
Кафедра промышленной теплоэнергетики  
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

**РАБОТА ПРОВЕРЕНА**

Рецензент  
Главный специалист  
ООО «Инженерный центр Эфекс»  
\_\_\_\_\_ Г.В.Насырова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой  
промышленной теплоэнергетики  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ К.В. Осинцев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
МКД Г.УЧАЛЫ**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА  
ЮУрГУ–13.03.01.2017.129.10 ПЗ ВКР**

Консультант  
по разделу «Экономика и управление»,  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Руководитель работы,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Т.Б.Жиргалова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер,  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор работы  
студент группы ПЗ–579  
\_\_\_\_\_ А.Р.Салаватова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Челябинск 2017

## АННОТАЦИЯ

Салаватова А.Р. Выбор источника теплоснабжения МКД г.Учалы – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-579; 2017, 83с., 9 ил., библиогр. список – 47 наименований, 1 прил., 6 листов чертежей ф. А1, 1 лист плаката ф.А1

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является разработка источника теплоснабжения для МКД г.Учалы.

ВКР состоит из введения, 9-ти глав, заключения и библиографического списка.

Во введении изложены особенности развития малой энергетики в России, поставлены задачи проектирования, установлен объект работы.

В первой главе дана характеристика объекта, описана необходимость строительства нового источника теплоснабжения, выявлены необходимые технические решения для данной котельной. В главе №2 рассмотрены литературные источники, к которым необходимо обратиться при написании ВКР. Третья глава приводит сравнение отечественных и зарубежных передовых технологий и решений в области использования крышных котельных. В четвертой части сделаны основные расчеты: определение мощности и расчет тепловой схемы котельной, тепловой и поверочный расчеты котла. В пятой главе рассмотрены мероприятия по энергосбережению выбранных технологических решений. Шестая глава содержит выбор и расчет дымовой трубы с целью снижения негативного влияния на окружающую среду. В седьмой главе приведено описание функциональной схемы автоматизации и контрольно-измерительных приборов котла. В восьмой главе произведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов и предложены мероприятия по охране труда. В девятой главе рассчитана стоимость 1Гкал тепловой энергии, проведен SWOT-анализ для реализации проекта. В заключении подведены итоги основных показателей и технических решений проекта.

Графическая часть выполнена на 6-ти листах формата А1.

					<i>13.03.01.2017.129.10 ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Выбор источника теплоснабжения МКД г.Учалы		
<i>Разраб.</i>	<i>Салаватова А.Р.</i>						
<i>Пров.</i>	<i>Жиргалова Т.Б</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Алабугина Р.А.</i>						
<i>Утв.</i>	<i>Осинцев К.В.</i>						
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						3	83
					ЮУрГУ Кафедра промышленной теплоэнергетики		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МКД Г.УЧАЛЫ	8
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	9
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ КРЫШНЫХ КОТЕЛЬНЫХ	11
4 ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	13
4.1 Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС	14
4.2 Расчет тепловой схемы котельной	20
4.3 Расчет котла Logano SK725-1600	22
4.4 Тепловой баланс котла Logano SK725-1600	28
4.5 Поверочный расчет теплообмена в топке	29
4.6 Поверочный расчет дымогарных труб	32
4.7 Выбор вспомогательного оборудования	34
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	40
5.1 Технологические решения	42
6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	44
6.1 Методы подавления образования окислов азота в топках котлов	44
6.2 Очистка дымовых газов от окислов азота	45
6.3 Определение объемов продуктов сгорания топлива	46
6.4 Расчет объемов продуктов сгорания, образующихся при работе котлов	47
6.5 Расчет выбросов оксидов азота	48
6.6 Расчет максимальной концентрации выбросов NO <sub>2</sub>	48
7 АВТОМАТИЗАЦИЯ	53
7.1 Обоснование необходимости контроля, регулирования и сигнализации технологических процессов	53
7.2 Автоматизация котла и оборудования	53
7.3 Охранно-пожарная сигнализация	56
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	57
8.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ)	57
8.2 Нормирование факторов рабочей среды и трудового процесса. Организация мероприятий защиты	59
8.3 Безопасность производственных процессов и оборудования	66
8.4 Эргономика производства, эстетика, культура	69
9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	70

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

9.1	Капитальные вложения в строительство новой котельной .....	70
9.2	Капитальные вложения в строительство теплотрассы от действующей котельной .....	72
9.3	Определение стоимости вырабатываемого тепла .....	73
9.4	Выбор лучшего варианта теплоснабжения МКД .....	75
9.5	SWOT-анализ рассматриваемых вариантов .....	76
9.6	Дерево целей проекта .....	77
9.7	План-график Ганта по строительству котельной .....	78
9.8	Поле сил реализации проекта .....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....		81



кументация позволяет технически обосновать эффективное решение вопросов размещения оборудования, топливоснабжения, дымоудаления, электроснабжения и автоматизации автономного источника теплоты. Не встречает особых трудностей и разработка инженерных систем здания, включая типовые, по своей конструкции практически идентичные централизованным системам.

					<i>13.03.01.2017.129.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		













## 4 ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Система теплоснабжения – совокупность технических средств, обеспечивающих получение тепла и передачу ею с помощью теплоносителя к потребителям.

Источники теплоты систем теплоснабжения – комплексные технические устройства, в которых первичная энергия превращается в энергию теплоносителя (воды или пара) с требуемыми параметрами.

В отопительных котельных чаще всего устанавливают водогрейные котлы, но применяют и паровые котлы, приготовляя горячую воду для теплоснабжения в пароводяных подогревателях [22].

В проблеме подачи тепла конечному потребителю сегодня следует выделить три основных аспекта, которые заставляют прибегать к автономным решениям. Первый - это большая протяженность и высокая степень износа инженерных теплосетей (в связи с чем возникают значительные перерасходы тепла, за которые платит потребитель). Второй - устаревшее и энергозатратное оборудование ТЭЦ и коммунальных котельных (вследствие чего производство единицы тепла обходится слишком дорого). Третий аспект связан с тем, что в городах тепловые сети нередко не выдерживают дополнительных нагрузок при новом строительстве. Поэтому сегодня нередко уже при проектировании новых зданий закладывается возможность их автономного отопления.

Может быть построена отдельная мини-котельная, рассчитанная на обогрев жилого или офисного здания, предприятия. Опыт эксплуатации таких мини-котельных показывает, что снижение эксплуатационных расходов по сравнению с централизованным отоплением может составить до 30–40%, а себестоимость производства единицы тепла на 15–20% ниже.

Мини-котельную запрещено размещать в подвальном помещении, а при размещении на участке это инженерное сооружение занимает драгоценную часть участка. Поэтому самым эффективным и заслуженно популярным решением является крышная котельная, то есть расположенная на крыше объекта [13].

Кроме экономии земли, использование крышной котельной имеет еще ряд преимуществ:

- более короткие трубопроводы и свободный доступ к ним;
- отсутствие проблем с выводом дымовых газов (нет необходимости в применении труб большой высоты);
- отсутствие проблем с подачей воздуха к горелкам котла;
- высокая безопасность (даже при аварийном поступлении природного газа или дымовых выбросов в помещение опасность аварии минимальна);
- экологическая предпочтительность, поскольку с крыши дымовые газы рассеиваются лучше.

Строительство автономной крышной котельной в г.Учалы обусловлено удаленным расположением многоквартирного дома от существующих городских котельных. В данном случае снижаются потери тепла в сети, в связи с непосредственной близостью к потребителям, также отсутствует постоянный обслуживающий персонал, что также снижает затраты на теплоснабжение. Котельная оснаще-

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ











## Расчет температурного графика

Температуры сетевой воды при качественном регулировании по отопительной нагрузке рассчитывается по уравнениям (4.10) и (4.11):

$$\tau_{01} = t_B + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}^{0,8} + \bar{Q}_0 \cdot (\delta\tau_0' - 0,5 \cdot \theta_0'), \quad (4.10)$$

$$\tau_{02} = t_B + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}^{0,8} - 0,5 \cdot \bar{Q}_0 \cdot \theta_0', \quad (4.11)$$

где  $\Delta t_0' = 64,5^{\circ}\text{C}$  - максимальный температурный напор на приборе отопления;

$\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q_0'} = \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}}$  - безразмерная величина тепловой нагрузки;

$\delta\tau_0' = 95 - 70 = 25^{\circ}\text{C}$  - максимальный перепад теплоносителя в сети;

$\theta_0' = 95 - 70 = 25^{\circ}\text{C}$  - максимальный перепад температур после элеватора.

Расчет сведем в таблицу 4.2:

Таблица 4.2 – Расчет температурного графика

Величина	Температура наружного воздуха, °С									
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-34
$\bar{Q}_0$	0,19	0,25	0,35	0,44	0,54	0,63	0,73	0,83	0,92	1
$\tau_{01}$	37,5	42,4	50,2	56,9	64,1	72,5	77,3	84	89,8	95
$\tau_{02}$	32,7	36,2	41,5	45,9	50,6	54,7	59	63,2	65,8	70

Делаем подрезку при температуре в подающем трубопроводе  $65^{\circ}\text{C}$ .

В обратном трубопроводе температура сетевой воды равна  $48^{\circ}\text{C}$ .

На рисунке 4.1 изображен график температур тепловой сети:

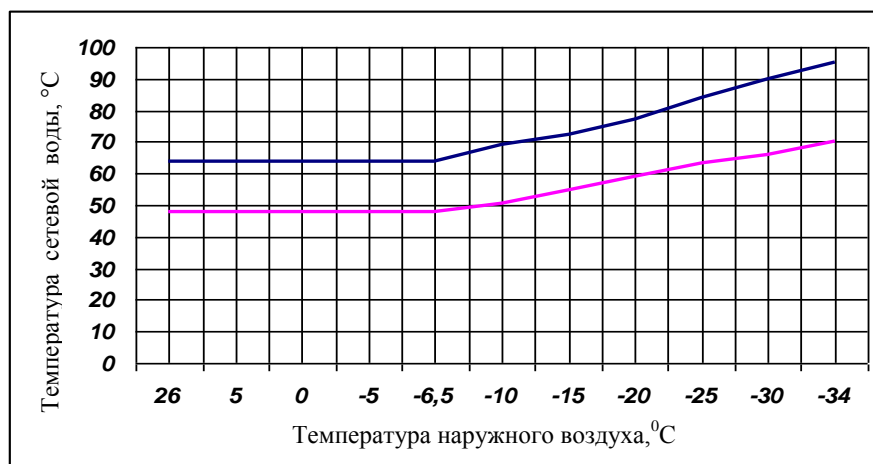


Рисунок 4.1 График температур тепловой сети

## Расчет расхода сетевой воды

Расход сетевой воды для отопления рассчитывается из уравнения (4.12) теплового баланса для температуры  $t_{н.о}$  и является постоянным (качественное регулирование).

$$G'_0 = \frac{Q'_0}{c_p \cdot (\tau'_{01} - \tau'_{02})} = const, \quad (4.12)$$

$$G'_0 = \frac{1,322 \cdot 10^6}{4,19 \cdot 10^3 \cdot (95 - 70)} = 12,62 \text{ кг/с},$$

$$\text{При } t = 8^\circ\text{C}, G'_0 = \frac{0,294 \cdot 10^6}{4,19 \cdot 10^3 \cdot (65 - 48)} = 4,12 \text{ кг/с}$$

На рисунке 4.2 изображен график расходов сетевой воды на отопление:

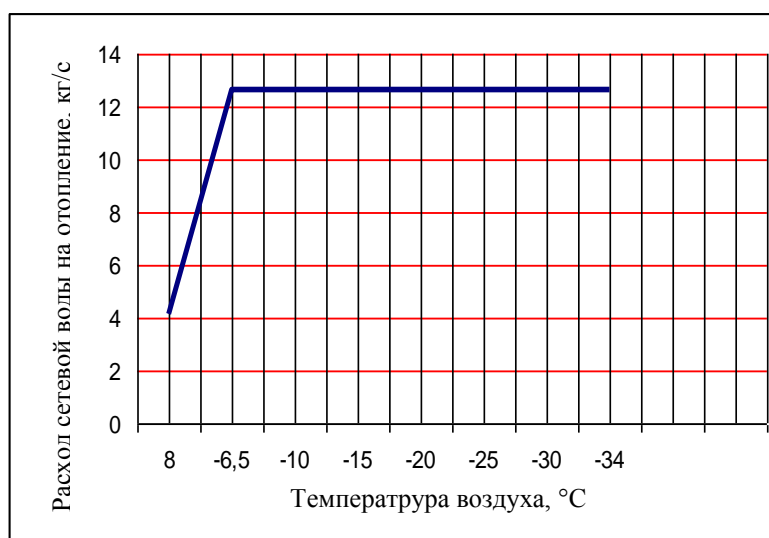


Рисунок 4.2 График расходов сетевой воды на отопление

Расход воды на вентиляцию при  $t_{н.о}$  вычисляется по формуле (4.13):

$$G'_e = \frac{Q'_e}{c_p \cdot (\tau'_{01} - \tau'_{02})}, \quad (4.13)$$

$$G'_e = \frac{0,152 \cdot 10^6}{4,19 \cdot 10^3 \cdot (95 - 70)} = 2,13 \text{ кг/с}$$

## Расход воды на ГВС:

Расход воды на ГВС меняется в зависимости от температуры наружного воздуха. Расход воды на ГВС вычисляется по формуле (4.14):

$$G_{ГВС} = \frac{Q'_{ГВС}}{c_p \cdot (\tau'_{01} - \tau'_{02})}, \quad (4.14)$$

при  $t_{н.о}$  -  $G_{ГВС} = 12,5$  кг/с;

при  $t_{н.м}$  -  $G_{ГВС} = 18,39$  кг/с

На рисунке 4.3 изображен график расходов сетевой воды на отопление:

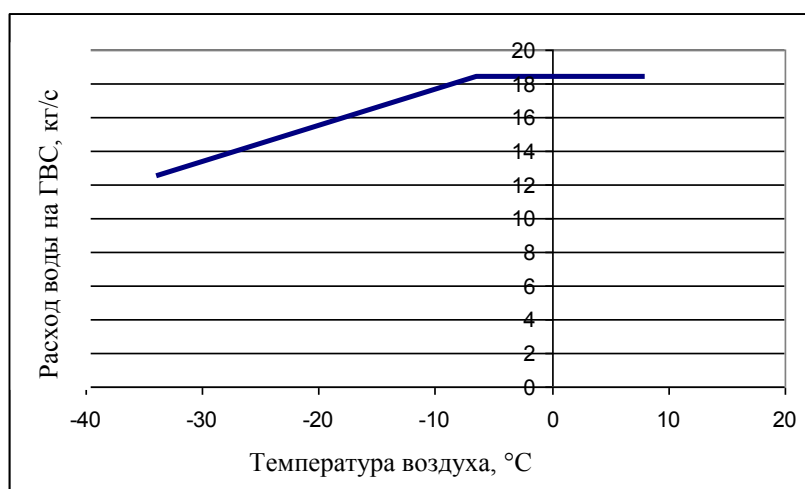


Рисунок 4.3 График расходов сетевой воды на ГВС

## 4.2 Расчет тепловой схемы котельной

### Расчет тепловой схемы

Главной целью расчета тепловой схемы котельной является:

- определение общих тепловых нагрузок, состоящих из внешних нагрузок и расходов теплоты на собственные нужды, и распределение этих нагрузок в отдельных частях котельной для обоснования выбора основного оборудования;
- нахождение тепловых и массовых потоков, необходимых для выбора вспомогательного оборудования, вычисление диаметров трубопроводов и арматуры;
- определение исходных данных для дальнейших технико-экономических расчетов (годовых выработок теплоты, годовых расходов топлива и др.).

По результатам расчета тепловой схемы выбирается тип и количество котлоагрегатов, другого теплообменного оборудования, производительность и мощ-

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

ность насосов и тягодутьевых устройств [27].

