

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 «Промышленная теплоэнергетика»

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

ВЫПУСКНАЯ  
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ  
РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент  
Начальник участка РМО

ФГУП «ПО» МАЯК»

\_\_\_\_\_ А.П. Иванов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
«Промышленная теплоэнергетика»,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ К.В. Осинцев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

М.П.

**Повышение эффективности АДЭС промышленного предприятия  
в Челябинской области путем дополнительной утилизаций теплоты  
уходящих газов в тепловой схеме**

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

ЮУрГУ–13.04.01.2019.226.17.ПЗ ВКР

Руководитель магистерской программы,  
д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ Е.В. Торопов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Руководитель работы,  
к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ С.В. Пашнин.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Автор работы,  
магистрант группы ПЗ-389

\_\_\_\_\_ В.С. Скоков  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Челябинск 2019

## АННОТАЦИЯ

Скоков В. С.. Повышение эффективности АДЭС промышленного предприятия в Челябинской области путем дополнительной утилизаций теплоты уходящих газов в тепловой схеме.– Челябинск: ЮУрГУ, ПИ,ЗФ, 2018, 108с., 1 ил., библиогр. список – 49 наименований, 3 прил., 5 листов чертежей ф. А1, 2 демонстрационных листа ф. А1

В выпускной квалификационной работе (ВКР) магистра предложен вариант Повышение эффективности АДЭС промышленного предприятия в Челябинской области путем дополнительной утилизаций теплоты уходящих газов в тепловой схеме.

Цель выпускной квалификационной работы (ВКР) определить слабые места в тепловой схеме и разработка проекта повышения эффективности АДЭС в тепловой схеме в челябинской области

Пояснительная записка содержит 10 разделов, в которых изложены основные расчеты тепловых нагрузок, температур, тепловой схемы АДЭС, расчет вновь устанавливаемого оборудования, проведено сравнение отечественных и зарубежных разработок в области АДЭС, определена экономическая эффективность и срок окупаемости предлагаемой модернизации, а также рассмотрены вопросы экологии, энергосбережения, автоматизации и безопасности жизнедеятельности при работе АДЭС.

Графическая часть выполнена с применением КОМПАС - система автоматизированного проектирования на 7 листах формата А1.

*13.04.01.2019.226.17 ПЗ*

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Выполнил	Скоков В.С.				Повышение эффективности АДЭС промышленного предприятия в Челябинской области путем дополнительной утилизаций теплоты уходящих газов в тепловой схеме				
Руковод.	Пащин С.В.			Лит.				Лист	Листов
				В				К	Р
Н.контр.	Пащин С.В.			3				108	
Зав.каф.	Осинцев К.В.				ЮУрГУ Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»				

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ ПОВЕШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДЭС ПУТЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УТИЛИЗАЦИЙ ТЕПЛА.....	8
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	10
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	11
4 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДЭС ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	15
4.1 Определение мощности ДВС.....	15
4.1.1 Расчёт тепловых нагрузок.....	15
4.1.1.1 Сезонная тепловая нагрузка.....	16
4.1.1.2 Круглогодичная тепловая нагрузка.....	18
4.1.1.3 Расчёт суммарных тепловых нагрузок.....	20
4.1.2 Расчет годового отпуска теплоты.....	20
4.2 Расчёт температурного графика и расходов сетевой воды.....	21
4.2.1 Расчет температур сетевой воды.....	21
4.2.2 Расчет расходов сетевой воды.....	22
4.3 Расчет тепловой схемы АДЭС.....	24
4.4 Исходные данные для выбора АДЭС.....	27
4.4.1 Назначение АДЭС.....	24
4.4.2 Состав и работа АДЭС.....	29
4.4.3 Водный режим.....	30
4.5 Тепловой расчет ДВС.....	30
4.5.1 Тепловой баланс ДВС.....	30
4.5.2 Выбор топлива.....	30
4.5.3 Параметры рабочего тела.....	30
4.5.4 Параметра окружающей среды и остаточных газов.....	31
4.5.5 Процесс впуска.....	31
4.5.6 Процесс сжатия.....	33
4.5.7 Процесс сгорания.....	34
4.5.8 Процесс расширения и выпуска.....	35
4.5.9 Эффективные показатели выпуска.....	36
4.6 Расчет котла утилизатора.....	37
5 НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ.....	45
5.1 Анализ котла утилизатора.....	45
5.2 Режимы работы котла утилизатора совместно с ДВС.....	46
5.3 Выбор котла утилизатора.....	47





рели. Целью работы является разработка повышение эффективности АДЭС промышленного предприятия в Челябинской области.

Задачи работы:

- изучение существующей схемы и оборудования промышленного предприятия;
- предложения схемы дополнительной утилизаций теплоты уходящих газов в тепловой схеме;
- определение тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение и расходов сетевой воды, выполнение теплового расчета вновь устанавливаемого оборудования, расчета тепловой схемы;
- определение экономической эффективности предлагаемой модернизации и расчета срока окупаемости;

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8



водого в действие. Они дополняются разнообразными механизмами и контролирующими системами. Существует две разновидности генераторов – основанные на синхронном принципе и на асинхронном принципе. Вторая разновидность является более совершенной, так как она отличается стабильностью, долговечностью и не приводит к возникновению помех. Кроме того, асинхронные генераторы намного легче переносят перегрузки.

Поскольку именно генератор вырабатывает электроэнергию, связь между ним и мотором должна быть бесперебойной. Обеспечение стабильной связи достигается при помощи демпферной муфты или фланца. Обычно муфта оснащается одним опорным подшипником, а фланец – двумя.

Для охлаждения дизельных установок используется две разновидности систем – воздушная и масляная. Первая разновидность предназначена для электрогенераторов, которые работают лишь время от времени. Вторая разновидность рассчитана на использование в станциях, которые работают без перерывов в течение долгого времени и для получения тепла.

По критерию мобильности дизельные станции подразделяются на стационарные и передвижные. Преимущество первых заключается в более высокой мощности. Они рассчитаны на электроснабжение крупных объектов. Преимущество вторых заключается в их компактности.

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		









ОАО «Мурманское морское пароходство», ООО «Росавтоматизация» и другие[10]. Компания производит дизельные генераторы на базе двигателей Deutz (Германия) и Cummins (Великобритания). Кроме этого, у «Азимута» имеется собственная разработка — отечественный дизельный двигатель под маркой AZIMUT. Генераторы, оснащенные таким двигателем, отличаются превосходным качеством при относительно невысокой цене. По заказу возможно изготовление дизельных электростанций на базе двигателей Минского моторного завода — ММЗ, и Ярославского моторного завода — ЯМЗ. Генераторы от «Азимут» могут быть использованы и как основные, и как резервные источники электроэнергии. Все агрегаты поставляются потребителям в базовой комплектации, а перед продажей каждый генератор обязательно проходит стендовые испытания под нагрузкой. Дополнительно генератор может быть укомплектован звукозащитным кожухом. Компания производит не только стационарные установки, но и мобильные — на одно- или двухосном шасси. «Азимут» также занимается производством контейнеров типа «Север» для установки генераторов.

Автономные контейнерные электростанции «Азимут» оборудованы всем необходимым для эффективного функционирования. Стоимость генератора зависит от его мощности, вида двигателя и конструктивного исполнения. Так, открытый генератор с двигателем AZIMUT на 8 кВт «АД-8С-Т400-1РМ11» приблизительно обойдется всего в 209 600 рублей. Генератор в кожухе уже на 50 кВт с двигателем аналогичной конструкции «АД-50С-Т400-1РПМ11» — в 3 977 700 рублей, а примерная цена генератора на базе двигателя Cummins на 20 кВт в открытом исполнении «АД-20С-Т400-1РМ15» составит 409 400 рублей[11].

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15



Распределение максимальных тепловых нагрузок по потребителям для существующего предприятия(таблице 4.3).

Таблица4.3 – Таблица тепловых нагрузок

Наименование потребителей	Расход тепла, Гкал/ч			
	$Q_o$	$Q_v$	$Q_{гвс}$	$Q_{сумм}$
1 здание 4-ти этажное	0,3035	–	0,1406	0,4601
2 здание 4-ти этажное	0,3035	–	0,1406	0,4608
3 здание 4-ти этажное	0,3035	–	0,1406	0,1655
4 здание 3-ти этажное	0,0723	–	0,0913	0,1636
5 здание 3-ти этажное	0,0723	–	0,0913	0,1803
6 здание 3-ти этажное	0,0723	–	0,0913	0,4670
5-тиэтажный жилой дом	0,2263	–	0,1866	0,4129
Итого:	2.3537	-	1.8823	4,341

#### 4.1.1.1 Сезонная тепловая нагрузка

В исходных данных для выпускной квалификационной работы максимальные нагрузки даны в Гкал/ч. Пересчитаем максимальные нагрузки на отопление и вентиляцию в МВт, при расчётной температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью  $0,92t_{но}=-34$  °С, (таблице4.4)

Таблица 4.4 – Максимальные нагрузки на отопление и вентиляцию

Наименование потребителей	Расход тепла, МВт	
	$Q_o$	$Q_v$
1	2	3
1 здание 4-ти этажное	0,3520	–
2 здание 4-ти этажное	0,3520	–
3 здание 4-ти этажное	0,3520	–

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3
4 здание 3-ти этажное	0.083	–
5 здание 3-ти этажное	0.083	–
6 здание 3-ти этажное	0.083	–
5-ти этажный жилой дом	0.083	–
Итого:	1.57	-

Рассчитаем расход теплоты в начале отопительного периода при температуре наружного воздуха равной +8 °С[14].

Расход теплоты на отоплениеопределим по формуле (4.1):

$$Q_o = Q_o' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}}, \quad (4.1)$$

где  $t_B = 20$  °С – температура воздуха внутри помещения;

$t_H = 8$  °С – температура воздуха в начале отопительного периода;

$Q_o'$  – максимальный расход теплоты на отопление при расчетной температуре  $t_{HO}$ Мвт.

Расход теплоты на вентиляциюопределим по формуле (4.2):

$$Q_B = Q_B' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HB}}, \quad (4.2)$$

где  $Q_B'$  – максимальный расход теплоты на вентиляцию при расчетной температуре  $t_{HB}$ . (Мвт).