Результаты расчета тепловой схемы котельной оформим в таблицу (4.3).

Таблица 4.3 – Результаты расчета тепловой схемы водогрейной котельной

Расчетная величина	Обозначение	Расчетная формула	Единица измерения	Расчетные режимы			
				$t_{\text{но}} = -34$	$t_{\text{нхм}} = -15,8$	$t_{\text{ни}} = -6,5$	Летний
1	2	3	4	5	6	7	8
Производительность котельной	$Q_{\text{к}}$	$Q_o + Q_v + Q_{\text{звс}}$	МВт	2,784	2,096	1,744	1,310
Расход тепла на собственные нужды	$Q_{\text{сн}}$	$0,03 \cdot Q_{\text{к}}$	МВт	0,089	0,046	0,0023	-
Суммарная производительность котельной	$Q_{\text{кот}}$	$Q_{\text{к}} + Q_{\text{сн}}$	МВт	2,873	2,142	1,767	1,310
Расход сетевой воды	$G_{\text{с}}$	Рассчитано выше	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	27,25	27,25	27,25	18,39
Расход на подпитку воды и потери в тепловой схеме	$G_{\text{подп}} = G_{\text{хво}}$	$0,02G_{\text{с}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,545	0,545	0,545	0,37
Расход воды через кот. агрегаты (по расчетному режиму)	$G_{\text{к}}$	$\frac{Q_{\text{кот}}}{(t_{\text{к}}'' - t_{\text{к}}') \cdot c_{\text{п}}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	27,4	27,4	27,4	18,39
Температура воды на выходе из КА	$t_{\text{к}}''$	$t_{\text{к}}' + \frac{Q_{\text{кот}}}{c_{\text{п}} G_{\text{к}}}$	$^{\circ}\text{C}$	95,39	88,6	85,6	65
Расход воды на собственные нужды, при $t_{\text{к}}' = 70^{\circ}\text{C}$	$G_{\text{сн}}$	$\frac{Q_{\text{сн}}}{c_{\text{п}} (t_{\text{к}}'' - t_{\text{к}}')}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,85	0,85	0,85	-
Расход воды на линии рециркуляции	$G_{\text{рец}}$	$\frac{G_{\text{к}} (t_{\text{к}}' - \tau_2)}{t_{\text{к}}'' - \tau_2}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	-	10,4	13,44	8,6
Расход воды на перемычке	$G_{\text{пм}}$	$\frac{G_{\text{с}} (t_{\text{к}}'' - \tau_1)}{t_{\text{к}}'' - \tau_2}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	-	15,2	21,1	11,7
Расход исходной воды	$G_{\text{исх}}^{\text{вод}}$	$1,2G_{\text{хво}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	0,654	0,654	0,654	0,44

### 4.3 Расчет котла Logano SK725-1600 фирмы «Buderus»

Количество котлов, устанавливаемых в котельной, следует выбирать по режиму наиболее холодного месяца: к установке приняты два стальных водогрейных котла Logano SK 725-1600 (1600 кВт) фирмы «Buderus» с газовой плавно – двухступенчатой горелкой G8/1-D исп. ZD фирмы «Weishaupt» (Германия). Параметры представлены в таблице 4.4.

Общая установленная мощность котельной 2,92 МВт.

Таблица 4.4 - Основные параметры котла Logano SK 725-1600

Марка котла	-	Logano SK 725	
1	2	3	
Теплопроизводительность котла	кВт	1600	
Коэффициент полезного действия	%	92	
Максимальная температура воды на выходе	°С	102	
Минимальная температура воды на входе	°С	60	
Рабочее давление теплоносителя, не более	бар	6	
Температура уходящих газов	°С	200	
Расход газа на один котел	м <sup>3</sup> /ч	186,9	
Аэродинамическое сопротивление котла	мбар	6,05	
Гидравлическое сопротивление котла	мбар	20	
Объем воды в котле	м <sup>3</sup>	2,3	
Объем камеры сгорания	м <sup>3</sup>	2,08	
Тип горелочного устройства:	-	Надувная газовая горелка фирмы «Weishaupt»	
Горелка газовая 2-х ступенчатая	-	G8/1-D исполн. ZD	
Производительность горелки max/min	кВт	2272/400	
Мощность электродвигателя горелки	кВт	4,8	
Размеры котла:	Длина	мм	3144
	Ширина	мм	1350
	Высота	мм	2235
Масса котлоагрегата (без воды)	кг	3037	

Установленные в котельной два котла обеспечивают потребность здания в тепле и горячем водоснабжении при максимально – зимнем режиме. В летний период работает один котел.

Автоматика котельной поддерживает заданные технологические параметры и контролирует безопасность работы котлов и горелок.

Современная универсальная концепция котла:

- Низкотемпературный отопительный котел в соответствии с DIN EN 303 для работы на дизельном топливе или газе
- Котел Logano SK725 имеет четыре сертифицированных типоразмера и знак CE для всех обычных вентиляторных горелок с номинальной теплопроизводительностью 691-1600 кВт
- Отопительный котел предназначен для работы на дизельном топливе EL по DIN 51 603, на природном и сжиженном газе или рапсовом масле. Котел работает со всеми дизельными и газовыми вентиляторными горелками по EN 267 и EN 676 или горелками, имеющими знак CE
- Комбинируется с различными баками- водонагревателями из программы Будерус
- Комбинируется с различными системами управления из программы Будерус

Работа с пониженным уровнем шума и низкими выбросами вредных веществ:

- Камера сгорания с поворотом газового потока, с незначительной объемной нагрузкой для низкоэмиссионного режима при высоком стандартизированном коэффициенте использования (93 %)
- Существенно снижены шумы при работе благодаря звукопоглощающей подставке под котел, шумоглушителю дымовых газов и звукопоглощающему кожуху горелки

Простое и удобное управление:

- Регулирующие функции, согласованные с гидравликой установки
- Простая настройка всех функций системы управления (по принципу "Нажми и Поверни")
- Возможно расширение комплектации всех систем управления дополнительными модулями

Быстрый монтаж, пуск в эксплуатацию и техническое обслуживание:

- Беспроблемный монтаж горелок другого производителя на пластину с просверленными под горелку отверстиями
- Адаптированная к котлу группа безопасности
- Легкий доступ к топочной камере, простая чистка через большую поворотную дверь [37].

### **Топливо. Воздух. Продукты сгорания**

Топливом для котлов Logano SK725-1600 служит природный газ. Резервное топливо не предусмотрено.

Характеристика топлива представлена в таблице 4.5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
						23

Таблица 4.5 - Характеристика топлива

$CH_4$	$C_2H_6$	$C_3H_8$	$C_4H_{10}$	$C_5H_{12}$	$N_2$	$CO_2$	$Q_n^p$
94,4%	3,2%	0,4%	0,1%	0,1%	0,9%	0,4%	33,9 МДж/м <sup>3</sup>

$$Q_n^p = 8100 \text{ ккал/м}^3; \rho = 0,005 \text{ кг/м}^3$$

Так как в топке избыточное давление, то присосов воздуха нет.

Коэффициент избытка воздуха  $\alpha=1,05$ .

Рассчитываем по формуле (4.15) теоретический объем воздуха, необходимый для сгорания 1 м<sup>3</sup> топлива:

$$V^0 = 0,0476 \cdot [\sum (m + 0,25 \cdot n) \cdot C_m H_n + 0,5(CO + H_2) + 1,5 \cdot H_2S - O_2], \quad (4.15)$$

$$V^0 = 0,0476 \cdot [(1 + 0,25 \cdot 4) \cdot 94,9 + (2 + 0,25 \cdot 6) \cdot 3,2 + (3 + 0,25 \cdot 8) \cdot 0,4 + (4 + 0,25 \cdot 10) \cdot 0,1 + (5 + 0,25 \cdot 12) \cdot 0,1 + 0 + 0 - 0] = 9,732$$

Теоретические объемы продуктов сгорания топлива.

Объем трехатомных газов вычисляется по формуле (4.16):

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \sum (m \cdot C_m H_n)), \quad (4.16)$$

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (0,4 + 1 \cdot 94,4 + 2 \cdot 3,2 + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1) = 1,038 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объем двухатомных газов по формуле (4.17):

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot N_2, \quad (4.17)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 9,732 + 0,01 \cdot 0,9 = 7,697 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объем водяных паров по формуле (4.18):

$$V_{H_2O}^0 = 0,1 \cdot (H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{z.mll}) + 0,016 + V^0, \quad (4.18)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot ((0,5 \cdot 4 \cdot 94,4) + (0,5 \cdot 6 \cdot 3,2) + (0,5 \cdot 8 \cdot 0,4) + (0,5 \cdot 10 \cdot 0,1) + (0,5 \cdot 12 \cdot 0,1) + (0,124 \cdot 10) + (0,0161 \cdot 9,732)) = 2,184 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (4.19)$$

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.129.10 ПЗ				

$$V_{H_2O} = 2,184 + 0,0161 \cdot (1,05 - 1) \cdot 9,732 = 2,19 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объем дымовых газов по формуле (4.20):

$$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (4.20)$$

$$V_{\Gamma} = 1,038 + 7,697 + 2,19 + (1,05 - 1) \cdot 9,732 = 11,41 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объемные доли трехатомных газов рассчитываются по формуле (4.21):

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_{\Gamma}}, \quad (4.21)$$

$$r_{RO_2} = \frac{1,038}{11,41} = 0,091$$

Объемные доли водяных паров рассчитываются по формуле (4.22):

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_{\Gamma}}, \quad (4.22)$$

$$r_{H_2O} = \frac{2,19}{11,41} = 0,19$$

Суммарная объемная доля трехатомных газов вычисляется по формуле (4.23):

$$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}, \quad (4.23)$$

$$r_n = 0,091 + 0,19 = 0,28.$$

### Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания.

Энтальпия теоретического объема воздуха находится по формуле (4.24):

$$I_B^0 = V^0 (ct)_B, \quad (4.24)$$

где  $(ct)_B$  - энтальпия  $1 \text{ м}^3$  воздуха, принимаем из таблиц.

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ



Энтальпия теоретического объема продуктов сгорания вычисляется по формуле (4.25):

$$I_{\Gamma}^0 = I_{RO_2}^0 + I_{N_2}^0 + I_{H_2O}^0 \quad (4.25)$$

Энтальпия избыточного количества воздуха по формуле (4.26):

$$I_{изб}^B = (\alpha - 1) \cdot I_B^0 \quad (4.26)$$

Энтальпия продуктов сгорания при  $\alpha > 1$  находится по формуле (4.27):

$$I = I_{\Gamma}^0 + I_{изб}^B \quad (4.27)$$

Результаты расчета энтальпии теоретического объема воздуха и продуктов сгорания сводим в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 - Энтальпии теоретического воздуха и продуктов сгорания топлива

$t^{\circ}C$	$I_{\Gamma}^0$	$I_{\Gamma}^0$	$I_B^0$	$I_B^0$	$I_{\Gamma} = I_{\Gamma}^0 + (\alpha - 1) \cdot I_B^0$
-	$\frac{ккал}{м^3}$	$\frac{кДж}{м^3}$	$\frac{ккал}{м^3}$	$\frac{кДж}{м^3}$	$\frac{кДж}{м^3}$
1	2	3	4	5	6
100	361,3	1513,7	306,6	1284,6	1577,9
200	728,3	3051,5	617,8	2588,7	3180,9
300	1105,7	4632,7	936	3922	4828,8
400	1493,4	6257,4	1258,9	5274,7	6521,1
500	1890,2	7920	1588,7	6656,7	8252,8
600	2295,7	9619	1927,8	2077,6	10022,9
700	2711,8	11362,6	2273,9	9527,6	11839
800	3142,4	13166,6	2624,6	10997,2	13716,5
900	3580	15000,2	2975,3	12466,7	15623,5
1000	4026,8	16872,4	3335,4	13975,2	17571,2
1100	4474,7	18748,8	3704,7	15522,5	19524,9
1200	4924	20631,6	4074	17069,9	21485,1
1300	5386,3	22569,7	4485,1	18792,5	23509,3
1400	5858,3	24546,1	4821,9	20203,6	25556,3
1500	6326,3	26507,3	5200,5	21790	27596,8
1600	6802	28500,5	5581,4	23386	29669,8
1700	7281,1	30507,9	5960	24972,3	31756,5
1800	7764,7	32534,1	6338,6	26552,6	33862
1900	8253,3	34581,2	6728,8	28193,6	35990,9
2000	8739,7	36619,5	7116,7	29818,9	38110,4

2100	9232	38810,9	7530,3	31552	40258
2200	9725,8	40751	7894,8	33079	42405

Результаты расчета энтальпии продуктов сгорания в газоходах котла и поверхностях нагрева сводим в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 - Энтальпии продуктов сгорания в газоходах котла и поверхностях нагрева

$\theta^{\circ}\text{C}$	$I_{\Gamma}^0$	$I_{\text{B}}^0$	$I$	$\Delta I$
1	2	3	4	5
100	1513,7	1284,6	-	-
200	3051,5	2588,7		
300	4632,7	3922		
400	6257,4	5274,7		
500	7920	6656,7		
600	9619	8077,6		
700	11362	9527,6		
800	13166,6	10997,2	13716,5	1907
900	15000,2	12466,7	15623,5	1947,7
1000	16872,4	13975,2	17571,2	1953,7
1100	18748,8	15522,5	19524,9	1960,2
1200	20631,6	17069,9	21485,1	4071,2
1400	24546,1	20203,6	25556,3	4113,5
1600	28500,5	23386	29669,8	4192,2
1800	32534,1	26558,6	33862	4248,4
2000	36619,5	29818,9	38110,4	4294,6











1	2	3	4	5
Полная площадь повер. нагрева	F	По конструктивным данным[49]	м <sup>2</sup>	13,2
Температура газов перед ДТ	$\theta'_{ДТ}$	Из расчета топки	°C	1085

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5
Энтальпия газов перед ДТ	$I'_{ДТ}$	Из расчета топки	$\frac{кДж}{м^3}$	19756
Температура газов на выходе из ДТ	$\theta''_{ДТ}$	Согласно паспорту котла[37]	°C	200
Энтальпия газов на выходе из котла	$I''_{ДТ}$	Из таблицы № 1.7 [27]	$\frac{кДж}{м^3}$	3051,5
Кол-во теплоты отданное ДТ	$Q_{ДТ}$	$\varphi \cdot (I'_{ДТ} - I''_{ДТ})$	$\frac{кДж}{м^3}$	16537,5
Средняя температура газов	$\theta_{СР}$	$0,5 \cdot (\theta'_{ДТ} + \theta''_{ДТ})$	°C	642,5
Температура воды на входе в ДТ	$t'_{КП}$	По данным	°C	70
Температура воды на выходе из конв. пакета	$t''_{ДТ}$	По данным	°C	95
Средняя температура воды в конв. пакете	$t_{КП}^{СР}$	$\frac{t''_{ДТ} + t'_{КП}}{2}$	°C	82,5
Температурный напор на входе в конв. пакет	$\Delta t_{\theta}$	$\theta'_{ДТ} - t_{КП}^{СР}$	°C	1002,5
Температурный напор на выходе из конв. пакета	$\Delta t_{м}$	$\theta''_{ДТ} - t_{КП}^{СР}$	°C	117,5
Средний логарифмический температурный напор	$\Delta t_{СР}$	$\frac{\Delta t_{\theta} - \Delta t_{м}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\theta}}{\Delta t_{м}}}$	°C	413,3
Объемный расход газов	$V_{газ}$	$\frac{B_p \cdot V_{Г} \cdot (\theta_{СР} + 273)}{273}$	$\frac{м^3}{с}$	1,9
Расчетная скорость газов	$\omega$	$\frac{V_{газ}}{F}$	м/с	13,5

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

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

Лист

33



Коэффициент теплоотдачи конвекцией	$\alpha_K$	По формуле	$\frac{Вт}{м^2 К}$	117,54
Суммарная поглощательная способность трехатомных газов	$p_n s$	$p_n s$	$\frac{Вт}{м^2 К}$	0,028

Окончание таблицы 4.9

1	2	3	4	5
Коэффициент ослабления лучей 3-х атомными газами	$k_{\Gamma}$	$\left( \frac{7,8 + 16r_{H_2O}}{3,16 \cdot \sqrt{p_n s}} - 1 \right) \cdot \left( 1 - 0,37 \cdot \frac{\theta_T'' + 273}{1000} \right)$	$\frac{1}{м МПа}$	6,3
Суммарная оптическая толщина запыленного потока	$kps$	$k_{\Gamma} r_n ps$	-	0,315
Степень черноты излучающей среды	a	$1 - e^{-kps}$	-	0,27
Температура загрязненной стенке трубы	$t_{CT}$	$t_{КП}^{cp} + \Delta t$	$^{\circ}C$	107,5
Коэффициент теплоотдачи излучением	$\alpha_{\Gamma}$	$\alpha_H \cdot a$	$\frac{Вт}{м^2 К}$	33,83
Коэффициент теплоотдачи от газа к стенке	$\alpha_1$	$\alpha_K + \alpha_{\Gamma}$	$\frac{Вт}{м^2 К}$	151,37
Коэффициент теплотдачи	к	$\psi \cdot \alpha_1$	$\frac{Вт}{м^2 К}$	136,23
Суммарное тепловосприятие газохода фес-тона	$Q_T$	$Q_{\Phi} + Q_{дон}$	$\frac{кДж}{кг}$	14201,2
Расхождение расчетных тепловосприятий	$\Delta Q$	$\frac{Q_T - Q_{\Gamma}}{Q_T} \cdot 100$	%	1,16
Невязка	-	$\frac{\Delta Q}{Q_H^c} \cdot 100$	%	0,18 < 2

#### 4.7 Выбор вспомогательного оборудования

Газовая горелка

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

К водогрейным котлам подключаются две надувные газовые плавно - двухступенчатые горелки G8/1-D исполн.ZD фирмы «Weishaupt» (Германия).

На рисунке 4.4 изображена двухступенчатая горелка G8/1-D исполн.ZD фирмы «Weishaupt» [44].

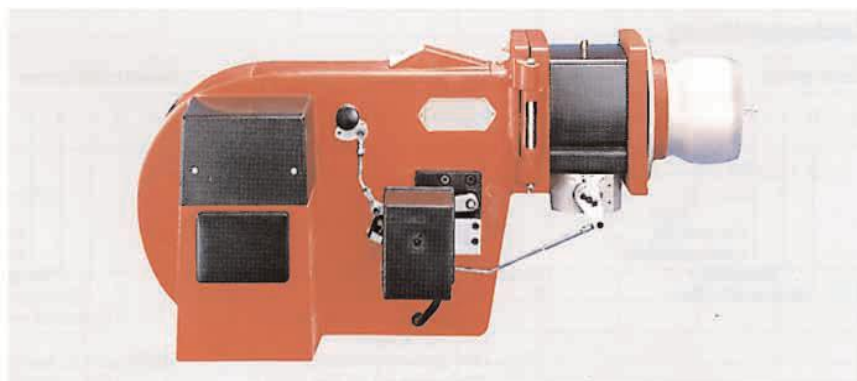


Рисунок 4.4 – Двухступенчатая горелка G8/1-D исполн.ZD  
фирмы «Weishaupt»

Одной из наиболее важных составляющих здания котельной является горелка. Любая горелка представляет собой законченный узел, который можно присоединять к котлу и автоматике разных производителей.

Однако следует знать, что котлы европейского производства с атмосферной горелкой нормально работают при давлении газа, принятом в Европе - не ниже 150 мм водяного столба. Норма давления газа в газопроводе в России - 150 мм водяного столба или 15 мбар (в зимний период давление падает в два-три раза). Если давление в газопроводе уменьшается, пламя в горелке становится низким, мощность котла падает, и со временем сопла горелки прогорают. При увеличении давления газа, возрастает и пламя, в результате это приводит к прожогу теплообменника котла. Если давление газа в магистрали, ниже 150 мм водяного столба и нестабильно, лучше использовать котлы с надувными горелками.

В надувных горелках воздух в камеру сгорания нагнетается принудительно (за счет работы дополнительного насоса-вентилятора), а его поступление автоматически меняется в зависимости от требуемого режима работы горелки. КПД котла с надувной горелкой - до 95%.

Преимущества надувной горелки перед атмосферной: она не критична к высоте трубы; устойчиво работают при пониженном и нестабильном давлении газа; при мощности котла более 100 кВт дает существенную экономию топлива; за счет полного сгорания топлива более экологична.

К недостаткам относится: высокий уровень шума (требуются дополнительные затраты на звукоизоляцию); стоимость надувной горелки в 2-3 раза больше стоимости атмосферной. Как правило, надувные горелки не являются частью котла, а навешиваются к нему.

					Лист
					35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

Преимущество навесной системы в том, что может устанавливаться как газовая горелка, так жидкотопливная. Это целесообразно применять, когда подача газа нерегулярна или подключение к газовой магистрали предполагается в будущем.

Модуляция пламени - это автоматическое изменение мощности горелки в зависимости от потребности в тепле. Двухступенчатые горелки и горелки с модуляцией пламени увеличивают ресурс котлов, снижают расход топлива, повышают "гибкость" регулирования теплового режима.

Так как газовые горелки для комбинированных котлов имеют вентиляторный надув, они оказываются более устойчивыми к колебаниям давления газа в газопроводной сети, чем атмосферные горелки газовых котлов, и работают даже при понижении давления газа в сети до 70-80 мм водяного столба.

Монтаж горелки не представляет труда. Горелка вставляется в отверстие, настраивается на глубину топочной камеры, а затем закрепляется винтами на фланце. Газовая линия присоединяется к горелке с помощью накидной гайки, из которой предварительно удаляется заглушка. В арматурный блок горелки требуется вставить два штекера. После этого проверяют герметичность газовой арматуры и удаляют воздух из газопровода.

Электрические провода подключаются с помощью штекерных разъемов.

Регулирование мощности плавно – двухступенчатое.

Подача газа при пуске путем открывание магнитного клапана.

Газовый дроссель осуществляет подачу газа зажигания. подача малой и большой нагрузки путем изменения положения газового дросселя при помощи сервопривода  $Z=8$  секунд [44].

На рисунке 4.5 представлена схема подводки газа к котлу.

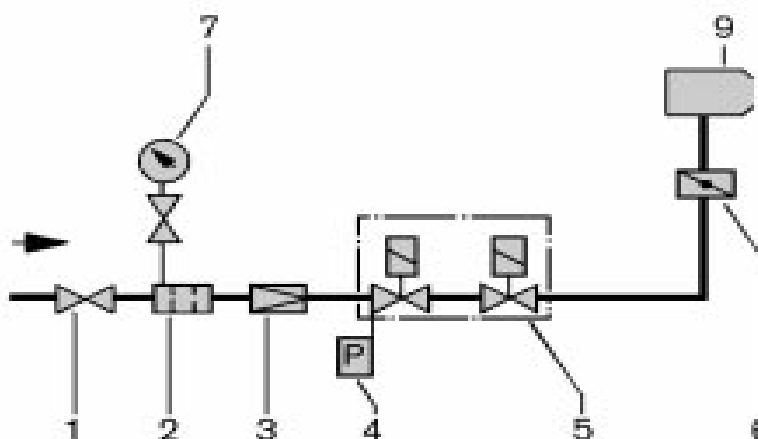


Рисунок 4.5 – Схема подводки газа к котлу:

- 1-кран шаровый; 2-газовый фильтр; 3-регулятор давления;  
4-реле давления газа; 5-магнитный клапан; 6-газовый дроссель  
7-манометр; 8-контроль герметичности; 9-горелка

## Насосы

Насосы котлового контура [39]:

Марка насоса UPS 50-60/2F

Производительность - 17 м<sup>3</sup>/ч.

Напор- 2,5 м.в.ст.

Мощность электродвигателя - 0,38 кВт;

1-фазный

Масса – 21,8 кг.

Насос контура отопления [39]:

Марка насоса TP 125-130/4

Производительность – 99,9 м<sup>3</sup>/ч.

Напор- 11 м.в.ст.

Мощность электродвигателя – 5,5 кВт;

3-фазный

Масса - 200 кг.

Насос подпитки [39]:

Марка насоса СН 2-30

Производительность – 1,5 м<sup>3</sup>/ч.

Напор- 22 м.в.ст.

Мощность электродвигателя – 0,46 кВт;

3-фазный

Масса – 10,7 кг

## Водоподготовка

В качестве исходной воды принята вода из хозяйственно-питьевого водопровода, удовлетворяющая требованиям СанПиН 21.4.559-96 «Питьевая вода».

Химический состав воды следующий:

- жесткость общая - 4,24 мг-экв/л;
- щелочность - 3,04 ммоль/дм<sup>3</sup>;
- железо-0,04мг/л;
- рН-7,82;
- хлориды - 5,5 мг/л.

При закрытой системе теплоснабжения согласно «Правилам технической эксплуатации», СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» пункту 6.16 расчетный часовой расход воды для определения производительности водоподготовки принят 0,75% от объема воды в трубопроводах тепловых сетей в присоединенных к ним системах потребления.

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.129.10 ПЗ					

Для приведения качества воды в соответствие нормам проектом предусмотрена установка умягчения воды периодического действия HidroTech SSF1054-5600SEM производительностью 1,5 м<sup>3</sup>/ч.

Установка умягчения воды состоит из одного корпуса, блока управления, реагентного бака [41].

Технические параметры водоподготовительной установки приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 - Параметры водоподготовительной установки

Наименование показателей	Показатель
1. Марка установки	SSF 1054-5600SEM
2. Количество	1
3. Производительность, м <sup>3</sup> /ч	1,5
4. Потери давления, атм.	0,5
5. Объем загрузки, л	45
6. Требуемая подача воды на обратную промывку, м <sup>3</sup> /ч	0,54

Умягчение воды основано на обмене ионов солей жесткости (калия и магния) на ионы натрия при прохождении ее через слой ионообменной смолы. После истощения рабочей обменной емкости катионита он теряет способность умягчать воду, и его необходимо регенерировать.

Регенерация Na-катионита достигается фильтрованием через него хлористого натрия с концентрацией 5-8% (раствор поваренной соли).

Восстановление фильтрующей способности установки TS -обратная промывка с последующей регенерацией раствором поваренной соли.

Доза соли (грамм) для регенерации 1 литра ионообменной смолы регулируется в пределах 80 - 240 граммов.

Расчеты по водоподготовке сведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчеты по водоподготовке

Наименование	FSR/R 1465-2510
1 . Расход соли на одну регенерацию, кг	6,75
2. Продолжительность одного фильтроцикла, час	9,8
3. Объем воды, обрабатываемый за один фильтроцикл, м <sup>3</sup>	9.8

Регенерация проводится в несколько этапов (режимов):

1. Режим «Обратная промывка» (10-16 мин.) - для взрыхления ионообменной смолы.

2. Режим «Засаливание и медленная промывка» (60 - 80 мин.) - из реагентного бака засасывается раствор поваренной соли, смешивается с водой и восстанавливает рабочую емкость смолы. После этого поток воды промывает загрузку от остатков соли.

3. Режим «Быстрая промывка» (10-16 мин.) - вода, поступающая в фильтр, используется для дальнейшей промывки загрузки от соли и происходит уплотнение фильтрующей среды.

4. Режим «Пополнение реагентного бака» (8 -16 мин.) - вода, поступающая в фильтр, используется для пополнения реагентного бака.

Регенерация производится от сигнала, встроенного водосчетчика, регистрирующего объем воды, прошедшей через установку [25].

												Лист
												39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

## 5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Энергетическая эффективность работы котельных обычно оценивается по значениям КПД котлов с учетом потерь топлива и теплоты при ее производстве и отпуске, а также затрат электроэнергии на привод механизмов и другие нужды, определяемых по данным приборов контроля и учета расхода ТЭР. При решении задач повышения эффективности использования ТЭР в котельной серьезное внимание должно уделяться организации работ по реализации программ энергосбережения, повышению квалификации обслуживающего персонала и внедрению систем стимулирования экономии ТЭР.

Достижение более высоких технико-экономических показателей возможно путем реализации энергосберегающих мероприятий, направленных как на совершенствование условий эксплуатации котлов, так и на реконструкцию котельных на основе передовых технологий.

Основные мероприятия:

- применение горелочных устройств, обеспечивающих низкий выход оксидов азота и других токсичных компонентов;
- внедрение эффективной и надежной автоматики регулирования и защиты котлоагрегатов, вспомогательного и общекотельного оборудования;
- внедрение автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами производства и отпуска теплоты, учета потребления топлива и электроэнергии, отпуска тепловой энергии потребителям на базе современной микропроцессорной техники;
- корректировка управления процессами горения топлива по оптимальной сумме потерь теплоты с химическим недожогом и уходящими газами на основе внедрения регулируемого электропривода тягодутьевых машин;
- применение современных технологий химической подготовки подпиточной, сетевой и котловой воды;
- внедрение высокоэффективной технологии приготовления и сжигания в топках котлов водомазутных эмульсий, позволяющей сжигать высоковязкие и некондиционные обводненные мазуты;
- внедрение электронасосных установок с широким диапазоном рабочих характеристик и применением регулируемого электропривода;
- оборудование котельных эффективными утилизаторами теплоты уходящих дымовых газов, сбрасываемых потоков воды, пара и конденсата.

					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Значительная экономия ТЭР может быть получена за счет сокращения потерь в тепловых сетях через теплоизоляцию и с утечками теплоносителя. При длительной эксплуатации трубопроводов, их внутренней и наружной коррозии происходит разрушение стенок трубопроводов и увеличиваются утечки теплоносителя. Кроме того, теплопроводность изоляционного материала из-за увлажнения и разрушения увеличивается, что приводит к росту тепловых потерь. Для снижения этих потерь необходимо организовать своевременное проведение диагностики состояния трубопроводов современными инструментальными методами без вскрытия теплотрасс, регулярно производить тепловые испытания с целью определения фактических тепловых потерь и реального состояния трубопроводов, выявления и оперативного устранения нарушений, а также планирования ремонтов тепловых сетей и оборудования систем теплоснабжения.

Снижение не менее чем на 15–20% расхода электроэнергии сетевыми насосами при поддержании расчетных значений перепада давления и расхода воды в сети может быть достигнуто и при существующем состоянии оборудования тепловых сетей.

Экономия электроэнергии, затрачиваемой на привод насосов и тягодутьевых установок, может быть получена от следующих мероприятий, не требующих значительных капитальных затрат:

- приведение в соответствие напорной характеристики насосов (дымососов, вентиляторов);
- и сопротивления водяного (газо-воздушного) тракта (экономия электроэнергии – до 20%);
- осуществление регулирования производительности сетевых насосов на всасывающем патрубке вместо регулирования на напорном (экономия электроэнергии – 10–15%);
- систематическая проверка плотности (герметичности) подсоединений воздухопроводов к вентиляторам (дымососам).

В последние годы на промышленных предприятиях и энергообъектах на оборудовании с переменным режимом работы широко применяется регулируемый электропривод, позволяющий сократить электропотребление на 15-40%, в зависимости от условий эксплуатации. Внедрение рассматривается как эффективное энергосберегающее мероприятие и – для приводов насосов, вентиляторов и дымососов котлов, вентиляционных установок. Однако решение о применении следует принимать по результатам технико-экономического обоснования.