Расчёты текущей тепловой нагрузки на отопление и вентиляцию по зданиям в начале отопительного периода.(таблице 4.5)

Таблица4.5 – Текущая тепловая нагрузка в начале отопительного периода

Наименование потребителей	Расход тепла, МВт $Q_o$	Расход тепла, МВт $Q_6$
1	2	3
1 здание 4-ти этажное	0,014	–
2 здание 4-ти этажное	0,014	–
3 здание 4-ти этажное	0,014	–
4 здание 3-ти этажное	0,021	–
5 здание 3-ти этажное	0,021	–
6 здание 3-ти этажное	0,021	–

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3
5-ти этажный жилой дом	0,058	–
Итого:	0,163	-

Рассчитаем расход теплоты при средней температуре наиболее холодного месяца.

Расход теплоты на отопление определим по формуле (4.3):

$$Q_o = Q_o' \cdot \frac{t_B - t_{HXM}}{t_B - t_{HO}}, \quad (4.3)$$

где  $t_{HXM} = -15,5$  °С – температура воздуха наиболее холодного месяца.

Расход теплоты на вентиляцию определим по формуле (4.4):

$$Q_B = Q_B' \cdot \frac{t_B - t_{HXM}}{t_B - t_{HB}}, \quad (4.4)$$

Расчёты текущей тепловой нагрузки на отопление и вентиляцию по зданиям при средней температуре наиболее холодного месяца (таблица 4.6)

Таблица 4.6 – Текущая тепловая нагрузка при средней температуре наиболее холодного месяца

Наименование потребителей	Расход тепла, МВт	
	$Q_o$	$Q_v$
1	2	3
1 здание 4-ти этажное	0.188	–
2 здание 4-ти этажное	0.188	–
3 здание 4-ти этажное	0.188	–
4 здание 3-ти этажное	0,165	–
5 здание 3-ти этажное	0,165	–
6 здание 3-ти этажное	0,165	–
5-тиэтажный жилой дом	0,206	–
Итого	1.265	

#### 4.1.1.2 Круглогодичная тепловая нагрузка

Средненедельный расход теплоты горячего водоснабжения в зимнем режиме определяется по формуле (4.5):

$$Q_{ГВС}^{ср.н.} = \frac{1,2 \cdot a \cdot m \cdot c_p \cdot (t_2 - t_x^3)}{n_c}, \quad (4.5)$$

где  $m$  – число постоянное для промышленных помещений ;

$a$  – норма расхода горячей воды на одного человека в сутки для жилых зданий ( $a = 120$  л/сут);

$c_p$  – теплоемкость ( $c_p = 4190$  Дж/кг·К);

$t_2$  – температура горячей воды ( $t_2 = 65$  °С);

$t_x$  – температура холодной воды в зимний и летний периоды соответственно ( $t_x = 5$  или  $15$  °С);

$n_c$  – расчетная длительность подачи тепла на ГВС ( $n_c = 86400$  с/сут).

Средненедельный расход теплоты на нужды ГВС в летнем режиме определяется по формуле (4.6):

$$\left(Q_{ГВС}^{ср.н.}\right)_л = 0,8 \cdot \left(Q_{ГВС}^{ср.н.}\right)_з \cdot \frac{65 - t_x^л}{65 - t_x^з}, \quad (4.6)$$

Расчетный расход теплоты на ГВС рассчитывается по формуле (4.7):

$$Q_{ГВС}^P = k_c \cdot k_n \cdot Q_{ГВС}^{ср.н.}, \quad (4.7)$$

где  $k_c$  – коэффициент суточной неравномерности расхода теплоты ( $k_c = 2,0$ );

$k_n$  – коэффициент недельной неравномерности расхода теплоты ( $k_n = 1,2$ ).

По заданным расчетным максимальным расходам теплоты на нужды ГВС, представленным в таблице 4.3, которые даны в Гкал/час, пересчитаем нагрузки по зданиям в МВт и для различных режимов. (таблице 4.7).

Таблица 4.7 – Нагрузки на горячее водоснабжение

Наименование потребителей	$\left(Q_{ГВС}^{ср.н.}\right)_з$ , МВт	$\left(Q_{ГВС}^{ср.н.}\right)_л$ , МВт	$\left(Q_{ГВС}^P\right)_з$ , МВт	$\left(Q_{ГВС}^P\right)_л$ , МВт
1	2	3	4	5
1 здание 4-ти этажное	0,8010	0,0503	0,1870	0,1450
2 здание 4-ти этажное	0,8010	0,0503	0,1870	0,1450
3 здание 4-ти этажное	0,8010	0,0503	0,1870	0,1450

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
4 здание 3-ти этажное	0,6920	0,0195	0,1060	0,1010
5 здание 3-ти этажное	0,6920	0,0195	0,1060	0,1010
6 здание 3-ти этажное	0,6920	0,0195	0,1060	0,1010
5-ти этажный жилой дом	0,9040	0,0603	0,2170	0,1750
Итого:	4,4790	0,2695	1,0960	0,9130

#### 4.1.1.3 Расчёт суммарных тепловых нагрузок

Суммарная тепловая нагрузка в начале отопительного периода определяется по формуле (4.8):

$$Q_{\Sigma}^{+8} = Q_o^{+8} + Q_v^{+8} + (Q_{звс}^p)_л, \quad (4.8)$$

где  $Q_o$  - суммарная тепловая нагрузка на отопление (МВт);

$Q_v$  - суммарная тепловая нагрузка на вентиляцию (МВт);

$Q_{звс}$  - суммарная тепловая нагрузка на ГВС (МВт).

$$Q_{\Sigma}^{+8} = 0,163 + 0,013 + 0,913 = 1,089 \text{ МВт}$$

Суммарная максимальная тепловая нагрузка при расчетной температуре определяется по формуле (4.9):

$$Q_{\Sigma}^{-34} = Q_o^{-34} + Q_v^{-34} + (Q_{звс}^p)_з \quad (4.9)$$

где  $Q_o$  - суммарная тепловая нагрузка на отопление (МВт).

$Q_v$  - суммарная тепловая нагрузка на вентиляцию (МВт);

$Q_{звс}$  - суммарная тепловая нагрузка на ГВС (МВт).

$$Q_{\Sigma}^{-34} = 4,4790 + 1,3536 + 0,058 + 1,096 = 6,9866 \text{ МВт}$$

#### 4.1.2 Расчет годового отпуска теплоты

Рассчитаем годовой расход тепла по отопительной нагрузке (4.10):

$$Q_{год}^0 = n_0 \cdot Q_0^{cp} = n_0 \cdot Q_0' \cdot \frac{t_B - t_H^{cp}}{t_B - t_{HO}}, \quad (4.10)$$

где  $n$  – количество дней отапливания в год;

$Q_0$  – суммарная тепловая нагрузка на отопление (МВт).

$$Q_{год}^0 = 218 \cdot 24 \cdot 1,843 \cdot \frac{20 + 6,5}{20 + 34} = 4732 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год}.$$

Годовой расход тепла на вентиляцию (4.11):

$$Q_{в}^{год} = Q_0' \cdot \frac{t_{в} - t_{н}^{ср.в}}{t_{в} - t_{нв}} \cdot n_0, \quad (4.11)$$

$$Q_{в}^{год} = 218 \cdot 24 \cdot 0,058 \cdot \frac{20 + 6,5}{20 + 34} = 148,9 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год}.$$

Годовой расход тепла на горячее водоснабжение (4.12):

$$Q_{ГВС}^{год} = Q_{ГВС}^{ср.н.} \cdot \left( n_0 + \beta \cdot \frac{t_2 - t_x^л}{t_2 - t_x^3} (n_2 - n_0) \right), \quad (4.12)$$

где  $n_2 = 8400$  ч/год – длительность работы систем ГВС

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

$$Q_{ГВС}^{год} = 0,619 \cdot \left( 218 \cdot 24 + 0,8 \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} (8400 - 218 \cdot 24) \right) = 4545,9 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год}$$

Суммарный годовой расход (4.13):

$$Q_{год} = Q_0^{год} + Q_{в}^{год} + Q_{ГВС}^{год}, \quad (4.13)$$

где  $Q_0$  – суммарная тепловая нагрузка на отопление годовая (МВт);

$Q_{в}$  – суммарная тепловая нагрузка на вентиляцию годовая (МВт);

$Q_{ГВС}$  – суммарная тепловая нагрузка на ГВС годовая (МВт).

$$Q_{год} = 4732 + 148,9 + 4545,9 = 9426,8 \text{ МВт} \cdot \text{ч/год}.$$

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

#### 4.2.1 Расчет температур сетевой воды

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

Перепад температур воды внутри тепловой сети (4.14):

$$\delta\tau'_0 = \tau'_{01} - \tau'_{02}, \quad (4.14)$$

где  $\tau'_{01} = 95^\circ\text{C}$  – температура воды в подающем трубопроводе;

$\tau'_{02} = 70^\circ\text{C}$  – температура воды в обратном трубопроводе.

$$\delta\tau'_0 = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}.$$

Температурный напор нагревательного напора местной системы (4.15):

$$\Delta t'_0 = \frac{\tau'_{03} + \tau'_{02}}{2} - t_g, \quad (4.15)$$

где  $\tau'_{03} = 95^\circ\text{C}$  – максимальная температура в отопительном приборе;

$$\Delta t'_0 = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5^\circ\text{C}.$$

Перепад температур воды в местной системе (4.16):

$$\theta'_0 = \tau'_{03} - \tau'_{02}, \quad (4.16)$$

$$\theta'_0 = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}.$$

Относительна величина тепловой нагрузки отопления (4.17):

$$\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q'_0} = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} \quad (4.17)$$

Температура сетевой воды перед отопительной установкой (4.18):

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

$$\tau_{01} = t_g + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0.8} + \bar{Q}_0 \cdot (\delta \tau'_0 - 0.5 \cdot \theta'_0) \quad (4.18)$$

Температура сетевой воды после отопительной установки (4.19):

$$\tau_{02} = t_g + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0.8} - 0.5 \cdot \bar{Q}_0 \cdot \theta'_0 \quad (4.19)$$

Результаты расчета температур сетевой воды отображены в таблице 4.8

Таблица 4.8 – Температуры сетевой воды

Величина	Температура наружного воздуха, °С										
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-15.5	-20	-25	-30	-34
$\bar{Q}_0$	0,22	0,28	0,37	0,46	0,55	0,65	0,66	0,74	0,83	0,93	1
$\tau_{01}$	4,50	4,90	5,90	5,50	6,60	7,30	7,30	8,4	8,4	9,30	9,5
$\tau_{02}$	36	39	43,6	48	52,10	56,10	56,70	60	63,6	67,20	70