Следует отметить, что эффективность топливоиспользования может быть повышена при внедрении в эксплуатацию средств технической диагностики состояния отдельных узлов котлоагрегатов и тепловых сетей, при оптимизации топочных режимов, режимов работы основного и вспомогательного оборудования, а также путем совершенствования метрологического обеспечения средств измерений технологических параметров.

Основной резерв повышения экономичности паровых и водогрейных котлов в снижении потерь теплоты с уходящими газами. Направления работ по сокращению этих потерь общеизвестны и заключаются, главным образом, в поддержании

					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41



оптимальных значений коэффициента избытка воздуха по газовому тракту котлов за счет снижения присосов воздуха, своевременной очистки внутренних и наружных поверхностей нагрева от загрязнений. Экономичная работа котельных установок зависит от соблюдения оптимальных режимов эксплуатации и обеспечения расчетных значений технологических параметров.

По условиям надежности работы в котлах, проработавших 20 и более лет, снижается рабочее давление до 0,6–0,8 МПа, а реально при эксплуатации на многих котлах поддерживается давление 1,2 атм. Работа паровых котлов на таких низких давлениях отрицательно сказывается на устойчивости циркуляции, из-за снижения температуры насыщения и увеличения доли парообразования, в экранных трубах наблюдается интенсивное накипеобразование и увеличивается вероятность пережога труб. Кроме того, при работе котла на давлении от 1 до 3 атм из-за низкой температуры насыщения необходимо отключать чугунный водяной экономайзер, т. к. там может наблюдаться парообразование, что недопустимо. Эти и другие особенности приводят к тому, что КПД этих паровых котлов не превышает  $80 \div 82 \%$ , а в некоторых случаях, когда трубы сильно загрязнены, КПД котла уменьшается до  $70 \div 75 \%$ .

Переведенные в водогрейный режим паровые котлы в эксплуатации не уступают специализированным водогрейным, а по ряду показателей и возможностям превосходят их, например, в части:

- доступности для внутреннего осмотра, контроля, ремонта, улавливания шлама и очистки, благодаря наличию барабанов;
- возможности более гибкого регулирования теплопроизводительности (качественного – по температуре сетевой воды и количественного – по ее расходу, в допустимых пределах);
- универсальности конструкции по отношению к выбору теплоносителя, что, в основном, относится к моноблочным котлам, которые допускают работу, как в паровом, так и водогрейном режимах;
- улучшения работы отдельных элементов конструкции, например, труб рециркуляции и обогреваемых опускных трубных пучков, для которых исчезает опасность, захвата и сноса пара, в связи с чем открываются возможности для большего форсирования;
- повышения КПД котлоагрегатов с переводом в водогрейный режим от 1,5 до  $10 \div 12\%$  [22,24,36].

## 5.1 Технологические решения

Энергосберегающие технологии позволяют исключить механические и электрические перегрузки оборудования, увеличить моторесурс, снизить затраты на обслуживание и ремонт, улучшить параметры технологического процесса.

Разработаем ряд мероприятий для котельной города Учалы:

1. Теплоизоляция технологических трубопроводов – каширование алюминиевой фольгой. Для такого вида изоляции не нужно использовать защитное покрытие. Для бандажа выбираем алюминиевый материал.

						13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
							42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

2. Установка частотных преобразователей. Частотные преобразователи электронного типа часто применяют для плавного регулирования скорости асинхронного электродвигателя или синхронного двигателя за счет создания на выходе преобразователя электрического напряжения заданной частоты. Частотные преобразователи установить на насосное оборудование, запорно-регулирующее оборудование.

3. Установка теплообменного оборудования «Ридан» для разделения контуров котельной и потребителей. Данное мероприятие предотвращает загрязнение котлового контура, а соответственно и котлов, а также минимизирует тепловые напряжения в тепловой сети.

Применение автоматического управления и регулирования для снижения расходов топлива, эффективного использования энергоресурсов, уменьшение воздействия человеческого фактора. Мероприятия по данному варианту технологий изложены в разделах «Автоматизация» и «Безопасность жизнедеятельности».

										<i>Лист</i>
										43
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						

*13.03.01.2017.129.10 ПЗ*

## 6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

Наибольшие загрязнения атмосферного воздуха поступают от энергетических установок, работающих на углеводородном топливе. Количество загрязнений определяется составом, объёмом сжигаемого топлива и организацией процесса сгорания. В состав уходящих дымовых газов входят окись азота (95%), диоксид углерода, диоксид и триоксид серы и ряд других компонентов, поступление которых в воздушную среду наносит большой ущерб, как всем основным компонентам биосферы, так и предприятиям, объектам городского хозяйства, транспорту и населению городов.

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  $\text{NO}$  и лишь на 1...5% из двуокиси азота  $\text{NO}_2$  [32].

### 6.1 Методы подавления образования окислов азота в топках котлов

Особенностью образования окислов азота является малая зависимость от вида и состава топлива, но большая зависимость от режима горения и организации топочного процесса. Существенное влияние на образование окислов азота оказывает также концентрация кислорода, определяемая избытком воздуха в топке.

Снижение выбросов окислов азота осуществляется специальными технологическими мероприятиями (первичными мероприятиями), направленных на подавление образования окислов азота в процессе сгорания топлива в топках котлов. Технологические методы в 5–6 раз дешевле устройств очистки газов и они могут быть учтены непосредственно в конструкции котла и не требуют химических добавок.

Основные технологические мероприятия по подавлению образования окислов азота в топках котлов:

1. уменьшение избытка воздуха ( $\alpha=1,02-1,03$ ) топке до минимальной величины при условии полного сгорания топлива;
2. уменьшение температуры подогрева воздуха, поступающего в топку в пределах, допустимых по условиям эффективного его сжигания;
3. рециркуляция дымовых газов в топку, при этом понижаются температурный уровень и концентрация кислорода в зоне горения. Наибольший эффект снижения окислов азота получается при вводе дымовых газов непосредственно в горелочные устройства (подмешивая приблизительно 20% дымовых газов, удается снизить концентрацию окислов азота на 40%);
4. двухстадийное сжигание топлива, когда в нижний пояс горелочных устройств подается все топливо и часть воздуха, необходимого для его сжигания (0,8–0,9 теоретически необходимого количества). При этом происходит частичная газификация топлива при пониженной температуре в ядре факела по сравнению с полным сжиганием. Далее в верхний пояс подается остальное количество воздуха

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

Лист

44

для дожигания продуктов неполного сгорания;

5. ввод воды вместо пара в мазутные форсунки в количестве 8–10% массы топлива позволяет уменьшить концентрацию оксидов азота на 20–30%.

Применение впрыска приводит к снижению к.п.д. котла с увеличением расхода «сухого» топлива на 0,7%. Впрыск воды в зону горения следует применять на котельных, расположенных в городах и промышленных центрах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, или на котельных, расположенных в курортных зонах в периоды повышения концентраций вредных выбросов выше санитарных норм;

6. установка специальных по конструкции горелочных устройств, обеспечивающих пониженный выход окислов азота;

7. повышенная степень экранирования [26].

## 6.2 Очистка дымовых газов от окислов азота

Окислы азота принципиально можно удалять из дымовых газов. Но это направление не получило широкого промышленного развития из-за большой сложности по сравнению с очисткой от окислов серы. Это связано с более низкой концентрацией окислов азота в дымовых газах и их более высокой химической устойчивостью (особенно окиси азота). Очистку дымовых газов от окислов азота можно осуществить:

1. Газофазными (сухими) методами:

- адсорбционными методами;
- высокотемпературными некаталитическими методами;
- гетерогенно-каталитическими методами;

2. Жидкофазными методами:

- нерегенеративными методами;
- регенеративными методами.

Среди газофазных (сухих) методов очистки наибольшее распространение получили каталитические методы. При использовании этих методов, как правило, проводят восстановление оксидов азота восстанавливающими агентами:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , и другими углеводородами:  $\text{H}_2$ , коксовый газ ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), из которых чаще всего применяют аммиак.

Для очистки окислов азота применяют также адсорбционные методы. В качестве адсорбентов применяют активированный уголь,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , алюмосиликаты,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaO}_2$  и соли кальция, соду, цемент, цеолиты, соли аммония. Процессы протекают как правило при низких температурах.

Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты. Активированный уголь нейтрален как к полярным, так и к неполярным молекулам адсорбируемых соединений. Активированные угли обладают меньшей селективностью, чем другие адсорбенты и являются одними из немногих, пригодных для работы во влажных газовых потоках.

Оксидные адсорбенты обладают более высокой селективностью по отноше-

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

нию к полярным молекулам в силу собственного неоднородного распределения электрического потенциала. Их недостаток – снижение эффективности в присутствии влаги.

Кроме общего разделения жидкофазных методов на два основных блока, для понимания физико-химических основ рассматриваемых процессов. Можно предложить следующую классификацию абсорбционных методов очистки газов от  $\text{NO}_x$ :

- окислительно-абсорбционные, когда окисление  $\text{NO}$  проводится в газовой фазе перед стадией абсорбции с использованием таких окислителей, как  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{ClO}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}$ , воздух, пары  $\text{HNO}_3$  и т.п.;

- абсорбционно-окислительные, когда окислитель дозируется в сорбционный раствор. В качестве окислителей используют довольно широкий спектр соединений:  $\text{KBrO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  в виде клатрата с мочевиной,  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CrO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{NaClO}$  (по убыванию окислительной способности);

- окислительно-абсорбционно-восстановительные, когда для увеличения эффективности извлечения  $\text{NO}_x$  из газа проводят окисление  $\text{NO}$  в газовой фазе до оптимального соотношения  $\text{NO}/\text{NO}_2 = 1$ , а восстановитель входит в состав сорбционного раствора;

- абсорбционно-восстановительные, из восстановителей применяют  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , сульфамиловую кислоту, гидроксилламин, сульфокислоту, формиат аммония, цианамид кальция, комплекс сульфата двухвалентного железа с гидразином, соли железа (II), комплекс железа (II) с ЭДТА, сульфит-бисульфиты, тиокарбаматы, политионаты, тиосульфаты, фосфорную кислоту и ее соли, карбамид, амины и аминовые спирты [26].

### 6.3 Определение объемов продуктов сгорания топлива

В водогрейной отопительной котельной г.Учалы планируется установить 2 водотрубных котла Logano SK 725-1600 фирмы «Buderus». Отвод газов предусмотрен в одной металлической теплоизолированной дымовой трубе.

Котельная работает круглый год. В течение отопительного периода она покрывает тепловые нагрузки на нужды отопления, вентиляции и ГВС жилого дома, а в летний период обеспечивает потребителей только горячей водой.

Характеристика топлива по таблице 6.1

Таблица 6.1- Характеристика топлива

$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{N}_2$	$\text{CO}_2$	$Q_H^P, \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}$
94,9%	3,2%	0,4%	0,1%	0,1%	0,9%	0,4%	33,9

Плотность газа при  $0^\circ\text{C}$  и 760 мм.рт.ст.:  $\rho_T = 0,758 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Теоретически необходимый объем воздуха для газообразного топлива:

$$V^0 = 9,732 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ (из расчета котла);}$$

Теоретический объем продуктов сгорания:

– объем трехатомных газов:

$$V_{RO_2} = 1,038 \text{ м}^3/\text{кг} \text{ (из расчета котла);}$$

– объем двухатомных газов:

$$V_{N_2}^0 = 7,697 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ (из расчета котла);}$$

– объем водяных паров:

$$V_{H_2O}^0 = 2,184 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ (из расчета котла);}$$

Котел считаем газоплотным, поэтому коэффициент избытка воздуха принимаем  $\alpha = 1,05$ .

Объем дымовых газов при нормальных условиях находим по формуле (6.1):

$$V_2 = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (6.1)$$

$$V_2 = 1,038 + 7,697 + 2,184 + (1,05 - 1) \cdot 9,732 = 11,406 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

#### 6.4 Расчет объёмов продуктов сгорания, образующихся при работе котлов

Объем продуктов сгорания, образующихся при сжигании топлива при рабочих условиях ( $P_p=97000 \text{ Па}$ ;  $t_p=119 \text{ }^\circ\text{C}$ ) по формуле (6.2):

$$V_p = \frac{T_{yx} \cdot V_2 \cdot P_{н.у.}}{T_{н.у.} \cdot P}, \quad (6.2)$$

$$V_p = \frac{760 \cdot 11,406 \cdot 450}{273 \cdot 745} = 19,2 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

где  $t_{yx} = 177^\circ\text{C} = 450 \text{ К}$  – средняя температура уходящих газов.

Расход топлива на котел считается по формуле (6.3):

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

$$B_p = \frac{\sum Q}{Q_n^p \cdot \eta} \quad (6.3)$$

где  $\sum Q$  – суммарная мощность котлов;

$Q=1,6$  МВт;

$\eta = 91\%$  - КПД котла.

$$B_p = \frac{1,6 + 1,6}{33,9 \cdot 0,91} = 0,104 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе котлов вычисляется по формуле (6.4):

$$V = V_p \cdot B, \quad (6.4)$$

$$V = 19,2 \cdot 0,104 = 1,99 \text{ м}^3/\text{с}$$

### 6.5 Расчет выброса оксидов азота

В топочной камере образуется в основном окись азота NO (более 95%). Образование двуокси азота NO<sub>2</sub> за счет окисления NO происходит при низких температурах и требует значительного времени. Выброс окислов азота, г/с, рассчитывается по NO<sub>2</sub>. Для котлов малой мощности:

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot B_p \cdot Q_n^p \cdot K_{NO_2} (1 - \beta), \quad (6.5)$$

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 0,104 \cdot 33900 \cdot 0,12 \cdot 1 = 0,42 \text{ г/с}$$

где  $\beta = 0$  – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов окислов азота в результате применяемых технических решений.

$K_{NO_2} = 0,12$  - параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на МДж теплоты, кг/МДж

### 6.6 Расчет максимальной концентрации выбросов NO<sub>2</sub>

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

Максимальная концентрация выбросов NO<sub>2</sub> может быть рассчитана по формуле (6.6):

						Лист
					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_m = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{h^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \quad (6.6)$$

где  $M$  – расход выбрасываемого в атмосферу вещества, г/с;

$\Delta T$  – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

$V_1$  – полный расход дымовых газов на срезе (устье) трубы, м<sup>3</sup>/с;

$A=160$  – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, определяется климатической зоной;

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

$m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой;

$\eta$  – поправочный коэффициент на рельеф. Если перепад высот в местности размещения источника выбросов не превышает 50 м на 1 км или препятствия удалены более чем на 50 м, то  $\eta = 1$  [26].

Задаем скорость газа на выходе из трубы, при искусственной тяге:

$$\omega_2 = 15 \text{ м/с}$$

Диаметр трубы определяем по формуле (6.7):

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot \omega_0}} \quad (6.7)$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,78}{3,14 \cdot 15}} = 0,388 \text{ м}$$

Принимаем стандартный диаметр для металлической трубы  $D=400$  мм, тогда скорость газа (6.8):

$$\omega_2 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}, \quad (6.8)$$

$$\omega_2 = \frac{4 \cdot 1,78}{3,14 \cdot 0,4^2} = 14,17 \text{ м/с}$$

Принимаем параметр  $A=160$ , параметр  $F=1$  [26].

1) Задаем высоту трубы  $h_1=10$  м и находим значения коэффициентов (6.9):

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{V \cdot \frac{\Delta T}{H}}, \quad (6.9)$$



$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{1,78 \cdot \frac{192,5}{10}} = 2,11 \text{ м/с,}$$

где  $\Delta T = 177 - (-15,5) = 192,5 \text{ К}$

Коэффициент  $n = 1$  при  $v_m \geq 2$ .

Тогда коэффициент  $f$  находим по формуле (6.10):

$$f = \frac{10^3 \omega_o^2 D_o}{H^2 \Delta T}, \quad (6.10)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 14,17^2 \cdot 0,4}{10^2 \cdot 192,5} = 4,17$$

Т.к.  $f = 4,17 \leq 100$ , то коэффициент  $m$  равен (6.11):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad (6.11)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{4,17} + 0,34\sqrt[3]{4,17}} = 0,7$$

Расчетная минимальная высота дымовой трубы:

$$H_1^p = \sqrt{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \frac{M_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{Z}{V \cdot \Delta T}}},$$

$$H_1^p = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot \frac{0,42}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,99 \cdot 192,5}}} = 8,7 \text{ м}$$

2) Задаем высоту трубы  $h_2 = 15 \text{ м}$ , находим значения коэффициентов  $m$  и  $n$ .

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{1,78 \cdot \frac{192,5}{15}} = 1,85$$

Коэффициент  $n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3) \cdot (4,36 - v_m)}$  при  $0,3 < v_m < 2$

					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

$$n = 3 - \sqrt{(1.85 - 0.3) \cdot (4.36 - 1.85)} = 1.028,$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 14.17^2 \cdot 0.4}{15^2 \cdot 192.5} = 1.85$$

Т.к.  $f = 1.85 \leq 100$ , то:

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{1.85} + 0.34\sqrt[3]{1.85}} = 0.82$$

Расчетная минимальная высота дымовой трубы:

$$H_2^p = \sqrt{160 \cdot 1.028 \cdot 1 \cdot 0.82 \cdot \frac{0.42}{0.085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1.99 \cdot 192.5}}} = 9.6 \text{ м}$$

3) Задаем высоту трубы  $h_2=5$  м и находим значения коэффициентов  $m$  и  $n$ .

$$v_m = 0.65 \sqrt[3]{1.78 \cdot \frac{192.5}{5}} = 2.66$$

Коэффициент  $n = 1$  при  $v_m \geq 2$ .

$$f = \frac{10^3 \cdot 14.17^2 \cdot 0.4}{5^2 \cdot 192.5} = 16.6,$$

т.к.  $f = 16.6 \leq 100$ , то:

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{16.6} + 0.34\sqrt[3]{16.6}} = 0.51.$$

Расчетная минимальная высота дымовой трубы:

$$H_3^p = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.51 \cdot \frac{0.42}{0.085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1.99 \cdot 192.5}}} = 7.45 \text{ м}$$

Построим график для определения минимальной высоты дымовой трубы (рисунок 6.1).

						Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

13.03.01.2017.129.10 ПЗ



Рисунок 6.1 – Определение минимальной высоты дымовой трубы

Минимальная высота дымовой трубы  $H = 9$  м.

Принимаем высоту дымовой трубы  $H = 10$  м, тогда:

$$v_m = 2.11,$$

$$f = 4.17$$

т.к.  $f = 4,17 \leq 100$ , то:

$$C_{NO_2} = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \text{ мг/м}^3; \quad (6.12)$$

$$C_{msO_2} = \frac{160 \cdot 0,42 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1}{10^2 \sqrt[3]{1,99 \cdot 192,5}} = 0,065 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{NO_2} = 0,065 \text{ мг/м}^3 \leq \text{ПДК}$$

В результате проведенного конструктивного расчета для котла Logano SK 725-1600 фирмы «Buderus» необходима одна дымовая труба внутренним диаметром 0,4 м и высотой 10 м. Максимальная концентрация оксидов азота в приземном слое  $C_{NO_2} = 0,065 \text{ мг/м}^3$ , что не превышает максимально разовую ПДК этого вещества в атмосферном воздухе.

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

## 7 АВТОМАТИЗАЦИЯ – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА

Для крышной газовой мини – котельной была разработана оптимальная схема автоматизации тепловых процессов

Автоматизация – это применение комплекса средств, позволяющих осуществлять производственные процессы без непосредственного участия человека, но под его контролем. Автоматизация производственных процессов приводит к увеличению выпуска, снижению себестоимости и улучшению качества продукции, уменьшает численность обслуживающего персонала, повышает надежность и долговечность машин, дает экономию материалов, улучшает условия труда и техники безопасности [31].

### 7.1 Обоснование необходимости контроля, регулирования и сигнализации технологических параметров

Регулирование работы котельных агрегатов главным образом сводится к поддержанию оптимального расхода воды через агрегат и заданной температуры на выходе.

Регулирование соотношения газ – воздух необходимо, как чисто физически, так и экономически. Известно, что одним из важнейших процессов, происходящих в котельной установке, является процесс горения топлива. Химическая сторона горения топлива представляет собой реакцию окисления горючих элементов молекулами кислорода. Для горения используется кислород, находящийся в атмосфере. Воздух в топку подается в определенном соотношении с газом посредством дутьевого вентилятора. Коэффициент избытка воздуха составляет  $\alpha = 1,05...1,25$ .

Сигнализация параметров и защиты, действующие на остановку котла физически необходимы, так как котельная полностью автоматизирована. Вследствие этого может возникнуть аварийная ситуация. Например, при повышении давления могут быть повреждены жаровые трубы в котле. Сработавшая без промедления защита предотвратит выход из строя котельного агрегата. При уменьшении нагрузки котельного агрегата интенсивность горения в топке снижается. Горение становится неустойчивым и может прекратиться. В связи с этим предусматривается защита по погашению факела. Надежность защиты в значительной мере определяется количеством, схемой включения и надежностью используемых в ней приборов. По своему действию защиты подразделяются: действующие на остановку котла, снижение нагрузки, выполняющие локальные операции [31].

### 7.2 Автоматика котла и оборудования

Принятая система автоматики обеспечивает:

- автоматическую работу котельной без постоянного обслуживающего персонала;
- регулирование температуры подачи на отопление, вентиляцию в зависимости от температуры наружного воздуха, времени суток и дня недели;

							13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				53

- равномерную наработку насосов и котлов
- автоматический ввод резервного оборудования в работу в случае отключения рабочего
- защиту насосов и котлов от работы в сухую;
- автоматическое поддержание температуры воздуха в котельной;
- автоматическую подпитку системы водопроводной водой.

Система автоматики горелок обеспечивает:

- регулирование подачи газа и воздуха на котел;
- контроль процесса сгорания (погасание факела горелки);
- контроль давления воздуха перед горелкой;
- контроль давления газа перед горелкой;
- контроль герметичности предохранительного клапана

Регулирование температуры воды, поступающей к потребителю, осуществляется регулированием мощностей горелок, Управление горелкой осуществляется контроллером Logomatic на основе кривой с учетом демпфированной наружной температуры и показаний базового датчика.

Поддержание температуры обратной воды, поступающей в котел, обеспечивается за счет подмешивания воды из подающего трубопровода в обратный, подмешивающим насосом.

Для измерения и коммерческого учета количества теплоты, объема и массы теплоносителя установлен теплосчетчик электромагнитный фирмы ВЗЛЕТ

Проектом предусмотрена установка сигнализаторов токсичных и горючих газов СТГ1-1Д10. При превышении загазованности свыше допустимого значения срабатывает предохранительный клапан на газопроводе и отсекает газ на вводе в котельную. Датчик загазованности на метан устанавливается в помещении котельной на расстоянии 0,3 м от потолка в месте наиболее вероятного скопления газа при его утечке.

Детектор угарного газа устанавливается в рабочей зоне на высоте 1,5 м от пола.

Предусмотрен вывод сигналов на пост диспетчера:

- сработал клапан отсекающий;
- неисправность оборудования;
- превышение концентрации угарного газа;
- превышение концентрации газа метана.

Контроллер Logomatic 4311 и горелка со шкафом управления предусматривает автоматическое прекращение подачи топлива к горелке котла:

- при понижении давления воздуха перед горелкой;
- при погасании факелов горелок;
- при повышении или понижении давления воды на выходе из котла;
- при повышении температуры на выходе из котла.

В котельной на узле ввода газопровода предусмотрена установка показывающих приборов по давлению (НМП-52).

Для технологического учета газа предусмотрен измерительный комплекс с электронным корректором ЕК-260.

					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Прокладка кабелей выполнена по стенам в кабель-каналах и лотках. Защита кабелей от механических повреждений при прокладке в полу, при проходе через стены и на высоте до 2,5 м от уровня пола осуществляется стальными водогазопроводными трубами.

Технические характеристики теплосчетчика [41]:

Тепловычислитель ВЗЛЕТ ТСРВ-031 предназначен для измерения тепловой энергии и массы теплоносителя, контроля параметров теплоносителя.

Основные преимущества теплосчетчика:

- компактность;
- высокая надежность, стабильность в течение длительного времени при наличии вибраций трубопровода, изменений температуры и давления рабочей среды;
- сохранение информации при отключенном питании;
- может применяться как на стороне источника теплоты, так и на стороне потребителя;
- может использоваться в локальных и распределительных сетях автоматизированных систем учета и контроля энергии и энергоресурсов.

На рисунке 7.1 изображен общий вид тепловычислителя ВЗЛЕТ ТСРВ-031 [41].



Рисунок 7.1 – Общий вид тепловычислителя ВЗЛЕТ ТСРВ-031

Преобразователи расхода ЭМ и термопреобразователи ВЗЛЕТ ТПС предназначены для измерения и учета количества теплоты, объема и массы теплоносителя, объемного и массового расхода, параметров теплоносителя в обоих направлениях через первичные преобразователи расхода, а также для использования в автоматизированных системах учета, контроля. Результаты измерений и вычислений выводятся на табло тепловычислителя. Теплосчетчик устанавливается на горизонтальном трубопроводе. Термопреобразователи должны устанавливаться с учетом требований ГОСТ 8.563.2-97. Места установки термопреобразователей на трубопроводе и выступающие металлические части самих термопреобра-

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

зователей изолировать. Чувствительные элементы термопреобразователей должны пересекать ось потока. Для защиты термопреобразователей от повышенного давления и скорости потока они монтируются в защитных гильзах, входящих в комплект поставки. Вся поверхность защитной гильзы должна иметь контакт с жидкостью. Перед установкой термопреобразователей защитные гильзы необходимо заполнить трансформаторным маслом.

Теплосчетчик предназначен для эксплуатации в системах теплоснабжения со следующими параметрами теплоносителя:

- вид теплоносителя - холодная и горячая сетевая вода по СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети»;
- диапазон рабочих давлений теплоносителя - от 0 до 2,5 МПа от 0 до 25,0 кгс/см<sup>2</sup>;
- диапазон рабочих температур теплоносителя в трубопроводах от 10 до 150°С;
- диапазон разностей температур теплоносителей в подающем и обратном трубопроводах от 0 до 150 °С.

Теплосчетчик обеспечивает:

- предел допускаемой относительной погрешности измерения тепловой энергии
  - 1)разность температур воды 3°С ± 10°С ±6%;
  - 2)разность температур воды 10°С ± 10°С ±5%;
  - 3)разность температур воды 20°С ± 10°С ±4%;
- предел допускаемой относительной погрешности измерения массы воды (т) ±2%;
- предел допускаемой относительной погрешности измерения объема воды (м<sup>3</sup>/ч) ±2%;
- предел допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры не более ± (0,35 – 0,005t) °С;
- предел допустимой погрешности разности температур ±(0,12-0,001 t) °С;
- предел допускаемой приведенной погрешности измерения давления теплоносителя, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);
- предел допускаемой относительной погрешности измерения времени работы (час) ± 0,02%.

### 7.3 Охранно-пожарная сигнализация

Система охранной сигнализации предназначена для обнаружения несанкционированного проникновения в охраняемое помещение посторонних лиц. Объем помещений контролируется при помощи извещателей типа (ИО-307-2). Двери блокируются на открывание извещателем ИО-102-20.

Система пожарной сигнализации предназначена для своевременного обнаружения возгорания или задымленности в помещении котельного зала. Пожарная

						13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			56

сигнализация выполнена при помощи дымовых извещателей ИП 212/101-2 и ручных извещателей ИПР-ЗСУ.

Оповещение о пожаре выполнено при помощи сирены БЛИК-ЗС-12.

Для управления охранно-пожарной сигнализацией и оповещением о пожаре в помещении котельной установлен прибор приемно-контрольный охранно-пожарный Астра 712/4 [41].

					<i>13.03.01.2017.129.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57



## 8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 8.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ)

В ВКР рассмотрена газовая крышная мини – котельная предназначенная для теплоснабжения многоквартирного дома, котельная находится на крыше трехэтажного офиса. Проект котельной произведен согласно требованиям СНиП П-35-76 «Котельные установки». Котельная является водогрейной с температурой воды на выходе из котла  $95^{\circ}C$ , на входе в котел  $70^{\circ}C$ . Котельная полностью автоматизирована, без постоянного дежурного персонала. Сигнал о неполадках в работе котельной передается на диспетчерский пункт. Персонал диспетчерского пункта должен быть обучен и способен передать информацию соответствующим организациям, обслуживающим котельную и газовое хозяйство котельной по договору. Ремонт занимается слесарь – ремонтник.

В соответствии с ГОСТ 12.0.002-80 ССБТ "Опасные и вредные производственные факторы", на слесаря – ремонтника оказывают влияние следующие опасные и вредные факторы:

- физические:

- 1) температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение, основными источниками которого являются поверхности котлов и трубопроводов, излучающие энергию инфракрасного спектра;
- 2) шум, источником которого являются работающее основное и вспомогательное оборудование;
- 3) вибрация, источником которой являются, работающие дымососы, вентиляторы, насосы;
- 4) освещение – естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность, прямая и отраженная слепящая блескость, пульсация освещенности).

- химические; к группе химических ОВПФ по характеру воздействия на организм человека относят такие вещества как, оксиды углерода и оксиды азота.

- психофизиологические:

а) Напряженность труда

1. сменность труда
2. монотонность труда
3. эмоциональные нагрузки
4. умственное перенапряжение анализаторов слуха

б) Тяжесть труда:

1. физические нагрузки
2. статическая нагрузка
3. динамическая нагрузка

Травмоопасные:

- возможность поражения теплоносителем с высокой температурой
- возможность падения с высоты
- возможность поражения электрическим током.

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.129.10 ПЗ					

Объекты, которые могут стать причиной травмирования работника:

- ручная запорная арматура;
- электрифицированные задвижки, электродвигатели;
- горячие трубопроводы, нагретые металлические конструкции, нагретые элементы оборудования, крышка котла;
- гладкие или скользкие лестницы, низкие ограждения, различные предметы.

Возможные аварийные ситуации:

- разрыв трубопровода вследствие повышения давления, образования свищей или усталости труб
- взрыв котла или образование в нем дыр или трещин [4].

## **8.2 Нормирование факторов рабочей среды и трудового процесса. Организация мероприятий защиты.**

### **Воздух рабочей зоны**

Работа слесаря - ремонтника основного и вспомогательного оборудования котельной по энергетическим затратам организма относится к категории Пб (средняя тяжесть). Работы производятся в производственном помещении с выделением тепла. Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия, являются:

СанПиН 2.2.4.548-96 – Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ – Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» установлены следующие ПДК:

- оксид углерода (CO<sub>2</sub>): класс опасности – 4, ПДК – 20 мг/м<sup>3</sup>;
- оксиды азота (NO<sub>2</sub>): класс опасности – 3, ПДК – 5 мг/м<sup>3</sup>;
- диоксид азота (N<sub>2</sub>O): класс опасности – 3, ПДК – 2 мг/м<sup>3</sup>.

Фактические значения концентрации окиси углерода и окиси азота в котельной не превышает ПДК.

При температурах воздуха более 30 °С и значительном тепловом излучении от нагретых поверхностей, наступает нарушение терморегуляции организма, что может привести к перегреву организма. Наблюдается нарастающая слабость, головная боль, шум в ушах, искажение цветного восприятия, повышается температура тела, в тяжелых случаях наступает тепловой удар.

Неправильная эксплуатация котла может привести к его разгерметизации или появлению трещин в котле, что, в свою очередь, может привести к выбросам окислов азота выше предельно-допустимой концентрации. Воздействие этих веществ на организм человека в течение длительного времени может вызвать патологические изменения.