#### 4.2.2 Расчет расходов сетевой воды

Расход сетевой воды на отопление (4.20) и вентиляцию (4.21) при  $t_n = +8$  °С:

$$G_o = \frac{Q_o}{C_p \cdot (\tau_{01}'' - \tau_{02}'')}, \quad (4.20)$$

где  $\tau_{01}'', \tau_{02}''$  – температура сетевой воды в прямой и обратной линиях при  $t_{ni} = -9,22$  °С;

$Q_o$  – суммарное количество тепла на отопление (МВт);

$C$  – количество воды на отопления и вентиляцию (кг) .

$$G_o = \frac{0,409 \cdot 10^6}{4190 \cdot (65 - 51,5)} = 7,23 \text{ кг/с.}$$

$$G_g = \frac{Q_g}{C_p (\tau''_{01} - \tau''_{02})}, \quad (4.21)$$

$$G_g = \frac{0,013 \cdot 10^6}{4190 \cdot (65 - 51,5)} = 0,23 \text{ кг/с.}$$

Тепловая нагрузка на отопление (4.22) и вентиляцию (4.23) от  $t_{ни} = -9,22^\circ\text{C}$  до  $t_{но} = -34^\circ\text{C}$ :

$$Q_o = Q'_o \frac{t_g - t_{ни}}{t_g - t_{но}} \quad (4.22)$$

$$Q_o = 1,843 \cdot \frac{20 + 9,22}{20 + 34} = 0,997 \text{ МВт}$$

$$Q_g = Q'_g \frac{t_g - t_{ни}}{t_g - t_{нв}}, \quad (4.23)$$

$$Q_g = 0,058 \cdot \frac{20 + 9,22}{20 + 34} = 0,031 \text{ МВт}$$

Расход сетевой воды на отопление и вентиляцию от  $t_{ни} = -9,22^\circ\text{C}$  до  $t_{но} = -34^\circ\text{C}$ :

$$G_o = \frac{0,997 \cdot 10^6}{4190 \cdot (65 - 51,5)} = 17,6 \text{ кг/с.};$$

$$G_g = \frac{0,031 \cdot 10^6}{4190 \cdot (65 - 51,5)} = 0,548 \text{ кг/с.}$$

Расход воды на горячее водоснабжение (4.24):

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

$$G_{ГВС} = \frac{G_{ГВС}^{\max}}{C_p \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})}, \quad (4.24)$$

$$G_{ГВС} = \frac{1,485 \cdot 10^6}{4190 \cdot (65 - 51,5)} = 26,3 \text{ кг/с}$$

$$G_{ГВС} = \frac{1,485 \cdot 10^6}{4190 \cdot (95 - 70)} = 14,2 \text{ кг/с}$$

Результаты расчета расходов воды на ГВС представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расходы воды на горячее водоснабжение

$t_H, ^\circ\text{C}$	+8	+5	0	9,22	-10	-15	-20	-25	-30	-34
$G_{ГВС}, \text{кг/с}$	26,3	26,3	26,3	26,3	25,5	21,9	19,1	17,0	15,3	14,2

### 4.3 Расчет тепловой схемы АДЭС

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

При разработке и расчете тепловых схем АДЭС необходимо учитывать особенности их конструкции и эксплуатации.

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

Основной целью расчета тепловой схемы является:

- определение общих тепловых нагрузок, состоящих из внешних нагрузок и расходов тепла на собственные нужды;
- определение всех тепловых и массовых потоков, необходимых для выбора вспомогательного оборудования;
- определение исходных данных для дальнейших технико-экономических расчетов (годовых выработок тепла, годовых расходов топлива и др.).

Расчет тепловой схемы позволяет определить суммарную теплопроизводительность установки.

ДВС спроектирована на двухтрубную закрытую систему теплоснабжения. Основной особенностью разрабатываемой в выпускной квалификационной работе



обменники могут быть прямоточными при параллельном движении в одном направлении, противоточными при параллельном встречном движении, а также при взаимно поперечном движении двух взаимодействующих сред.

Рекуперативный теплообменник (от лат. recuperator — получающий обратно, возвращающий) — теплообменник поверхностного типа для использования теплоты отходящих газов, в котором теплообмен между теплоносителями осуществляется непрерывно через разделяющую их стенку. В отличие от регенеративных теплообменников, трассы потоков теплоносителей в рекуператоре не меняются. Рекуператоры различают по схеме относительного движения теплоносителей — противоточные, перекрёстные, прямоточные и др.; по конструкции — трубчатые, пластинчатые, ребристые, оребрённые пластинчатые рекуператоры типа ОПТ и др.; по материалу изготовления — металлические, мембранные, пластиковые и др.; и по назначению — подогреватели воздуха, газа, жидкостей, испарители, конденсаторы. Все зависит от потребностей что необходимо для определённого производства. Габариты зависят от места конструкций зданий, проемов, помещений.

В данной выпускной квалификационной работе теплообменник не целесообразно применять так как будет слишком быстро забиваться и очень большие отложения на стенках будут. По этому мы на байпасную линию уходящих газов будем устанавливать котел утилизатор фирмы «РУСфлот» ТМ.ТТМ 5000. Котёл-утилизатор — котёл, использующий (утилизирующий) теплоту отходящих газов различных технологических установок — дизельных или газотурбинных установок, обжиговых и сушильных барабанных печей, вращающихся и туннельных технологических печей, мартеновских печей, установок крекинга. Исходные данные для расчёта тепловой схемы представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Исходные данные к расчёту тепловой схемы

Наименование параметра	$t_{ho}^- - 34^{\circ}\text{C}$	$t_n = +8^{\circ}\text{C}$
1	2	3
Тепловая нагрузка на отопление, МВт	1,843	0,4090
Тепловая нагрузка на вентиляцию, МВт	0,058	0,0130
Тепловая нагрузка на ГВС, МВт	4,485	0,9920

Температура в подающем трубопроводе, $\tau_{01}$ , °С	95	65
Температура воды в обратном трубопроводе, $\tau_{02}$ , °С	70	51,50

Результаты расчета котельной приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчёт тепловой схемы

Расчетная величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица измерения	Расчетный режим $t_{но} = - 34 \text{ °С}$
Расход теплоты на отопление и вентиляцию	$Q_{ов}$	$Q_{ов}^p \frac{t_6 - t_n}{t_6 - t_{но}}$	МВт	1,901
Расход воды на подпитку и потери в т/с	$G_{под}$	$0,025 \cdot G_c$	кг/с	0,809
Расход теплоты на ГВС	$Q_{звс}$	Из расчета	МВт	1,485
Общий расход теплоты	$Q_m$	$Q_{ов} + Q_{звс}$	МВт	6,9866
Необходимый запас теплоты	$Q_3$	По данным	МВт	4,2134
Температура прямой сетевой воды на выходе	$\tau_1$	По данным	°С	95
Температура обратной сетевой воды на входе	$\tau_2$	По данным	°С	70
Расход сетевой воды на отопление и вентиляцию	$G_{ов}$	$\frac{Q_{ов}}{C_p \cdot (\tau_1 - \tau_2)}$	кг/с	18,15
Температура прямой сетевой воды на выходе	$\tau_1$	По данным	°С	95
Температура обратной сетевой воды на входе	$\tau_2$	По данным	°С	70
Расход сетевой воды на отопление и вентиляцию	$G_{ов}$	$\frac{Q_{ов}}{C_p \cdot (\tau_1 - \tau_2)}$	кг/с	18,15
Расход сетевой воды на ГВС	$G_{звс}$	$\frac{Q_{звс}}{C_p \cdot (\tau_1 - \tau_2)}$	кг/с	14,2
Общий расход сетевой воды	$G_c$	$G_{ов} + G_{звс}$	кг/с	32,35



Расчетное гидравлическое сопротивление	МПа	0,086	0,086
Масса, не более	кг	14700	14700
Расход воды	т/час	40	40

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3
Расход топлива (расчетный)		
– дизельное топливо	кг/час	102
КПД ДВС, не менее		
– на дизтопливе	%	91,6
Располагаемая теплота топлива		
– дизельное топливо	ккал/кг	10 177 (ГОСТ 305-82)
Расход воздуха		
– на дизтопливе	м <sup>3</sup> /час	1200
Расчетное аэродинамическое сопротивление		
– на дизтопливе	Па	200
Температура уходящих газов		
– на дизтопливе	°С	680-800
Срок службы, не менее	лет	40

#### 4.4.1 Назначение АДЭС

АДЭС предназначены для получения горячей воды давлением 0,6 (6,0) МПа (кгс/см<sup>2</sup>) и номинальной температурой 85° или 95°С, используемой в системах отопления и горячего водоснабжения, общественных и производственных зданий бесперебойного получения электричества .

#### 4.4.2 Состав и работа АДЭС

Энергия расширения газов, образующихся при сгорании воспламененного от сжатия топлива, в дизельном двигателе внутреннего сгорания преобразуется посредством кривошипно-шатунного механизма в механическую энергию вращения колен вала. Приводимый от двигателя ротор электрогенератора, вращаясь, возбуждает электро-магнитное поле, создающее индукционный переменный ток в обмотке генератора, который подается на выход потребителю.

К основным составным частям дизель-генератора относятся:

- дизельный двигатель с подсистемами его жизнеобеспечения (подача топлива, воздуха, охлаждение);
- синхронный или асинхронный генератор переменного тока - альтернатор;
- система автоматического управления, мониторинга и контроля дизель-генератора;

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31



В соответствии с ГОСТ 305-82 для рассчитываемого двигателя принимаем дизельное топливо(для работы в летних условиях-марки Л и для работы в зимних условиях- марки З). Цетановое число топлива- не менее 45.

Средний элементарный состав дизельного топлива:

$$C=0,870 \% ; H=0,126 \% ; O=0,004 \% .$$

где  $C=0,870 \%$  - процентное соотношение углерода;

$H=0,126\%$  - процентное соотношение водорода;

$O=0,004\%$  . - процентное соотношение кислорода.