При увеличении в воздухе концентрации углекислого газа, возникает повышенная утомляемость, головная боль. Оксиды азота оказывают раздражающее

					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

воздействие на слизистые оболочки глаз, носа и остаются в легких в виде азотной или азотистой кислот.

Для нормальной жизнедеятельности человека существенное значение имеет чистый естественный воздух, без примеси пыли, вредных аэрозолей, газов и паров. Повышенная загазованность рабочей зоны приводит к отравлению организма.

## Микроклимат

Согласно ГОСТ 12.1.005-88г., микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры влажности и скорости движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей. Если сочетание этих параметров не является оптимальным для организма человека, может быть нарушено функциональное и тепловое состояние человека, причем это будет сопровождаться напряжением реакций терморегуляции ухудшением самочувствия. Микроклимат измеряют следующими приборами:

- температуру – обычным термометром;
- влажность – психрометром, гигрометром;
- скорость движения воздуха – аниометром.

Замер осуществляется следующим образом - включают одновременно аниометр и секундомер на 1 – 1,5 минуты и по их показаниям вычисляют скорость воздуха. Значительное отклонение микроклимата рабочей зоны от оптимального может быть причиной ряда физиологических нарушений в организме работающего, привести к резкому снижению работоспособности и даже к профессиональным заболеваниям.

Нормативные и фактические параметры микроклимата для работ категории Пб приведены в таблице 8.1

Таблица 8.1 - Нормативные и фактические параметры микроклимата

Период	Категории	Температура	Влажность	Скорость
		<sup>0</sup> С	%	> воздуха
		Допустимая	Допустимая	Допустимая
Холодный	Пб	13 – 23	75	≤ 0,4
Теплый	Пб	15 – 29	70 при 25 <sup>0</sup> С	0,2 – 0,5

Интенсивность теплового облучения обслуживающего персонала от нагретых поверхностей технологического оборудования не должна превышать 100 Вт/м – при облучении не более 25% поверхности тела. Интенсивность теплового облучения обслуживающего персонала от открытых источников (нагретый металл, «открытое» пламя и др.) не должна превышать 140 Вт/м, при этом облучению не

должно подвергаться более 25% тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств для лица и глаз.

Для обеспечения нормативных параметров микроклимата в котельном цехе используется приточно-вытяжная вентиляция с естественной циркуляцией. Поверхности оборудования покрыты минеральной ватой для снижения избыточной теплоты, выделяемой в помещении котельной.

Возможность поражения теплоносителями с высокой температурой возникает в результате неправильного расчета и выбора толщины изоляции, когда температура на поверхности изоляции превышает 45°C; наличия неизолированных частей трубопроводов, технической неграмотной эксплуатации оборудования. Согласно санитарным нормам во избежание ожогов ремонтного персонала, все горячие поверхности котла должны иметь температуру не выше +45°C, оболочки теплоизоляции трубопроводов не выше +35°C.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты - спецодежда, рукавицы. Температура на поверхности изоляции при температуре окружающего воздуха 25°C не должна превышать 45°C. Окраска и надписи на трубопроводах должны соответствовать правилам Ростехнадзора России и ГОСТ 14202-69 «Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркированные щитки».

Для защиты обслуживающего персонала от воздействия тепловой энергии необходимы следующие мероприятия:

- все тепловыделения уменьшить путем использования тепловой изоляции;
- осуществлять автоматический контроль за оптимальной температурой;
- рационализация режимов труда и отдыха. Это достигается сокращением продолжительности рабочей смены, ведением дополнительных перерывов, созданием условий для эффективного отдыха в помещениях с нормальными метеорологическими условиями;
- использование средств индивидуальной защиты: спецодежды, спецобуви, средств защиты рук и головных уборов. При небольшой интенсивности теплооблучения используются хлопчатобумажные ткани.

## Световая среда

Недостаток или отсутствие освещения приводит к уменьшению работоспособности, сонливости, потере зрения и к травматизации персонала.

Для обеспечения нормальных условий труда все производственные, вспомогательные, бытовые помещения, проходы и некоторые участки территории предприятия должны освещаться. Гигиенические требования к производственному помещению могут быть сведены к следующим:

- уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам;
- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении во избежание частой переадаптации и утомления зрения.

					<i>13.03.01.2017.129.10 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Освещение в производственных зданиях может осуществляться естественным и искусственным светом. При недостаточном естественном освещении используется совмещенное освещение.

Естественное освещение осуществляется через окна в боковых стенах и через верхние световые проемы. Искусственное освещение предназначено для освещения рабочих поверхностей в темное время суток или при недостаточности естественного освещения.

Искусственное освещение создается источниками света (лампами накаливания или газоразрядными лампами) и подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное. Для рабочего и дежурного освещения используются газоразрядные лампы («энергосберегающие лампы»), т.к. они имеют приятный для глаза цвет и оказывают минимальную нагрузку на зрительные органы. В качестве аварийного, эвакуационного освещения используются лампы накаливания.

Искусственное освещение бывает двух видов:

- общее искусственное освещение - для освещения всего помещения. Создает условия для выполнения работы в любом месте освещаемого пространства.
- местное искусственное освещение - для освещения рабочих поверхностей.

Рациональное искусственное освещение должно обеспечивать нормальные условия для работы персонала.

Согласно СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» освещенность на постоянном рабочем месте должна составлять 200 лк; если на щитах контроля используются приборы с подсвеченной шкалой то - 50 лк; в коридорах и на лестницах не менее 5 лк.

Аварийное освещение предназначается для продолжения работы в случае аварии, когда отключение рабочего освещения может привести к нарушению работы электростанции. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения.

Помимо рабочего освещения предусмотрено аварийное освещение от источников питания, независимых от общей электроосвещенности.

### **Виброакустические факторы**

Работа оборудования промышленных установок сопровождается колебаниями элементов конструкций, сотрясениями, которые называются вибрацией. К такому оборудованию относятся насосы, работа передвижных механизмов и агрегатов, ручное оборудование.

В производственных условиях длительное воздействие вибрации приводит к различным нарушениям здоровья человека. Вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на нервную систему человека, наступают изменения в сердечно-сосудистой системе, вестибулярном аппарате, нарушается обмен веществ. При большой интенсивности и в определенном диапазоне частот вибрация может вызвать разрыв тканей, сотрясение мозга. Наиболее опасны для организма человека вибрации, частоты которых совпадают с частотами собственных колебаний тела

					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

человека и его внутренних органов, так как такие вибрации могут вызвать резонансные явления в организме человека. От постоянной вибрации у человека возникает раздражимость и виброзаболевания, сужение сосудов в конечностях, спазмы и уменьшение кровоснабжение в конечностях. Нормы вибрации приводятся в ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрация. Общие требования безопасности». Для оценки вибрации используют относительные единицы децибела, характеризующие уровень виброскорости относительно минимального, едва различимого ее значения, называемого пороговым. Нормы установлены при длительности воздействия 4 – 8 часов. В помещении котельной действует общая вибрация с частотой от 4 до 31,5 Гц. Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека. Общую вибрацию подразделяют на действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_0, Y_0, Z_0$ , где  $X_0$  (от спины к груди) и  $Y_0$  (от правого плеча к левому) – горизонтальные оси, направленные параллельно опорным поверхностям;  $Z_0$  – вертикальная ось, перпендикулярная опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом и т.п.

В нашем случае общая вибрация категории 3А. Параллельно допустимый уровень – 92 дБ. Для локальной вибрации по оси X – 112 дБ. По частотному составу преобладает среднечастотная вибрация (8 – 16 Гц). По временным характеристикам – вибрация постоянная. Постоянные вибрации – это величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения.

Существует несколько способов защиты от вибрации:

1 Уменьшение возбуждающих вибрацию сил в самом ее источнике (достигается применением балансировки, регулярного контроля виброхарактеристик)

2 Вибропоглощение (осуществляется рассеиванием энергии колебаний на преодоление сил трению).

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

4 Виброизоляция (осуществляется виброизоляторами с большим внутренним трением, которые устанавливаются на пути распространения вибрации). Пневматические демпферы, пружины, применение индивидуальных средств защиты от вибрации (виброгасящие ботинки, рукавицы).

В качестве виброизоляторов применяют гибкие вставки в трубопроводах, прокладки из резины, войлок, асбест, стальные пружины и т.п.

Котел и вспомогательное оборудование размещены с учетом создания минимальных уровней вибрации на рабочих местах. Опоры трубопроводов выполнены гибкими, с пружинами. Все агрегаты установлены на самостоятельном фундаменте, виброизолированном от пола и конструкции здания, либо на специальных амортизаторах в виде стальных пружин или упругих прокладок из резины. Между стенами несущих блоков и каркасом здания также установлены демпфирующие прокладки.

Для исключения контакта работающих с вибрирующими поверхностями за пределами рабочей зоны необходимо опасные с точки зрения вибрации участки выделить ограждениями, надписями, предупреждающими знаками, окраской и т.п.

										13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							63

Большое значение имеет установление рациональных режимов труда и отдыха. Рекомендуется, чтобы общее время контакта с вибрирующими машинами, вибрация которых соответствует допустимым уровням, не превышает 2/3 рабочего дня, а непрерывная продолжительность воздействия вибрации, включая микропаузы, 15 – 20 мин.

Для обеспечения вибрационной безопасности труда должен быть организован эффективный контроль за соблюдением установленных норм и требований.

#### Производственный шум

Источником механического шума в котельном цехе являются насосы с приводом от электродвигателя, дымососы, дутьевые вентиляторы. Шум электрических машин образуется при одновременном действии следующих составляющих шумом: магнитный, то есть колебания ротора и статора под действием магнитных сил; аэродинамический - вращение ротора и движение воздушных потоков; механический - вибрация деталей и узлов машины. В трубопроводах и насосах может возникнуть кавитация. Кавитационный шум проявляется даже на ранней стадии кавитации.

Согласно нормативным значениям ПДУ шумов (ГОСТ 12.1.003-83) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятия уровень звука не должен превышать 80 дБА.

Шум ухудшает точность выполнения работ, затрудняет прием и восприятие информации, способствует быстрой утомляемости.

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к следующим негативным последствиям:

- сильное снижение остроты слуха и зрения;
- повышение кровяного давления;
- снижение внимания;
- кроме того, негативно влияет на нервную и сердечно - сосудистую систему.

Согласно ГОСТ 12.1.029-80г. «ССБТ средства и методы защиты от шума. Классификация», защита рабочего персонала от шума осуществляется индивидуальными средствами защиты.

Основными источниками механического шума машин и механизмов являются зубчатые передачи, подшипники, соударяющиеся металлические элементы и т.п. снизить шум зубчатых передач можно повышением точности их обработки и сборки, заменой металлических шестерен. К снижению шума подшипников приводит тщательность изготовления, плотная посадка на цапфы вала и в гнезда щитов без перекосов и защемлений снижают шум подшипников и различные смазки и присадки. Меньший шум создают подшипники скольжения.

Источником шума в котельном отделении являются электродвигатели собственных нужд, дымососы, вентиляторы, трансформаторы движение среды в трубах с большой скоростью, резкие перепады давления в трубопроводе, работа предохранительных клапанов и др. Проектом предусмотрено согласно ГОСТ 12.1.029.80 защита от шума строительно-акустическим методом:

- звукоизоляция ограждающих конструкций;
- звукопоглощающая конструкция и экраны;

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.129.10 ПЗ					

- глушители шума, звукопоглощающие обмуровки газоздушных трактов, вентиляционных систем.

Проектом предусмотрено согласно ГОСТ 12.1.029.80 защита от шума строительно-акустическим методом:

- звукоизоляция ограждающих конструкций;
- звукопоглощающая конструкция и экраны,-
- глушители шума, звукопоглощающие обмуровки газоздушных трактов, вентиляционных систем.

Звукоизоляция является одним из наиболее эффективных и распространенных методов снижения производственного шума на пути его распространения. Для этого используются звукоизолирующие кожухи и преграды из плотных твердых материалов, от которых звуковая энергия хорошо отражается в сторону источника. Однако звуковая энергия не только отражается, но и проникает через него, что вызывает колебания ограждения, которое само становится источником шума. Поэтому, чем жестче и массивнее преграда, тем выше ее изолирующая способность. С помощью звукоизолирующих преград легко снизить уровень шума на 30...40 дБ. Снижение уровня шума методом звукопоглощения основано на переходе энергии звуковых колебаний частиц воздуха в теплоту вследствие потерь на трение в порах звукопоглощающего материала. Чем больше звуковой энергии поглощается, тем меньше ее отражается обратно в помещение. Звукопоглощением можно снизить уровень шума на 6... 12 дБ. Таким образом, эффективную защиту от шума можно осуществить только путем совместного использования звукоизоляции и звукопоглощения.

Для ослабления низкочастотных шумов применяются панельные конструкции. При совпадении частот собственных колебаний панели и звуковой волны происходит наибольшая потеря звуковой энергии. Для этой цели используют перфорированные панели обшивки, отверстия в них являются резонаторами. Панели располагают на расстоянии 80-100 мм от стены. Такими панелями обшиты помещения, где расположены центральные тепловые щиты. Для уменьшения шума гидравлического происхождения скорость воды в трубопроводах принимается в пределах величин, при которых возникающий шум не будет превышать допустимый уровень.

Зоны с уровнем шума более 80 дБ должны быть обозначены знаком безопасности. Работающий в этих зонах персонал, обязан использовать СИЗ (средства индивидуальной защиты). Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнем шума свыше 135 дБ. СИЗ позволяют снизить уровень воспринимаемого звука на 10 - 45 дБ. К средствам индивидуальной защиты можно отнести противозумные наушники, вкладыши. Для создания комфортных условий труда персонала, щиты управления вынесены в отдельные помещения. Это позволяет обеспечить аэрацию и звукоизоляцию помещения щита управления.

### **Тяжесть и напряженность трудового процесса**

Тяжесть трудового процесса — физическая динамическая нагрузка, статическая нагрузка:

- физическая, динамическая нагрузка (региональная - перемещение до 1 м);

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.129.10 ПЗ					



- масса, поднимаемого и перемещаемого груза;
- общее число стереотипных рабочих движений;
- форма рабочей позы (свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя), нахождение в позе стоя до 40 % времени смены);
- степень наклона корпуса;
- перемещение в пространстве.

Напряженность труда - характеристика трудового процесса, отражающая нагрузку на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

К факторам напряженности относятся:

- интеллектуальные нагрузки (принятие решений, выполнение задач по инструкции; восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций);
- сенсорные нагрузки (сосредоточенное наблюдение во время смены за работой оборудования и режимами работы, наблюдение за параметрами на экране монитора и за параметрами на контрольно-измерительных приборах и автоматике);
- эмоциональные нагрузки (степень ответственности за результат собственной деятельности, значимость ошибки, степень риска для собственной жизни, степень ответственности за безопасность других людей);
- степень монотонности нагрузки;
- режим работы [6,8].

### **8.3 Безопасность производственных процессов и оборудования**

Движущиеся и вращающиеся части механизмов могут вызвать механическое повреждение тела человека при попадании частей тела человека в поле действия частей механизмов.

Причинами травм от вращающихся механизмов и падения с высоты могут явиться отсутствие ограждающих кожухов вращающихся и двигающихся частей, предупреждающих и запрещающих плакатов, ограждений, поручней и лестниц. Также возможны получения травм из-за падающих с высоты предметов. Средствами индивидуальной защиты персонала в этом случае являются шлемы и каски (ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ).