Низшая теплота сгорания топлива (4.25):

$$H_u=33,91C+125,60H-10,89(O-S)-2,51(9H+W), \quad (4.25)$$

где  $C$  - процентное соотношение углерода;

$H$  - процентное соотношение водорода;

$O$  . - процентное соотношение кислорода.

$$H_u=33,91 \cdot 0,87+125,6 \cdot 0,126-10,89 \cdot 0,004-2,51 \cdot 9 \cdot 0,126=42,44 \text{ МДж/кг} .$$

### 4.5.3 Параметры рабочего тела

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива (4.26)

$$L_0 = \frac{1}{0.208} \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right), (4.26)$$

где  $C$  - процентное соотношение углерода;

$H$  - процентное соотношение водорода;

$O$  - процентное соотношение кислорода.

$$L_0 = \frac{1}{0.208} \left( \frac{0.87}{12} + \frac{0.126}{4} - \frac{0.004}{32} \right) = 0.500 \text{ кмоль возд/кг топл} .$$

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		33

Коэффициент избытка воздуха. Уменьшение коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  до возможных пределов уменьшает размеры цилиндра и, следовательно, повышает литровую мощность дизеля, но одновременно с этим значительно возрастает тепловая напряженность двигателя, особенно деталей поршневой группы, увеличивается дымность выпускных газов. Лучшие образцы современных дизелей без наддува со струйным смесеобразованием устойчиво работают на номинальном режиме без существенного перегрева при  $\alpha = 1,4 - 1,5$  а с наддувом при  $\alpha = 1,6 - 1,8$ . В связи с этим можно наддувом принять  $\alpha = 1,5$  — для дизеля без наддува.

Количество свежего заряда:

$$\alpha = 1.5 M_1 = \alpha L_0 = 1.5 \cdot 0.5 = 0.86 \text{ кмоль св.зар/кг топл.}; \quad (4.27)$$

Количество отдельных компонентов продуктов сгорания по формулам (4.28) (4.29)(4.30):

$$M_{CO_2} = \frac{C}{12} = \frac{0.87}{12} = 0.0725 \text{ кмоль } CO_2/\text{кг топл.}; \quad (4.28)$$

$$M_{H_2O} = \frac{H}{2} = \frac{0.126}{2} = 0.063 \text{ кмоль } H_2O/\text{кг топл.}; \quad (4.29)$$

$$M_{O_2} = 0.208 L_0 \cdot (\alpha - 1) = 0.208 \cdot 0.5 \cdot (1.6 - 1) = 0.0624 \text{ кмоль } O_2/\text{кг топл.}; \quad (4.30)$$

$$M_{N_2} = 0.792 \cdot \alpha \cdot L_0 = 0.792 \cdot 1.6 \cdot 0.5 = 0.6336 \text{ кмоль } N_2/\text{кг топл.}; \quad (4.31)$$

Общее количество продуктов сгорания (4.32):

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}, \quad (4.32)$$

где  $M_{CO}$  — количество массы диоксида углерода;

$M_{HO}$  — количество массы кислорода;

$M_o$  — количество массы водорода;

$M_N$  — количество массы воды.

$$M_2 = 0.0725 + 0.063 + 0.0624 + 0.6336 = 0.8315 \text{ кмоль пр.сг/кг топл.};$$

#### 4.5.4 Параметры окружающей среды и остаточных газов

Атмосферные условия  $p_0 = 0,1 \text{ МПа}$ , давление окружающей среды для дизелей:

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		34

$p_k=0.17$  МПа

Температура окружающей среды (4.33):

$$T_k=T_0(p_k p_0)^{(nk-1)/nk}, \quad (4.33)$$

где  $nk$  – показатель политропы сжатия (для центробежного нагнетателя с охлаждаемым корпусом принят  $nk=1.65$ ).

$T_0$  – температура сжатия топлива.

$$T_k=293(1/17/0/1)^{(1.65-1)/1.65}=361 \text{ К},$$

Температура и давление остаточных газов.

$$T_r=800 \text{ К}, p_r=0.95p_k=0.95 \cdot 0.17=0.162 \text{ МПа},$$

#### 4.5.5 Процесс впуска

Температура подогрева свежего заряда.

С целью получения хорошего наполнения двигателя на номинальном скоростном режиме принимается  $\Delta T=10^\circ\text{C}$ .

Плотность заряда на впуске (4.34):

$$\rho_k = \frac{p_k \cdot 10^6}{R_B \cdot T_K}, \quad (4.34)$$

где  $R_B = 287 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$  – удельная газовая постоянная для воздуха;  
 $T$  – тепловой режим  $^\circ\text{C}$ .

$$\rho_k = \frac{0.17 \cdot 10^6}{287 \cdot 361} = 1,641 \text{ кг}/\text{м}^3,$$

Тогда  $\Delta p_a$  рассчитывается по формуле (4.35):

$$\Delta p = (\beta^2 + \xi_{ВП}) \omega_B^2 \frac{p_k \cdot 10^{-6}}{2}, \quad (4.35)$$

где  $\beta$  – коэффициент затухания скорости движения заряда в рассматриваемом сечении цилиндра;

$\xi_{ВП}$  – коэффициент сопротивления впускной системы, отнесенный к наиболее узкому сечению;

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		35

$\omega_{вп}$ -средняя скорость движения заряда в наименьшем сечении впускной системы.

Потери давления на впуске. В соответствии со скоростным режимом двигателя ( $n=2500$  об/мин) и с учетом небольших гидравлических сопротивлений во впускной системе можно принять:

$$\beta^2 + \xi_{вп} = 2,7 \text{ и } \omega_{вп} = 70 \text{ м/с,}$$

$$\Delta p = (2,7 + 70^2) \cdot \frac{1,641 \cdot 10^{-6}}{2} = 0,011 \text{ МПа,}$$

Давление в конце впуска (4.36):

$$P_a = P_k - \Delta P_a = 0,17 - 0,011 = 0,159 \text{ МПа (4.36)}$$

Коэффициент остаточных газов (4.37).

$$\gamma_r = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{p_r}{\varepsilon \cdot p_a - p_r}, \quad (4.37)$$

$$\gamma_r = \frac{361 + 10}{800} \cdot \frac{0,162}{15,6 \cdot 0,159 - 0,162} = 0,032$$

Температура в конце впуска (4.38):

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{361 + 10 + 0,032 \cdot 800}{1 + 0,032} = 384 \text{ К.} \quad (4.38)$$

Коэффициент наполнения (4.39):

$$\eta_v = \frac{T_k (\varepsilon \cdot p_a - p_r)}{(T_k + \Delta T) \cdot (\varepsilon - 1) \cdot p_k}, \quad (4.39)$$

$$\eta_v = \frac{361 \cdot (15,6 \cdot 0,159 - 0,162)}{(361 + 10) \cdot (15,6 - 1) \cdot 0,17} = 0,909$$

#### 4.5.6 Процесс сжатия

Средние показатели адиабаты и полтропы сжатия. При работе дизеля на номинальном режиме можно с достаточной степенью точности принять показатель политропы сжатия приблизительно равным показателю адиабаты, который определяется по номограмме [36].

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		36

При  $\varepsilon=15,6$  и  $T_a=384$   $k_1=1.360$ , а  $n_1=1.362$

Давление и температура в конце сжатия (4.40), (4.40):

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 0,159 \cdot 15,6^{1,362} = 6,706 \text{ МПа}, \quad (4.40)$$

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1-1} = 384 \cdot 15,6^{1,362-1} = 1038 \text{ К}. \quad (4.41)$$

Средняя молярная теплоёмкость в конце сжатия:

а) свежей смеси (воздуха).

$$(mC_V)_{t_0}^{t_c} = 20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} \cdot t_c,$$

где  $t_c = T_c - 273^0 \text{C} = 1038 - 273^0 \text{C} = 765^0 \text{C}$ .

$$(mC_V)_{t_0}^{t_c} = 20,6 + 2,638 \cdot 10^{-3} \cdot 765 = 22,618 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{град)},$$

б) остаточных газов.

где  $(mC_V^{//})_{t_0}^{tc}$  -определяется методом интерполяции;

$$(mC_V^{//})_{t_0}^{765} = 24,250 \text{ кДж/(кмоль град)}$$

Теплоемкость продуктов сгорания при  $t_c=765^0 \text{C}$  и  $\alpha=1,5$

в) рабочей смеси

$$(mC_V^/)_{t_0}^{tc} = \frac{1}{1 + \gamma_{\Gamma}} \left[ (mC_V)_{t_0}^{tc} + \gamma_{\Gamma} (mC_V^{//})_{t_0}^{tc} \right],$$

$$(mC_V^/)_{t_0}^{tc} = 1/(1+0,032) \cdot (22,618 + 0,032 \cdot 24,250) = 22,669 \text{ кДж/(кмоль} \cdot \text{град)}.$$

#### 4.5.7 Процесс сгорания

Коэффициент молекулярного изменения свежей  $\mu_0 = M_2/M_1$  и рабочей смеси  $\mu = (\mu_0 + \gamma_{\Gamma})/(1 + \gamma_{\Gamma})$

$$\mu_0 = 0,8315/0,80 = 1,039 \text{ и } \mu = (1,039 + 0,032)/(1 + 0,032) = 1,038$$

Теплота сгорания рабочей смеси (4.42):

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37



$$\rho = \frac{\mu \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c} = \frac{1.038 \cdot 2139}{1.5 \cdot 1038} = 1.43 \quad (4.47)$$

#### 4.5.8 Процессы расширения и выпуска

Степень последующего расширения для дизелей

$$\delta = \varepsilon / \rho = 15,6 / 1,43 = 10,91$$

Средние показатели адиабаты и политропы расширения определяем по номограмме (при  $\delta = 10,91$ ;  $T_z = 2139$  и  $\alpha = 1,6$   $k_2 = 1.2792$  и  $n_2 = 1.267$ ) [36].

Давление и температура в конце процесса расширения (4.48):

$$p_b = p_z / \delta^{n_2} \text{ и } T_b = T_z / \delta^{n_2 - 1} \quad (4.48)$$

$$p_b = 10,059 / 10,91^{1,267} = 0,49 \text{ МПа,}$$

$$T_b = 2139 / 10,91^{1,267 - 1} = 1130 \text{ К.}$$

Проверка ранее принятой температуры остаточных газов (4.50):

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{p_b}{p_r}}} \quad (4.50)$$

$$T_r = 1130 / (0,49 / 0,162)^{1/3} = 781,4 \text{ К;}$$

$$\Delta T_r = 100 \cdot (781,4 - 800) / 800 = 2,3\%.$$

#### 4.5.9 Эффективные показатели двигателя

где  $Q_0$  – общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом:

$$Q_0 = 42440 \cdot 19,8 / 3,6 = 233420 \text{ Дж/с.}$$

Теплота, эквивалентная эффективной работе за 1 сек (4.56):

$$Q_e = 1000 N_e = 1000 \cdot 65000 = 65000000 \text{ Дж/с.} \quad (4.56)$$

Теплота, в уходящих отработавшими газами (4.57):

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

$$Q_r = (G_T / 3,6) \{ M_2 [(m c_p'')_{i0}^{tr}] t_r - M_1 [(m c_p'')_{i0}^{tk}] t_k \}, \quad (4.57)$$

$$(m c_p'')_{i0}^{tr} = (m c_v'')_{i0}^{tr} + 8,315 = 23,425 + 8,315 = 31,740 \text{ кДж/(кмоль град).}$$

где  $(m c_v'')_{i0}^{tr}$  – теплоемкость отработавших газов (определяется методом интерполяции при  $\alpha=1,5$  и  $t_r=508,4$  будет  $(m c_v'')_{i0}^{tr}=23,425$

$$(m c_p'')_{i0}^{tk} = (m c_v'')_{i0}^{tk} + 8,315 = 20,825 + 8,315 = 29,144 \text{ кДж/(кмоль град).}$$

$$(m c_v'')_{i0}^{tk} = 20,825 \text{ при } \alpha=1,5 \text{ и } t_k=88^{\circ}\text{C}$$

$$Q_r = (19,8/3,6)(0,8315 \cdot 31,74 \cdot 508,4 - 0,8 \cdot 29,144 \cdot 88) = 62512,2 \text{ кДж/(кмоль град).}$$

Теплота, передаваемая охлаждающей среде :

$$Q_B = c_i D^{1+2m} n^m (1/\alpha) \quad (4.60)$$

$$Q_B = 0,53 \cdot 4 \cdot 10,45^{1+2 \cdot 0,69} \cdot 2500^{0,69} \cdot (1/1,6) = 78035,3 \text{ Дж/с,}$$

где  $c=0,45-0,53$  – коэффициент пропорциональности для четырехтактных двигателей. В расчетах принято  $c=0,5$ ;  $i=8$  – число цилиндров;  $D$  – диаметр цилиндра, см;  $m=0,6-0,7$  – показатель степени для четырехтактных двигателей,  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя,  $\text{мин}^{-1}$ .

Неучтенные потери тепла:

$$Q_{\text{ост}} = Q_0 - (Q_e + Q_r + Q_B) = 233420 - (82000 + 62512,2 + 78035,3) = 10872,5 \text{ Дж/с.}$$

Сведем весь баланс в таблицу 4.13.

Таблица 4.13 – Тепловой баланс

Составляющие теплового баланса	Q, Дж/с
1	2
Теплота, эквивалентная эффективной работе	820000
Теплота, передаваемая охлаждающей среде	625122
Теплота, отработавшими газами	780353

Неучтенные потери теплоты	108725
Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом	233420

#### 4.6 Расчет котла утилизатора

Расчетная котла-утилизатора,  $P$ , т/ч, определяется по формуле (4.58):

$$P = 3,4 \cdot Q / \Delta i, \quad (4.58)$$

где  $Q$  - количество тепла, отдаваемое дымовыми газами, кВт;

$\Delta i$  - количество тепла, воспринятое в котле 1 кгводы, кДж/кг.

Количество тепла, отдаваемое дымовыми газами, определяется как (4.59):

$$Q = V_{до} (i_o - i_{yx} + i_{нод}), \quad (4.59)$$

где  $V_{до}$  - объем дымовых газов (с учетом подсоса воздуха), м<sup>3</sup>/с;

$i_o$  - энтальпия дымовых газов перед котлом, кДж/м<sup>3</sup>;

$i_{yx}$  - энтальпия дымовых газов после котла, кДж/м<sup>3</sup>;

$i_{нод}$  - энтальпия подсосанного воздуха, кДж/м<sup>3</sup>.

Для упрощения расчета объем дымовых газов, проходящих через котел, принимается равным(4.60):

$$V_{до} = V + V_{нод} / 2, \quad (4.60)$$

где  $V_{нод}$  - подсос воздуха в газоходе.

Количество тепла, воспринятое в котле 1 кгводы, равно (4.61):

$$\Delta i = i_{не} - i_{нв} + i_{прод}, \quad (4.61)$$

где  $i_{не}$  - энтальпия перегретого пара, кДж/кг;

$i_{нв}$  - энтальпия питательной воды, кДж/кг;

$i_{прод}$  - энтальпия продувочной воды, кДж/кг.

Энтальпия продувочной воды находится по формуле (4.62):

$$i_{прод} = 0,01 \cdot B(i - i_{нв}), \quad (4.62)$$

где  $i$  - энтальпия воды при температуре кипения, кДж/кг;

$B$  - процент продувки, %.

Энтальпия перегретого пара находится по табл.4.14.

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41



$$K = \frac{\alpha_3}{1 + \varepsilon_1 \cdot \alpha_3}, \quad (4.67)$$

где  $\alpha_3 = \alpha_{изл} + \alpha_{конв}$  - суммарный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Коэффициент теплоотдачи конвекцией от дымовых газов к шахматному пучку труб секции определяется по формуле(4.68)

$$\alpha_{конв} = 0,295k_z k_3 (\lambda / d) Re^{0,6}, \quad (4.68)$$

где  $k_z$  - поправка, учитывающая число рядов труб в пучке по ходу дымовых газов (для пароперегревателя  $k_z = 0,95$ ; для остальных секций  $k_z = 1$ );

$k_3$  - поправка, учитывающая взаимное влияние труб (для испарительной секции  $k_3 = 1,24$ , для остальных  $k_3 = 1,11$ );

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности дымовых газов, Вт/(м·К)

$d$  - наружный диаметр трубок, м;

Re - критерий Рейнольдса.

Критерий Рейнольдса определяется по формуле (4.68):

$$Re = W_\delta \cdot d / V, \quad (4.68)$$

где  $W_\delta$  - средняя скорость дымовых газов, м/с;

$V$  - коэффициент кинематической вязкости дымовых газов, м<sup>2</sup>/с.

Средняя скорость дымовых газов равна (4.69):

$$W_\delta = V_\delta / f_\delta, \quad (4.69)$$

где  $V_\delta$  - объемный расход дымовых газов через секцию, м<sup>3</sup>/с;

$f_\delta$  - живое сечение для дымовых газов, м<sup>2</sup>.

Объемный расход дымовых газов через секцию находится по формуле (4.70):

$$V_\delta = V_{\delta 0} (t_\delta + 273) / 273, \quad (4.70)$$

где  $t_{\partial}$  - средняя температура дымовых газов, °С.

Теплофизические свойства определяются по табл.4.14 при средней температуре дымовых газов[36].

Таблица 4.14 - Теплофизические свойства дыма и воздуха

Температура °С	0	100	200	300	400	500	600	700
$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·К)	2,28	3,02	4,02	4,85	5,71	6,56	7,44	8,29
$V \cdot 10^6$ , кДж/м <sup>3</sup>	12,20	21,54	32,80	45,81	60,38	76,3	93,61	112,1
I CO <sub>2</sub> , кДж/м <sup>3</sup>	0	172	362	564	777	1002	1237	1475
I H <sub>2</sub> O, кДж/м <sup>3</sup>	0	150	303	461	624	792	965	1144
I N <sub>2</sub> , кДж/м <sup>3</sup>	0	130	261	392	527	665	805	940
I O <sub>2</sub> , кДж/м <sup>3</sup>	0	132	267	407	552	700	852	1005
I под, кДж/м <sup>3</sup>	0	130,4	-	-	-	-	-	-

Для приближенных расчетов коэффициента теплоотдачи излучением в системе труб можно воспользоваться формулой (4.71):

$$\alpha_{изл} = C_0 \cdot \varepsilon_{ст.эф} \frac{[\varepsilon_{г}(T_{г}/100)^4 - \varepsilon_{г.ст}(T_{ст}/100)^4]}{T_{г} - T_{ст}}, \quad (4.71)$$

где  $C_0=5,67$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) - коэффициент излучения абсолютно черного тела;

$\varepsilon_{ст.эф} = (1 + \varepsilon_{ст})/2$  - эффективная степень черноты;

$\varepsilon_{г}, \varepsilon_{ст}$  - степени черноты дымовых газов и стенок труб;

$\varepsilon_{г.ст}$  - степень черноты дымовых газов при температуре стенок труб;

$T_{г}, T_{ст}$  - соответственно температуры дымовых газов и стенок труб, К.

Степень черноты дымовых газов находится по формуле (4.72):

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{CO_2} + B \cdot \varepsilon_{H_2O} \quad (4.72)$$

где  $\varepsilon_{CO_2}$  - степень черноты углекислого газа, содержащегося в дымовых газах;

$\varepsilon_{H_2O}$  - степень черноты водяных паров;

$B$  - поправочный коэффициент.

Степень черноты дымовых газов при температуре стенок труб определяется по формуле (4.73)

$$\varepsilon_{rCT} = \varepsilon_{CO_2} \left( \frac{T_r}{T_{CT}} \right) \cdot 0,65 + B \cdot \varepsilon_{H_2O} \quad (4.73)$$

Степени черноты  $CO_2$  и  $H_2O$  являются функциями температуры  $T$  и произведения парциального давления  $p$  на эффективную длину луча  $S_{\text{эф}}$ , то  $pS_{\text{эф}}$  есть . Парциальное давление газа в смеси, Па, определяется как произведение его содержания в смеси (в долях) на абсолютное давление смеси ( $10^5$  Па).

Эффективная длина луча в шахматном пучке определяется по формулам (4.73),(4.74),(4.75)

$$A = (S_1 + S_2) / d, \quad (4.73)$$

$$S_{\text{эф}} = (1,87 \cdot A - 4,1)d, \text{ если } A \leq 7; \quad (4.74)$$

$$S_{\text{эф}} = (2,87 \cdot A - 10,6)d, \text{ если } A > 7. \quad (4.75)$$

Фактическое количество тепла, воспринятое поверхностью нагрева данной секции определяется по формуле (4.76):

$$Q_C = F \cdot K \cdot \Delta t / V_{\text{до}} \quad (4.76)$$

Энтальпия дымовых газов на выходе из секции находится по формуле (4.77):

$$i_{\text{ок}} = i_{\text{он}} - Q_C / \varphi + i_{\text{под}}, \quad (4.77)$$

где  $\varphi$  - коэффициент сохранения тепла.