Наиболее распространенными причинами возникновения аварийных ситуаций, повреждения оборудования, в результате которых может быть создана травмоопасная ситуация, являются:

- повышение давления, температуры, гидроудары, возникающие вследствие резких перепадов давления теплоносителя;
- неисправность автоматики котельного агрегата или неверный расчет, который может привести к нарушению прочности его стенок;

При повышении давления среды внутри сосудов, трубопроводов выше допустимого возможны разгерметизация и выброс среды в помещение, что может привести к ожогам, отравлениям. Утечки газа могут приводить к общему отравлению организма, вызывать удушье. Кроме того, в определенных концентрациях газоз-воздушная смесь является взрывоопасной.

					<i>13.03.01.2017.129.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

Аварии с сосудами, работающими под давлением, в большинстве случаев происходят в результате повреждения стенок и днищ, срыва болтов, крепящих крышки и люки, поэтому материалы и крепежные детали сосудов должны точно соответствовать установленным требованиям правил безопасности.

Сосуды оборудуют приборами для измерения давления и температуры среды, предохранительными клапанами, запорной арматурой, указателями уровня жидкости. Если в сосуде с паровой средой возможно скопление конденсата, то его оборудуют дренажным устройством для предотвращения гидроударов.

Сосудами, работающими под давлением, называются герметически закрытые емкости, предназначенные для ведения в них химических и тепловых процессов. Наиболее частыми причинами разрушения таких сосудов являются: недостатки конструкции, превышение допустимого давления, потеря механической прочности материала сосуда вследствие коррозии, внутренних дефектов, местных перегревов и других причин, неисправность защитных устройств, неправильная эксплуатация [ПБ 10-115-96«Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»].

При эксплуатации сосудов, работающих под давлением, основное требование безопасности заключается в точном соблюдении норм технологического режима. Для этого необходим правильный выбор и поддержание в исправном состоянии контрольно-измерительных приборов, запорной арматуры и предохранительных устройств.

Во время эксплуатации и ремонтов трубопроводов горячей воды возможны ожоги горячей водой при разрыве трубопроводов.

Трубопроводы при нагревании имеют свойства удлиняться, а при охлаждении укорачиваться. Для обеспечения свободного удлинения трубопровода, часть его опор делают неподвижными. На прямых участках трубопроводов монтируют компенсаторы температурных расширений.

Трубопроводы пара и горячей воды покрывают слоем тепловой изоляции. В процессе эксплуатации трубопроводов контролируют ползучесть металла труб, толщину их стенок, состояние тепловой изоляции, опор и подвесок, фланцевых соединений и уплотнений арматуры, а также линейные перемещения опор.

### **Электробезопасность**

Основными потребителями электроэнергии являются насосы, задвижки, оборудованные электродвигателями.

Действующим нормативным документом является:

ГОСТ 12.1.019 ССБТ "Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты".

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ "Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжения прикосновений и токов" не должны превышать следующих значений:

Переменный ток,  $n = 50$  Гц,  $U < 2$  В,  $Y < 0,3$  мА.

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.129.10 ПЗ					

Напряжения прикосновения и токи при аварийных режимах работы электроустановок напряжением до 1000 В и частоте 50 Гц.

Для защиты персонала от попадания под опасное для жизни напряжение при повреждении изоляции выполняется защитное зануление. В качестве проводников используются стальные трубы и нулевые проводники электропроводки, имеющие надежное соединение с нейтралью трансформаторов посредством нулевых жил питающих кабелей.

В качестве молниеотводов и заземлителей используется арматура колонн и фундаментов.

Заземлению подлежат корпуса электрических машин, приводы электрических аппаратов, каркасы распределительных щитов, металлические кабельные конструкции, стальные трубы электропроводок, лотки, короба, тросы.

### **Пожаровзрывобезопасность**

Действующим нормативным документом является ГОСТ 12.004.91 «Пожарная безопасность. Общие требования»

При эксплуатации и ремонте котельной необходимо соблюдать все требования противопожарной безопасности. Возникновение пожаров, как правило, является следствием небрежного обращения с огнем, неправильного хранения горючих и легковоспламеняющихся материалов, а также вследствие неисправности электропроводки.

Для предотвращения пожаров следует содержать в исправности электропроводку, не допускать захламления помещений, территорий и рабочих мест. В помещении котельной должны быть установлены противопожарные приспособления и устройства: пожарные краны с брандспойтами и шлангами, огнетушители, ящики с песком и другой противопожарный инвентарь согласно нормам и правилам противопожарной охраны.

Легковоспламеняющиеся материалы (бензин, керосин, спирт, масла) хранит в помещении котельной запрещается. Небольшие количества этих материалов в пределах не более недельного постоянного эксплуатационного расхода разрешается хранить в котельной в специальных кладовых в прочной металлической таре. Смазочные масла в количестве суточной потребности могут храниться вблизи рабочих мест, в специальных металлических бочках и масленках. Нитрокраски, ди-хлорэтан и другие особо опасные в пожарном отношении вещества содержать в кладовых котельной запрещено. Хранение указанных материалов должно производиться в специальных кладовых вне здания котельной. На дверях этих кладовых должны быть сделаны надписи «С огнем не подходить».

Способы и средства тушения пожара разнообразны. Самое распространенное средство – это вода. Однако не всякий пожар можно тушить водой. Водой нельзя тушить горящий карбид кальция, легковоспламеняющиеся жидкости, а также электроустановки и электропроводку. Для тушения возникшего от этих материалов пожара применяют густопенные и углекислотные огнетушители. В случае небольших очагов пожара используют сухой, чистый и просеянный песок.

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

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

Для тушения одежды на человеке, а также огня на небольших поверхностях применяют противопожарные одеяла – асбестовое плотно, брезент, кошму и т.п.

Пожарный инвентарь (топоры, багры, лопаты, ломы, ведра и др.) должны вывешиваться на видном месте и использоваться для ликвидации пожара. В случае возникновения в котельной пожара обслуживающий персонал должен немедленно вызвать пожарную охрану и принять все меры к его тушению. При пожаре в котельной с котлами, работающими на газообразном топливе, нужно немедленно остановить работу котлов и отключить газопровод котельной с помощью задвижки, установленной вне помещения котельной.

Котельная по пожаровзрывоопасности относится к категории «Г» согласно ГОСТ 12.1.004-89 (2001), степень огнестойкости здания 2 согласно СНиП 21-01-97. В здании котельной имеются запасные выходы для быстрой эвакуации людей. Котлы и газоходы для уменьшения последствий возможных хлопков и взрывов оборудованы взрывными предохранительными клапанами [3-6,45].

#### 8.4 Эргономика производства, эстетика, культура

Наибольшая работоспособность и хорошее самочувствие проявляются у человека в комфортных условиях работы, ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ «Общие эргономические требования». Для слесаря – ремонтника нет постоянного рабочего места в котельной, он работает с тем оборудованием, которое сломалось. Поэтому оборудование должно быть скомпоновано так, чтобы работнику было удобно ремонтировать одно оборудование, а другое не создавало помех и не стесняло его действия.

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.129.10 ПЗ					

## 9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Автономная котельная – экономически обоснованная альтернатива центральному теплоснабжению. Котельная работает в автоматическом режиме и не требует постоянного присутствия дежурного персонала.

В расчете сравниваются два варианта:

I - котельная общей производительностью 2,92 МВт;

II - теплоснабжение здания от тепловых сетей.

Цена 1 Гкал, отпускаемой на отопление и ГВС 926,38 рублей без НДС [51].

Цель проведения расчета – выяснить эффективность автономной отопительной котельной.

Оценка эффективности производится по капитальным вложениям в строительство новой крышной котельной и капитальным вложениям в строительство теплотрассы от действующей котельной.

Производится расчет стоимости 1Гкал от новой крышной котельной и сравнивается с ценой 1 Гкал, отпускаемой на отопление действующей котельной.

Действующая котельная находится в 5 км от многоквартирного дома, возможность подключения к действующим тепловым сетям находится в 2 км от дома.

### 9.1 Капитальные вложения в строительство новой котельной

Сметные затраты на оборудование представлены в таблице 9.1 [38, 40,41,43].

Таблица 9.1 - Спецификация оборудования котельной

Наименование	Кол-во	Цена, тыс.руб.	Сумма, тыс.руб.
1	2	3	4
Основное оборудование			
1. Котел Logano SK 725 фирмы "Buderus"	2	989,00	1978,00
2. Горелка газовая 2-х ступенчатая G8/1-D «Weishaupt» (Германия)	2	553,60	1107,20
3. Циркуляционный насос TP 125-130/4	2	155,00	310,00
4. Насос подпиточный СН 2-30	2	9,07	18,13
5. Насос котлового контура UPS 50-60/2F	2	28,83	57,66
6. Расширительный мембранный бак на котел Reflex N300/6	2	19,69	39,38

Продолжение таблицы 9.1

1	2	3	4
7. Расширительный мембранный бак на котел Reflex G2000	2	253,00	506,00
8. Бак подпиточной воды ATV 2000	1	14,90	14,90
9. Автоматическая установка ХВО	1	63,00	63,00
Итого по основному оборудованию:	-	-	4094,27
Автоматика			
10. Реле давления КР1-35	2	2,75	5,50
11. Термометр ТБ-2Р	6	1,40	8,4
12. Реле контроля уровня 5ТТЗ 430	1	1,60	1,6
13. Электропривод для линейных клапанов	3	12,70	38,1
14. Электропривод на клапан отопления	1	6,65	6,65
Итого по автоматике	-	-	58,53
Арматура			
15. Затвор дисковый поворотный Д200	4	3,80	15,20
16. Затвор дисковый поворотный Д125	6	2,10	12,60
17. Затвор дисковый поворотный Д65	2	1,10	2,20
18. Затвор дисковый поворотный Д50	4	0,90	6,60
19. Кран шаровый Д25	15	1,14	17,10
20. Клапан обратный Д125	2	3,90	7,80
21. Клапан обратный Д50	2	2,18	4,36
22. Фильтр фланцевый сетчатый Д200	1	19,50	19,50
23. Предохранительный клапан	4	1,65	6,60
Итого по арматуре	-	-	91,96
Газовая часть котельной			
24. Сигнализатор загазованности на СО	1	60,65	60,65
25. Сигнализатор загазованности на метан	1	4,05	4,05
26. Кран газовый полнопроход. муфтовый Д15	5	0,07	0,35
27. Кран газовый полнопроходной фланцевый	4	8,15	32,6
28. Клапан отсечной электромагнитный	1	49,00	49,00
29. Клапан термозапорный КТЗ	1	55,56	55,56
30. Счетчик газа Д80	2	66,65	133,30
31. Счетчик газа Д100	1	100,00	100,00
32. Фильтр газовый	1	3,76	3,76
Итого по газовой части	-	-	439,27
Итого по котельной	-	-	4685,75

Итого по всему оборудованию: 4685,75 тыс.руб.

Капитальные затраты по I варианту представлены в таблице 9.2 (данным ООО «ПКБ»).

					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Таблица 9.2 – Капитальные затраты по I варианту

Статьи расхода	Затраты, тыс. руб.
1	2
1. Проектные работы	200,00
2. Стоимость оборудования	4685,75
3. Монтажные работы	1320,00
4. Транспортные расходы	148,00
5. Пусконаладочные работы	160,00
Итого:	6513,75

### 9.2 Капитальные вложения в строительство теплотрассы от действующей котельной

Затраты для составления спецификации материалов представлены в таблице 9.3 [47].

Таблица 9.3 – Спецификация материалов

Наименование	Кол-во	Цена, тыс.руб.	Сумма, тыс.руб.
1	2	3	4
1. Труба толстостенная 159х6 ст. 20 ГОСТ 8732-78	90,56 т	64,80	5868,29
2. Лотки железобетонные	334 шт	9,80	3273,20
3. Изоляция труб	4000 м	0,59	2360,00
4. Запорная арматура	6 шт	7,20	43,20
Итого:	-	-	11544,69

Итого по всем материалам : 11544,69 тыс.руб.

Капитальные затраты по II варианту представлены в таблице 9.4 (по данным ООО «ПКБ»)

Таблица 9.4 – Капитальные затраты по II варианту

Статьи расхода	Затраты, тыс.руб.
1	2
1. Проектные работы	100,00
2. Стоимость оборудования	11544,69
3. Монтажные работы	2000,00
4. Транспортные расходы	100,00
Итого:	13744,69

Капитальные затраты по I варианту – 6513,75 тыс.руб.  
Капитальные затраты по II варианту – 13744,69 тыс.руб.

Вывод: строительство крышной котельной обходиться дешевле, чем строительство теплотрассы.

### 9.3 Определение себестоимости вырабатываемого тепла

Основной технико – экономический показатель работы котельной стоимость вырабатываемой единицы тепловой энергии. Себестоимость 1 Гкал тепла определяется по формуле (9.2):

$$a = \frac{\sum C}{Q_{год}}, \text{ тыс.руб./Гкал,} \quad (9.2)$$

где  $\sum C$  - годовые эксплуатационные затраты, тыс.руб.,

$Q_{год}$  - годовой отпуск тепла, Гкал,

$$Q_{год} = 36,242 \cdot 10^6 \frac{MВт}{год} = 8649,64 \frac{Гкал}{год}$$

Годовые эксплуатационные затраты включают в себя следующие статьи:

1. Затраты на топливо
2. Амортизационные отчисления
3. Затраты на электроэнергию
4. Затраты на воду для подпитки
5. Затраты на текущий ремонт

Затраты на топливо:

Стоимость годового расхода топлива вычисляется по формуле (9.3), тыс.руб/год:

$$\mathcal{E}_{мон} = B_{год} \cdot C_{мон} \quad (9.3)$$

где  $B_{год}$  - годовой расход топлива, м<sup>3</sup>/год

$C_{мон}$  - тариф на топливо, руб/м<sup>3</sup>,

$C_{мон} = 3,1 \text{ руб.м}^3$  (по данным «Газпром газораспределение Уфа»)

$$\mathcal{E}_{мон} = 1629360 \cdot 3,1 = 5051,09 \text{ тыс.руб./год}$$

									Лист
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.129.10 ПЗ



Амортизационные отчисления:

Норма отчислений на амортизацию котельных установок при работе на природном газе 6,33

$$C_{амор} = 4485,75 \cdot 0,0633 = 283,94 \text{ тыс.руб./год}$$

Затраты на электроэнергию:

Затраты на электроэнергию вычисляются по формуле (9.4):

$$\mathcal{E}_{эл.эн.} = N \cdot C_{эл.эн.} \quad (9.4)$$

где  $C_{эл.эн.}$  -тариф на электроэнергию;  $C_{эл.эн.} = 2,74$  руб./кВт·ч (по данным ООО «ЭСКБ»);

$N_{год}$  - годовая суммарная мощность электродвигателей, электромеханизмов, приборов КИП и автоматики.

$$\mathcal{E}_{эл.эн.} = 45868 \cdot 2,74 = 125,67 \text{ тыс.руб/год}$$

Затраты на использованную воду вычисляется по формуле (9.5):

$$\mathcal{E}_{вод} = G_{вод} \cdot C_{вод} \quad (9.5)$$

где  $G_{вод}$  -годовой расход воды из городского водопровод,  $м^3$

$C_{вод}$  -тариф на воду, руб/ $м^3$ ,  $C_{вод} = 14,77$  руб./ $м^3$  по данным ООО «Водоконал»

Расход воды из городского водопровода производится только на подпитку тепловых сетей и составляет в год  $200м^3$

$$\mathcal{E}_{вод} = 200 \cdot 14,77 = 2,95 \text{ тыс.руб./год}$$

Затраты на текущий ремонт:

Для сравнительных расчетов эти затраты рекомендуется принять равными 16% затрат на амортизацию, т.е.

$$C_{тр} = 0,16 \cdot C_{амор} \quad (9.6)$$

$$C_{тр} = 0,16 \cdot 283,94 = 45,43 \text{ тыс.руб./год}$$

										Лист
										74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

Расчет стоимости тепловой энергии сведем в таблицу 9.5.