Истинное значение температуры дымовых газов в конце секции находится по интерполяционной формуле (4.78):

$$t_{\text{ок}} = t_{\text{он}} - (t'_{\text{ок}} - t_{\text{он}}) \cdot (i_{\text{ок}} - i_{\text{он}}) / (i'_{\text{ок}} - i_{\text{он}}). \quad (4.78)$$

Расхождение между полученным и ранее принятым значениями температуры дымовых газов на выходе из секции не должно превышать 5%

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		45

Расчет пароперегревателя выполняем для таких начальных условий:

- объем дымовых газов перед котлом утилизатором  $V=85000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- содержание в дымовых газах  $N_2=70,5\%$ ,  $O_2=5,5\%$ ;
- температура дыма после пароперегревателя  $t_{ne}=650 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- температура подсасываемого воздуха  $t_{нод}=30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- остальные параметры соответствуют расчетному заданию.

Определяется по формуле расчетное количество дымовых газов, проходящих через котел-утилизатор

$$V_{до} = 85000 + 0,05 \cdot 85000 / 2 = 87125 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ (24,2 м}^3/\text{с)}$$

Принимаем температуру дымовых газов за пароперегревателем  $t'_{ок} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$\Delta t = [(650 - 600) - (600 - 210)] L n [(650 - 600) / (600 - 210)] = 329 \text{ }^\circ\text{C}$$

По формуле температура газового потока

$$t_{д} = 0,5(600 + 210) + 329 = 622 \text{ }^\circ\text{C}$$

По формуле объемный расход дымовых газов

$$V_{д} = 24,2(622 + 273) / 273 = 79,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

По формуле средняя скорость дымовых газов

$$W_{д} = 79,3 / 6,34 = 12,5 \text{ м/с}$$

По табл.4.14 определяем теплофизические свойства дымовых газов при температуре  $622 \text{ }^\circ\text{C}$ , используя интерполяционную формулу вида:

Коэффициент теплопроводности

$$\lambda \cdot 10^2 = 7,44 + (8,29 - 7,44)(622 - 600) / (700 - 600) = 7,627$$

$$\lambda = 0,0763 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

Кинетическая вязкость

$$V \cdot 10^6 = 93,61 + (112,1 - 93,61)(622 - 600) / (700 - 600) = 97,68$$

$$V = 97,68 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

По формуле критерий Рейнольдса

$$Re = 12,5 \cdot 0,032 / 97,68 \cdot 10^{-6} = 4095$$

По формуле коэффициент конвективной теплоотдачи

$$\alpha_{конв} = 0,295 \cdot 0,95 \cdot 1,11(0,0763 / 0,032)4095 = 109 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

По формуле определяем коэффициент А

$$A = (86 + 70) / 32 = 4,875$$

Так как  $A \leq 7$ , то по формуле эффективная длина луча

$$S_{эф} = (1,87 \cdot 4,875 - 4,1) \cdot 0,032 = 0,161 \text{ м}$$

Произведение парциального давления на эффективную длину луча:

$$p_{CO_2} \cdot S_{эф} = 10^5 \cdot 0,13 \cdot 0,161 = 0,0021 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{м};$$

$$p_{H_2O} \cdot S_{эф} = 10^5 \cdot 0,11 \cdot 0,161 = 0,0018 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{м}.$$

По номограммам находим:

$$\varepsilon_{CO_2} = 0,07; \varepsilon_{H_2O} = 0,05; B = 1,1.$$

По формуле степень черноты дымовых газов:

$$\varepsilon_r = 0,07 + 1,1 \cdot 0,05 = 0,125$$

Энтальпия дымовых газов по табл.4.14

$$t_{дн} = 650 \text{ }^\circ\text{C} \quad t'_{дк} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$i_{CO_2} = 0,13 \cdot 1356 = 176,28 \quad i_{CO_2} = 0,13 \cdot 1237 = 160,81$$

$$i_{H_2O} = 0,11 \cdot 1054,5 = 116,00 \quad i_{H_2O} = 0,11 \cdot 965 = 106,15$$

$$i_{N_2} = 0,705 \cdot 872,5 = 615,11 \quad i_{N_2} = 0,705 \cdot 805 = 567,53$$

$$i_{O_2} = 0,055 \cdot 928,5 = 51,07 \quad i_{O_2} = 0,055 \cdot 852 = 46,86$$

$$i_{дн} = 958,46 \text{ кДж}/\text{м}^3 \quad i'_{дк} = 881,35 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		47

По формуле находим ориентировочное количество тепла, отданного дымовыми газами в пароперегревателе:

$$Q'_C = 24,2(958,46 - 881,35) = 1866 \text{ кВт} = 1866 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

По формуле средняя температура стенок труб:

$$t_{CT} = 0,5(376 + 210) + 0,005 \cdot 1866 \cdot 10^3 / 87 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$$

По формуле степень черноты дымовых газов при температуре стенок:

$$\varepsilon_{Г.СТ} = 0,07(895 / 673)^{0,65} + 1,1 \cdot 0,05 = 0,139$$

По формуле определяем эффективную степень черноты:

$$\varepsilon_{СТ.СФ} = (1 + 0,8) / 2 = 0,9$$

По формуле находим коэффициент теплоотдачи излучением:

$$\alpha_{изл} = 5,67 \cdot 0,9 \cdot [0,125(895/100)^4 - 0,139(673/100)^4] / (895 - 673) = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Суммарный коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_3 = 12 + 109 = 121 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

По формуле средний коэффициент теплопередачи равен:

$$K = 121 / (1 + 0,005 \cdot 121) = 75,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

По формуле определяем количество тепла, воспринятое поверхностью нагрева:

$$Q_C = 87 \cdot 75,4 \cdot 329 / 24,2 = 89 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{м}^3 = 89 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

По формуле энтальпия дымовых газов на выходе из секции равна:

$$i_{ДК} = 958,46 - 89 / 0,93 + 39,12 = 901,88 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

Таким образом,  $i_{600} < i_{ДК} < i_{650}$ , и температура дымовых газов на выходе из пароперегревателя по формуле равна:

$$t_{ДК} = 650 - (600 - 650) \cdot (901,88 - 958,46) / (881,35 - 958,46) = 613 \text{ }^\circ\text{C}$$

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Расхождение между полученным и ранее принятым значениями температуры дымовых газов на выходе из секции равно

$$\delta = 100 \cdot (613 - 600) / 600 = 2,17\%$$

т.е. расхождение не превышает 5%.

Все расчеты теплоты с ДВС, котла – утилизатора, уходящих газа. сведем в таблицу 4.15.

Таблица 4.15 – Суммарное количество теплоты

Наименование оборудование	Количество теплоты в час
1	2
ДВС « Руссфлот» 1	6.5МВт
Котел утилизатор уходящих газов	1.8 МВт
Тепло уходящее в уходящих газах	7.80 МВт
Тепло требуемое потребителю	11.2 МВт

Вывод : Из Таблицы 4.15 мы видим что потребителю не хватает тепла, но в результате расчетов и анализа мы определили. Что не всю теплоту мы берем из уходящих газов а только часть и что есть возможность не включать АДЭС 2 что приведет к экономии топлива .

## 5 НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Забор тепла с байпасной линия выхлопных газов путем установки в эту линию дополнительный котел утилизатор т.к котел утилизатор при работе на полную мощность не справляется и приходится отрывать байпасную ветку и тепло выходит в трубу.

### 5.1 Анализ котла утилизатора ТММ. ТМ 1800

Рассмотрим и проанализируем существующий котел утилизатор фирмы «Рус-Флот» ТММ.ТМ 1800 Теплопроводностью 1800 кВт/ч; Теплопровод сч ностью 1.505 гКкал/час; Расходом воды 40 т/час. Котлы утилизаторы, как правило, не оснащаются собственными топочными камерами. Для сгорания в форсуночной камере используются газы и выхлопы ДВС. Котел утилизатор устройство которого открывает широкие перспективы для использования энергии тепла от сгорания топлива – это значительно увеличивает коэффициент полезного действия самого топлива и установки, уменьшает температуру нагрева агрегата, позволяет улавливать вредные газы и выхлопы. Выхлопные трубы двигателей выведены через полуподвальное помещение, примыкающее к машинному залу справа. В этом помещении расположены циркуляционные водяные насосы, а также котлы-утилизаторы тепла отходящих газов. Если тепло газов не используется, то они направляются непосредственно в глушители, выполненные в данном примере в виде бетонных камер, внутри которых расположены металлические глушители. Получаемый в котлах-утилизаторах пар используется для отопления здания станции, служебных помещений, подогрева воды для душа и т. п. В периоды остановки двигателей для отопления станции служит отопительный котел с отдельной топкой, установленный в том же насосном помещении.

Котёл-утилизатор выполняется с многократной принудительной циркуляцией котловой воды, осуществляемой включенными в циркуляционный контур котла насосами с электроприводом. Котел-утилизатор состоит из конвективных поверхностей нагрева, расположенных в П-образном газоходе прямоугольного сечения, и барабана.

Котёл-утилизатор выполняется с многократной принудительной циркуляцией котловой воды, осуществляемой включенными в циркуляционный контур котла насосами с электроприводом. Котел-утилизатор состоит из конвективных поверхностей нагрева, расположенных в П-образном газоходе прямоугольного сечения, и барабана.

Котёл-утилизатор снабжен обмывочными аппаратами для очистки труб всех поверхностей нагрева. Получаемый в котлах-утилизаторах пар используется для отопления здания станции, служебных помещений, подогрева воды для душа и т. п. В периоды остановки двигателей для отопления станции служит отопительный котел. Головки обмывочных аппаратов установлены на верхнем перекрытии переходного газохода, а трубы с соплами проходят внутри первого и второго газоходов, до нижних труб водяного экономайзера и пароперегревателя

										лист
										50
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.04.01.2019.226.17 ПЗ					

## 5.2 Рассмотрим режимы работы котла утилизатора от числа оборотов ДВС

На имеющемся оборудовании мы проведем анализ работы ДВС от температуры уходящих газов от числа оборотов ДВС. Сравним время работы и зависимость оборотов от температуры уходящих газов на имеющемся оборудовании и сведем результаты в таблицу 5.2

Таблица 5.2 – Зависимость температуры от числа оборотов ДВС

Описание	Температура уходящих газов С	Количество оборотов ДВС Об/мин
Пуск	0	980
Прогрев	100	980
Прогрев	200	980
Работа с нагрузкой	300	1500
Работа с нагрузкой	320	1600
Работа с нагрузкой	340	1700
Работа с нагрузкой	400	1800
Работа с нагрузкой	420	1900
Работа с нагрузкой	440	2000
Работа с нагрузкой	460	2100
Работа с нагрузкой	480	2200
Работа с нагрузкой	500	2300
Работа с нагрузкой	520	2400
Работа с нагрузкой	540	2500
Работа с нагрузкой	560	2600
Работа с нагрузкой	580	2700
Работа с нагрузкой	600	2800

Далее рассмотрим проанализируем равномерность работы котла утилизатора совместно с ДВС и результаты запишем в таблицу 5.3

Таблица 5.3 – Анализ работы котла утилизатора ТТ.ТТМ – 18000 совместно с ДВС

Описание	Температура уходящих газов С	Количество оборотов ДВС Об/мин	Ошибка! котла утилизатора кВт/ч	Ошибка! котла утилизатора ГКкал/ч
1	2	3	4	5
Пуск	0	980	0	0

Продолжение таблицы 5.3

1	2	3	4	5
Прогрев	100	980	0	0
Прогрев	200	980	0	0
Работа с нагрузкой	300	1500	900	0.77
Работа с нагрузкой	320	1600	960	0.82
Работа с нагрузкой	340	1700	1020	0.87
Работа с нагрузкой	400	1800	1200	1.031
Работа с нагрузкой	420	1900	1260	1.083
Работа с нагрузкой	440	2000	1320	1.13
Работа с нагрузкой	460	2100	1380	1.18
Работа с нагрузкой	480	2200	1440	1.23
Работа с нагрузкой	500	2300	1500	1.28
Работа с нагрузкой	520	2400	1560	1.34
Работа с нагрузкой	540	2500	1640	1.41
Работа с нагрузкой	560	2600	1680	1.44
Работа с нагрузкой	580	2700	1740	1.49
Работа с нагрузкой	600	2800	1800	1.505

Рассмотри полную зависимость ДВС котла утилизатора и расход воды.  
Сведем все значения в таблицу 5.4

Таблица 5.4 - Зависимость ДВС котла утилизатора и расход воды

Описание	Температура уходящих газов С	Количество оборотов ДВС Об/мин	Теплопроводность котла утилизатора кВт/ч	Ошибка! котла утилизатора гКкал/ч	Расход воды т/ч
1	2	3	4	5	6
Пуск	0	980	0	0	0
Прогрев	100	980	0	0	0.66
Прогрев	200	980	0	0	13.20

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6
Работа с нагрузкой	300	1500	900	0.77	19.80
Работа с нагрузкой	320	1600	960	0.82	21.12
Работа с нагрузкой	400	1800	1200	1.031	26.4
Работа с нагрузкой	420	1900	1260	1.083	27.72
Работа с нагрузкой	440	2000	1320	1.13	29.04
Работа с нагрузкой	460	2100	1380	1.18	30.36
Работа с нагрузкой	480	2200	1440	1.23	31.68
Работа с нагрузкой	500	2300	1500	1.28	33
Работа с нагрузкой	520	2400	1560	1.34	34.32
Работа с нагрузкой	540	2500	1640	1.41	35.64
Работа с нагрузкой	560	2600	1680	1.44	36.96
Работа с нагрузкой	580	2700	1740	1.49	38.28
Работа с нагрузкой	600	2800	1800	1.505	40

Из таблиц мы видим что зависимость получения тепла прямо зависит от числа оборотов двигателя (чем выше обороты тем больше тепла ) Из представленного каталога фирмы «РУСфлот» рассмотрим таблицу 5.4 где представили нам котлы утилизаторы.

Таблица 5.5 – Каталог котлов утилизаторов фирмы «РУСфлот»

Модель	Расход воды, т/ч	Теплопроизводительность, кВт/ч	Теплопроизводительность, гКал/ч
1	2	3	4
ТММ-ТМ.100	3,4	100	0,086
ТММ-ТМ.150	5,1	150	0,129



Продолжение таблицы 5.5

1	2	3
Работа с нагрузкой	420	1900
Работа с нагрузкой	440	2000
Работа с нагрузкой	480	2200
Работа с нагрузкой	500	2300
Работа с нагрузкой	520	2400
Работа с нагрузкой	540	2500
Работа с нагрузкой	560	2600
Работа с нагрузкой	580	2700
Работа с нагрузкой	600	2800

Далее рассмотрим равномерность работы нового котла утилизатора совместно с ДВС и сведем все в таблицу 5.6

Таблица 5.6 - Работы нового котла утилизатора совместно с ДВС

Описание	Температура уходящих газов С	Количество оборотов ДВС Об/мин	Теплопроводность котла утилизатора кВт/ч	Теплопроводность котла утилизатора гКкал/ч
1	2	3	4	5
Пуск	0	980	0	0
Прогрев	100	980	0	0
Прогрев	200	980	0	0
Работа с нагрузкой	300	1500	2499	2.13
Работа с нагрузкой	320	1600	2665.6	2.272
Работа с нагрузкой	340	1700	2832.2	2.414
Работа с нагрузкой	400	1800	3332	2.84
Работа с нагрузкой	420	1900	3498.6	2.982

Продолжение таблицы 5.6

1	2	3	4	5
Работа с нагрузкой	440	2000	3665	3.124
Работа с нагрузкой	460	2100	3831.8	3.266
Работа с нагрузкой	480	2200	3998.4	3.40
Работа с нагрузкой	500	2300	4165	3.55
Работа с нагрузкой	520	2400	4331.6	3.692
Работа с нагрузкой	540	2500	4498.2	3.834
Работа с нагрузкой	560	2600	4664.8	3.976
Работа с нагрузкой	580	2700	4831.4	4.118
Работа с нагрузкой	600	2800	5000	4.30

Рассмотри полную зависимость ДВС котла утилизатора и расход воды.  
Сведем все значения в таблицу 5.7

Таблицы 5.7 - Зависимость ДВС котла утилизатора и расход воды

Описание	Температура уходящих газов С	Количество оборотов ДВС Об/мин	Ошибка! котла утилизатора кВт/ч	Ошибка! котла утилизатора гКкал/ч	Ошибка! воды т/ч
1	2	3	4	5	6
Пуск	0	980	0	0	0
Прогрев	100	980	0	0	23
Прогрев	200	980	0	0	46
Работа с нагрузкой	300	1500	2499	2.13	69









эффективность что не включаем второй АДЭС. Но и при замене форсунок мы со-  
кращаемрасходы на топлива что эффективно.

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62









$$V_n = \frac{P \cdot V_z \cdot t_{cp}}{P \cdot t_n}, \quad (7.1)$$

где  $t_{yx} = 122,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 395,5 \text{ K}$  – средняя температура уходящих газов;

$$V_{ny} = \frac{101090 \cdot 11,267 \cdot 395,5}{97000 \cdot 273} = 17,01 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Расход топлива на определим по формуле(6.3):

$$B_p = \frac{\sum Q}{Q_n^p \cdot \eta}, \quad (7.2)$$

где  $\sum Q = 6.5 \text{ МВт}$  – суммарная мощность ДВС;

$\eta = 93\%$  – КПД ДВС ( Из паспорта АДЭС фирмы «РУСфлот».)

$$B_n = \frac{6,5}{3364 \cdot 0,93} = 0,111 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$B_z = \frac{6,5}{1364 \cdot 0,93} = 5,12 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе (7.3):

$$V = V_{ny} \cdot B_p \quad (7.3)$$

$$V = 0,111 \cdot 17,01 = 1.89$$

$$V = 5,12 \cdot 17,01 = 87,09$$

Найдем объем объем продуктов сгорания при работе в зимний период:

$$V_z = \frac{T_{yx} \cdot V_n \cdot P}{P_r \cdot t_n},$$

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		67



где  $\beta_K = 1$  – безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию поршня.

$\beta_t$  – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого в камеру сгорания (7.8):

$$\beta_t = 1 + 0,002 \cdot (t_{2g} - 30), \quad (7.8)$$

где  $t_{2g}$  – температура горячего воздуха, °С.

$$\beta_t = 1 + 0,002 \cdot (1000 - 30) = 2,94.$$

где  $\beta_\alpha = 1$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота.

где  $\beta_r$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции уходящих газов через выпускной коллектор на образование оксидов азота (7.9).

$$\beta_r = 0,16 \cdot \sqrt{r}, \quad (7.9)$$

где  $r$  – степень рециркуляции уходящих газов.

$$\beta_r = 0,16 \cdot \sqrt{1} = 0,16.$$

где  $\beta_\delta = 0,01$  – безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в камеру сгорания.

где  $k_{II}$  – коэффициент пересчета, при определении выбросов в граммах в секунду  $k_{II} = 1$ .

$$M_{NO_2} = 0,11 \cdot 33,64 \cdot 0,05 \cdot 1 \cdot 2,94 \cdot 1 \cdot (1 - 0,16) \cdot (1 - 0,01) \cdot 1 = 0,45 \text{ г/с};$$

$$ПДК = 0,085 \text{ мг/м}^3.$$

#### 7.4 Расчет выброса оксидов серы

Суммарное количество оксидов серы  $M_{SO_2}$ , выбрасываемых атмосферу с уходящими газами (г/с), вычисляются по формуле

$$M_{SO_2} = 0,02BS_P (1 - \eta'_{SO_2}) (1 - \eta''_{SO_2})$$

где  $B$  – расход натурального топлива за рассматриваемый период, г/с;

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		69

$S_p$  - содержание серы в топливе на рабочую массу, %;

$\eta'_{so_2}$  - доля оксидов серы, связываемых летучими газами;

$\eta''_{so_2}$  - доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц.

$$M_{so_2} = 0.020 \cdot 0.0035 \cdot 0.2744'' (1 - 0.02)(1 - 1) = 0.0059$$

### 7.5 Расчет выброса оксидов углерода.

Суммарного количества выбросов оксида углерода, г/с (т/год), может быть выполнена по соотношению

$$M_{co} = 10^{-3} B C_{co} \left( 1 - \frac{q_4}{100} \right) \quad (7.13)$$

где  $B$  - расход топлива, г/с (т/год);

$C_{co}$  - выход оксида углерода при сжигании топлива,. Определяется по формуле

$$C_{co} = q_4 R Q_r'' \quad (7.14)$$

где  $q_3$  - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

$R$  - коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; принимается для

где  $Q_r''$  - низшая теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг (МДж/нм<sup>3</sup>);

$$C_{co} = 0,1 \cdot 42624 \cdot 0.65 = 2770.56$$

$$M_{co} = 10^{-3} \cdot 0.111 \cdot 2770.56 \left( 1 - \frac{0.1}{100} \right) = 0.03$$

### 7.4 Расчет максимальной концентрации выбросов. Поверочный расчёт высоты дымовой трубы

Даже после очистки в уходящих газах остаются вредные вещества, особенно газообразные, количество которых может значительно превосходить предельно допустимую концентрацию (ПДК) этих веществ в атмосфере. Основным методом снижения концентрации выбросов на уровне земли является рассеивание их через

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		70

высокие дымовые трубы. При истечении в атмосферу дымовые газы состоят из продуктов реакции горения топлива. Происходит изменение их состава. Образуются новые соединения.