Таблица 9.5 – Расчет стоимости тепловой энергии

Статьи затрат	Затраты, тыс.руб./год	Затраты, руб./Гкал
1	2	3
1. Затраты на топливо	5051,09	583,90
2. Амортизационные отчисления	283,94	32,80
3. Отчисления в ремонтный фонд	45,43	5,25
4. Затраты на электроэнергию	125,67	14,5
5. Затраты на использованную воду	2,95	0,34
Итого прямые затраты	5508,99	636,79
Стоимость 1 Гкал вырабатываемого тепла, руб./Гкал	-	636,79

$I_1 = 636,79$  руб./Гкал – себестоимость 1 Гкал вырабатываемого тепла от проектируемой крышной котельной

$I_2 = 926,38$  руб./Гкал – себестоимость 1 Гкал тепла от тепловых сетей [51].

$$I_1 < I_2$$

Вывод: Себестоимость 1 Гкал вырабатываемого тепла от новой автономной крышной котельной получилась меньше стоимости 1 Гкал от городских тепловых сетей.

#### 9.4 Выбор лучшего варианта теплоснабжения МКД

Выбор лучшего варианта производился по капитальным, текущим затратам в строительство новой крышной котельной и капитальным вложениям в строительство теплотрассы от действующей котельной. Также был сделан расчет себестоимости 1 Гкал от новой крышной котельной и сделано сравнение с ценой 1 Гкал, отпускаемой на отопление действующей котельной.

$I_1 = 636,79$  руб./Гкал - себестоимость 1 Гкал вырабатываемого тепла от проектируемой крышной котельной;

$I_2 = 926,38$  руб./Гкал - себестоимость 1 Гкал тепла от тепловых сетей [51];

$K_1 = 66513,75$  тыс.руб. – капитальные затраты на строительство крышной котельной;

$K_2 = 13744,69$  тыс.руб. – капитальные затраты на строительство теплотрассы от действующей котельной.

Отсюда следует, что

$$I_1 < I_2,$$

$$K_1 < K_2$$

По полученным результатам можно сделать вывод, что лучшим вариантом теплоснабжения многоквартирного дома будет строительство крышной котельной, дальнейшие расчеты не требуются.

### 9.5 SWOT – анализ рассматриваемых вариантов

Проведем SWOT – анализ, чтобы определить недостатки и преимущества I варианта – теплоснабжение от новой автономной крышной котельной в г.Учалы (таблица 9.6).

Таблица 9.6 - SWOT – анализ при строительстве новой котельной

S: 1. Отсутствие конкурентов 2. Постоянная востребованность продукции 3. Дешевое производство теплоэнергии 4. Высокий уровень автоматизации производства	W: 1. Затраты на строительство 2. Пожаро-взрывоопасность газа 3. Загрязнение окружающей среды
O: 1. Новые технологии и оборудование, существующие на рынке 2. Спрос на тепловую энергию	T: 1. Рост цен на топливо 2. Задержки с поставкой оборудования 3. Повышение цен на новые технологии

Проведем SWOT – анализ, чтобы определить недостатки и преимущества II варианта – теплоснабжение от центральных тепловых сетей (таблица 9.7).

Таблица 9.7 - SWOT – анализ при теплоснабжение от тепловых сетей

S: 1. Нет затрат на проект	W: 1. Затраты на прокладку сетей 2. Рост цен на топливо 3. Затраты на обслуживающий и дежурный персонал
O: 1. Поддержка со стороны местных властей 2. Спрос на тепловую энергию	T: 1. Рост цен на топливо 2. Срывы в поставке теплоэнергии

Вывод: Проанализировав два варианта SWOT – анализа, делаем вывод, что строительство новой автономной крышной котельной имеет больше преимуществ, чем теплоснабжение от центральных тепловых сетей. Одна из самых важных возможностей – дешевое производство теплоэнергии.

## 9.6 Дерево целей проекта

Дерево целей проекта представляет собой структурную модель, показывающую соподчиненность и связь подразделений в иерархии управления [20] для его построения цель предприятия делится на проектные цели.

На рисунке 9.1 представлено дерево целей проекта по строительству автономной крышной котельной в г.Учалы.

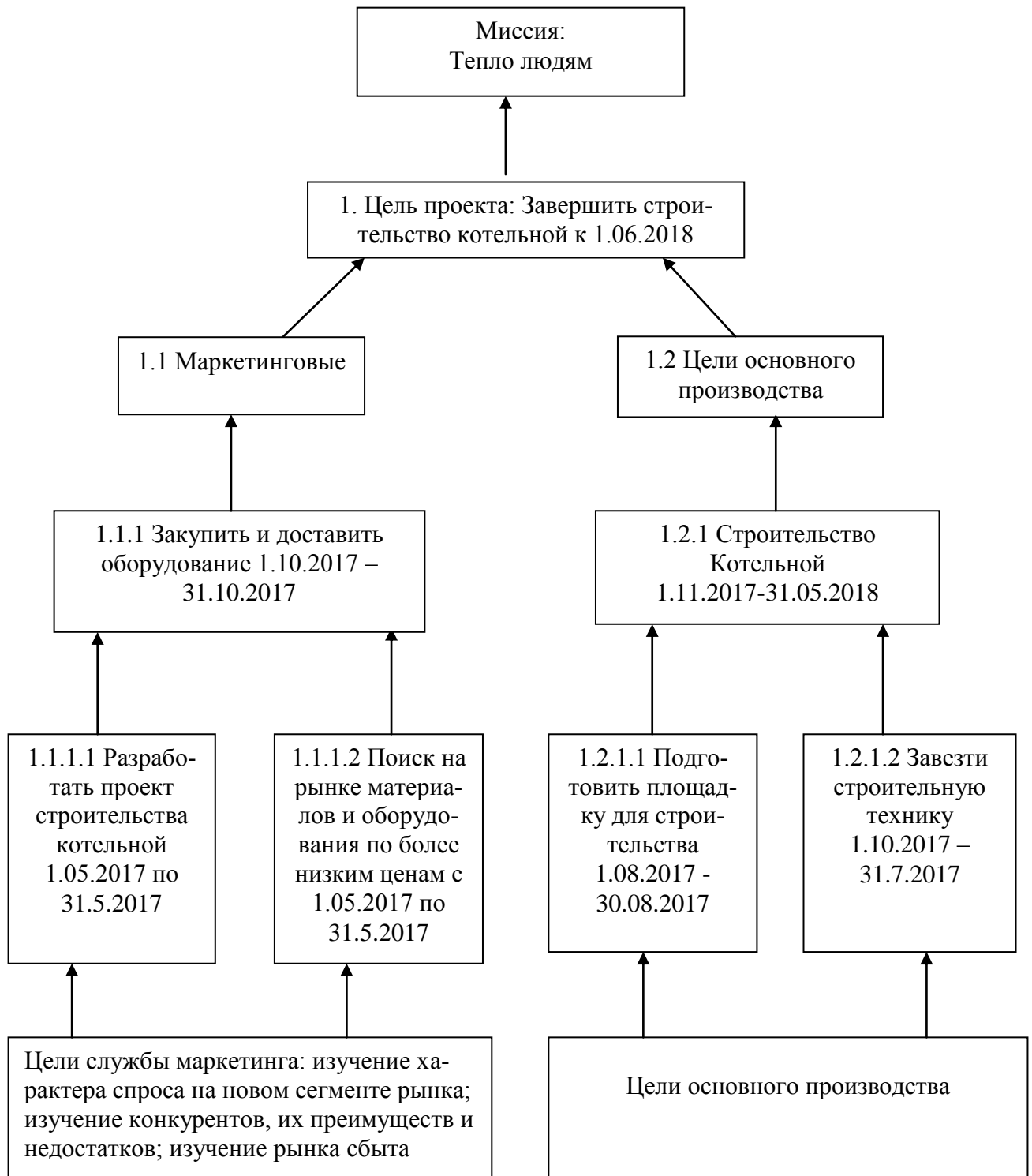


Рисунок 9.1 – Дерево целей проекта строительства котельной

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2017.129.10 ПЗ

Лист

77

## 9.7 План-график Ганта по строительству котельной

Небольшой комплекс работ может быть показан в виде ленточного графика по этапам проектных работ, начиная с выдачи задания. По этапам назначаются исполнители и ориентировочная продолжительность работ [20] (таблица 9.8).

Таблица 9.8 - План – график Ганта по строительству котельной

Элемент работы	Продолжительность этапа				
	1.5.17	1.8.17	1.10.17	1.11.17-31.05.18	1.06.18
1 Разработать проект строительства котельной					
2 Поиск материалов и оборудования на рынке по более низким ценам					
3 Подготовить площадку для строительства					
4 Завезти строительную технику					
5 Закупить и доставить оборудование					
6 Качественное строительство					
7 Запуск котельной					

## 9.8 Поле сил реализации проекта

Конкретное поле сил характеризует организационную надежность состояния предприятия, устойчивость и направленность его развития [24]. В данном случае оценивается прогноз успеха проекта:

Движущие силы:

1. Наличие финансовых ресурсов
2. Квалифицированный персонал (специальная подрядная организация)
3. Современное оборудование

Сдерживающие силы:

1. Разногласия между подрядными строительными организациями;
2. Сбои с поставками оборудования

Анализ поля сил:

1. Основной движущей силой является наличие финансовых ресурсов, т.к. на строительство крышной котельной нужны финансы. Ее влияние на реализацию проекта – сильное.

2. Квалифицированный персонал имеет среднее влияние, т.к квалификация персонала оказывает влияние на качество работ.
3. Использование современного оборудования облегчает условия труда персонала, увеличивает срок эксплуатации между ремонтами. Ее влияние на реализацию проекта – слабое.
4. Разногласия между подрядными строительными организациями имеет среднее влияние, т.к разногласия приводят к задержке срока строительства, к ухудшению качества строительно-монтажных работ.
5. Сбои с поставкой оборудования приводят к задержке пуско-наладочных работ и пуска котельной в эксплуатацию и имеют слабое влияние на реализацию проекта.

Поле сил реализации проекта представлено на рисунке 9.2.

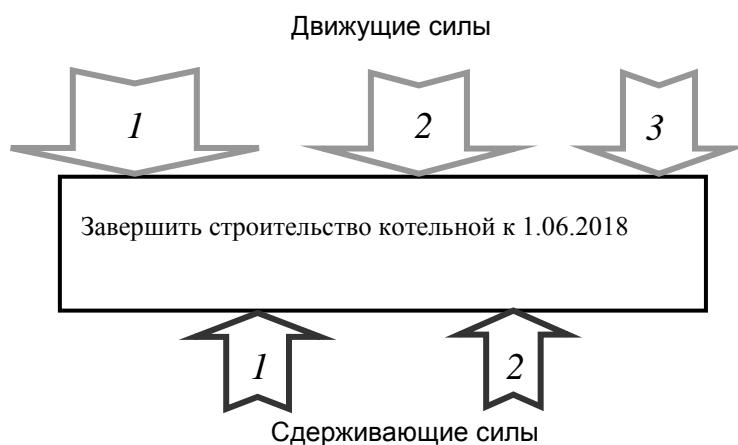


Рисунок 9.2 – Поле сил реализации проекта

Вывод: в данный момент времени преобладают движущие силы. Это значит, что проект может быть реализован, а после строительства котельная будет эффективно обеспечивать теплом потребителей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе предложен источник теплоснабжения для МКД г. Учалы. Проектом предлагается строительство новой крышной водогрейной котельной с установкой двух котлов Buderus Logano SK725 .

В работе произвели сравнение использования отечественных и зарубежных автономных крышных котельных.

Для выбора котлов необходимой мощности определены тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и ГВС. Также сделан расчет тепловой схемы котельной, получен расход топлива и теплоносителя.

В ВКР изложено техническое описание котла котел Buderus Logano SK725, принцип его действия. Далее сделан расчет объемов продуктов сгорания и тепловой и поверочный расчеты котла.

Рассмотрели мероприятия по энергосбережению применительно к котельной г. Учалы. Даны показатели по снижению тепловых потерь в зависимости от применяемого метода.

Проект содержит выбор и расчет дымовой трубы с целью снижения негативного влияния на окружающую среду. К установке принимаются 1 дымовая труба для двух котлов.

Описали функциональную схему автоматизации и контрольно-измерительных приборов котла, а также принципы и параметры регулирования технологическим процессом горения топлива, температуры и расхода теплоносителя в контурах.

В разделе БЖД были проанализированы опасные и вредные производственные факторы, дан анализ применяемых методов подавления негативных факторов трудового процесса котла Buderus Logano SK725.

В девятой главе выполнен расчет срока окупаемости проекта, себестоимости 1Гкал энергии от крышной котельной котельной, проведен SWOT-анализ для реализации проекта.

Таким образом, разделы проекта раскрыты полностью, учтены все особенности работы котельной

Результаты работы рекомендованы к строительству рассматриваемого источника теплоснабжения МКД г. Учалы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации;
- 2 Федеральный закон РФ от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса;
- 3 Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 №116. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением;
- 4 Приказ Минтруда РФ от 17.08.2015 №551н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок;
- 5 Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. №328н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- 6 ГОСТ 12.0.004-2015 – Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения. М: Издательство стандартов, 2015-21с.
- 7 ГОСТ 12.1.038-82\* ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». М.: Издательство стандартов, 2001. – 32 с.
- 8 ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М: Издательство стандартов, 2015. – 44 с.;
- 9 СН 423-71. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве. М.: Минрегион России, 2013. – 37 с.;
- 10 СНИП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные. М.: Минрегион России, 2011.- 36 с.;
- 11 СНИП II-35-76. "Котельные установки. Нормы проектирования".М.: Минрегион России, 2011. – 44с.;
- 12 СП 30.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\*. М.:Минрегион России, 2012.-55с.;
- 13 СП 131.13330.2012. Строительная климатология. М.: Минрегион России, 2012. – 113 с.;
- 14 СП 41-104-2000 Проектирование автономных источников теплоснабжения. Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2000. – 38 с.;

						13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			81



- 15 Стандарт НП АВОК 1.05.2012. Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляция, кондиционирование воздуха и теплоснабжения. М.: Москва, АВОК-пресс, 2012. – 24 с.;
- 16 СТО 024947335.4-02-2006. Стандарт организации. Расчет тепловых схем котельных. М.: СантехНИИпроект, 2006. – 84 с.;
- 17 СТО ЮУрГУ 04-2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 57 с.;
- 18 ТУ по устройству и эксплуатации крышных котельных на природном газе. АКХ им. К. Д. Памфилова, М., 1995- 33с.;
- 19 МДК 4-05.2004. Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения. М.: Госстрой России, 2004. – 48 с.;
- 20 Алабугин, А.А. Производственный менеджмент в энергетике предприятия: учебное пособие / А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 1998. – 69 с.;
- 21 Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник / А.А. Александров, Б.А. Григорьев. М.: Издательство МЭИ, 2004. – 98 с.;
- 22 Артунян, А.А. Основы энергосбережения / А.А. Артунян. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 600 с.;
- 23 Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.И. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 248 с.
- 24 Бухмиров, В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / В.В. Бухмиров, Н.Н. Нурахов, П.Г. Косарев. – М.: Институт качества высшего образования НИТУ «МИСиС», 2014. – 96 с.;
- 25 Гладышев, Н.Н. Автономные источники тепловой и электрической энергии малой мощности / Н.Н. Гладышев, Г.Ю. Короткова. – СПб: Питер, 2010. – 327 с.;
- 26 Грибанов, А.И. Расчёт дымовой трубы / А.И. Грибанов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 22 с.;
- 27 Кириллов, В.В. Расчет тепловых схем источников теплоснабжения: учебное пособие/ В.В. Кириллов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. – 67 с.;
- 28 Клименко, А.В. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 327 с.;
- 29 Лумми, А.П. Расчет водогрейного котла / А.П. Лумми, В.А. Мунц. – Екатеринбург: Издательство ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009. – 41 с.;

					13.03.01.2017.129.10 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