Отходящие газы от любых промышленных источников подлежат рассеиванию в атмосфере, даже если они не содержат токсичных веществ. Рассеивание (диффузия) токсинов, выделяемых различными источниками, происходит под влиянием турбулентности.

Свойственной приземному слою атмосферы. Различные слои воздуха интенсивно перемешиваются во всех направлениях. Это приводит к разбавлению загрязненных слоев и к падению концентрации токсигенов в них. Турбулентность атмосферы может иметь механическое и термическое происхождение. В первом случае она возникает главным образом в результате трения ветрового потока о поверхность почвы. С увеличением шероховатости поверхности интенсивность турбулентности возрастает, так как возрастает размер вихрей, распространяющихся до больших высот. Другим источником турбулентности в атмосфере является неравномерное распределение температуры (тепловое расслоение приземного слоя воздуха).

Турбулентность ветра играет большую роль в процессе атмосферного тепло-массообмена, благодаря которому происходит рассеивание газовых и пылевых облаков в атмосфере.

Из дымовых труб поток газов выбрасывается в высокие слои атмосферы, перемешивается с воздухом, за счет чего концентрация вредных веществ на уровне дыхания снижается до нормативного значения. К тому же окислы азота и серы, попавшие в атмосферу, там не накапливаются, т.к. под действием ультрафиолетового излучения сравнительно быстро происходит самоочищение [32]. 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 (7.10).

$$C_m \leq \text{ПДК} \quad (7.10)$$

Максимальная концентрация выбросов может быть рассчитана по формуле (7.11):

$$C_m = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{h^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad (7.11)$$

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

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

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

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

									лист
									71
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.04.01.2019.226.17 ПЗ				

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

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

$\eta$  – поправочный коэффициент на рельеф. Если перепад высот в местоположении источника выбросов не превышает 50 м на 1 км или препятствия (откосы, каньоны, горная гряда и т.п.) удалены более чем на 50Н, то  $\eta = 1$ .

В рассматриваемая в ВКР, имеет существующую дымовую трубу длиной 31,875 м и диаметром 1000 мм. Произведем ее поверочный расчет, целью которого является определение максимальной концентрации выбросов с учетом вновь устанавливаемых котловутилизаторови сравнение максимальной концентрации выбросов с предельной допустимой. Если это условие будет выполняться, и максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое  $C_m$  не будет превосходить максимально разовую ПДК, то данная дымовая труба будет соответствовать условиям эксплуатации и не будет необходимости в её реконструкции.

Скорость газа при высоте трубы 31,875 м и диаметре трубы 1000 мм найдем по формуле (6.12):

$$w_2 = \frac{1 \cdot V}{3.14 \cdot D^2} \quad (7.12)$$

$$w_2 = \frac{1 \cdot 134.4}{3.14 \cdot 1^2} = 42.8$$

Находим значение коэффициента  $m$  по формуле (6.13):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (7.13)$$

где коэффициент  $f$  определяется по формуле(7.14):

$$f = \frac{10^3 w_2^2 D_o}{h_1^2 \Delta T}, \quad (7.14)$$

где  $\Delta T = 122,5 + 273 - (-15,5 + 273) = 138\text{K}$

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		72

$$f = \frac{10^3 \cdot 42.8^2 \cdot 1}{31,875^2 \cdot 138} = 41,64,$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{41,64} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{41,64}} = 0,38,$$

Безразмерный коэффициент определяется в зависимости от параметра  $v_m$  (7.15):

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } v_m \leq 0,3 \quad n = 3; \\ \text{при } 0,3 \leq v_m \leq 2 \quad n = 33\sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)}; \\ \text{при } v_m > 2 \quad n = 1. \end{array} \right\} \quad (7.15)$$

Параметр определяется по формуле (7.16):

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T / h_1} \quad (7.16)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{134,4 \cdot 138}{31,875}} = 5,2 \text{ м/с}$$

Т.к  $v=5.2$  больше 2, то  $n = 1$ .

Максимальная концентрация выбросов  $\text{NO}_2$  получается:

$$C_m = \frac{160 \cdot 0,45 \cdot 1 \cdot 0,38 \cdot 1}{31,875^2 \cdot \sqrt[3]{134,4 \cdot 138}} = 0,001 \text{ мг/м}^3$$

$$\text{ПДК}_{\text{NO}_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальная концентрация выбросов  $\text{SO}_2$  получается:

$$C_m = \frac{160 \cdot 0,0059 \cdot 1 \cdot 0,38 \cdot 1}{31,875^2 \cdot \sqrt[3]{134,4 \cdot 138}} = 0,00013 \text{ мг/м}^3$$

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

$$ПДК_{SO_2}=0,5 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальная концентрация выбросов CO получается:

$$C_m = \frac{160 \cdot 0,03 \cdot 1 \cdot 0,38 \cdot 1}{31,875^2 \cdot \sqrt[3]{134,4 \cdot 138}} = 0,00098 \text{ мг/м}^3$$

$$ПДК_{CO} = 5,0 \text{ мг/м}^3.$$

Расчитаем суммарное влияние CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>.

$$\frac{C_{CO}}{ПДК_{CO}} + \frac{C_{SO_2}}{ПДК_{SO_2}} + \frac{C_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} \leq 1,6,$$

$$\frac{0,00098}{5} + \frac{0,00013}{0,5} + \frac{0,001}{0,085} = 0,0009196 + 0,00032 + 0,011 = 0,0122396 \leq 1,6$$

Полученный результат занесём в таблицу 7.1

Таблица 7.1 – Выбросы загрязняющих веществ

Загрязняющие вещества	ПДК мг/м	
	Максимально-разовые	Из приведённых расчетов
1	2	3
Оксид углерода	5.0	0.00098
Диоксид серы	0.5	0.00013
Диоксид азота	0.085	0.001

Максимальная концентрация выбросов не превышает ПДК, поэтому можно сделать вывод о том, что существующая дымовая труба соответствует условиям эксплуатации и не нуждается в реконструкции или замене.





## 9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

При разработке проекта модернизации уходящих газов ДВС необходимо учитывать вопросы безопасности жизнедеятельности, эргономики и производственной эстетики. В данном разделе оценим влияние потенциально опасных и вредных производственных факторов, рассмотрим общие требования техники безопасности при эксплуатации ДВС, требования электро- и пожаровзрывоопасности, а также эргономику и производственную эстетику рабочего места оператора рассматриваемой ДВС.

### 9.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы рабочей среды и трудового процесса (ОиВФ и ТП) делятся на физические, химические, биологические и психофизические. В ГОСТ 12.0.003-80 «Опасные и вредные производственные факторы» приводится классификация ОиВФ и ТП.

В зоне обслуживания АДЭС эксплуатационным персоналом существуют следующие факторы:

#### 1) физические:

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

#### 2) химические:

- топливо – диз топливо и его продукты сгорания: углекислый газ, оксиды азота, оксиды углерода, бензапирен, летучие органические соединения

#### 3) факторы трудового процесса:

- тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественно нагрузки на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма;
- напряженность труда – нагрузка преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника

#### 4) травм опасные факторы:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
- возможность поражения теплоносителем с высокой температурой;
- повышенное давление теплоносителя;
- разностное расположение оборудования;
- движущиеся и вращающиеся части механизмов могут вызвать механическое повреждение тела человека при попадании частей тела в поле действия этих частей механизмов;
- возможность поражения электрическим током от незащищенных и неизолированных электроприводов оборудования, в частности, насосов;

										лист
										77
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.04.01.2019.226.17 ПЗ					

– возможность получения ожогов.

5) Аварийно возможные ситуации:

– утечка топлива;

– взрыв ДВС;

– пожар;

– разрыв трубопровода вследствие повышения давления, образования свищей.

## 9.2 Общие требования техники безопасности

Обеспечение безопасности жизнедеятельности на ДВС предусматривает выполнение мероприятий в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации ДЭС.

Согласно этим правилам, стационарные ДВС должны устанавливаться в зданиях и помещениях, отвечающих требованиям СП 890.13330.2012 Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76[15].

К обслуживанию установок, работающих под давлением, допускаются лица, достигшие 18 лет и имеющие соответствующее квалификационное удостоверение.

Котельные помещения строят из несгораемых материалов, без чердачных перекрытий. Фронт всех ДВС должен быть расположен по прямой линии и обращен к окнам котельной. Расстояние от фронта ДВС до противоположной стены должно быть не менее 3 м, Проходы для обслуживания основного и вспомогательного оборудования должны быть перед ДВС – 1,5 метра, между остальным оборудованием – 1 метр.

Их всех этажей зданий , а также с площадок площадью не менее 100 квадратных метров должно иметься два выхода.

Котельные должны иметь достаточное естественное и искусственное освещение. Для электрических ламп, находящихся на высоте до 2,5 м, напряжение в осветительной сети не должно превышать 36 В.

Запрещается хранение в легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Все проходы в помещении и все выходы наружу должны быть свободными.

При возникновении аварийной ситуации оператору необходимо остановить ДВС и сообщить об этом лицу, ответственному по ДВС.

В зданиях должен быть телефон или сигнальное устройство для экстренного вызова администрации, пожарной охраны, МЧС, скорой и .т.д.

При эксплуатации установок основными причинами неполадок и аварий могут быть недостатки монтажа, неудовлетворительный ремонт, плохой уход за ДВС и его арматурой, превышение рабочего давления, понижение уровня воды ниже допустимых пределов.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации должны быть оборудованы приборами для измерения давления и температуры, предохранительными устройствами, запорной арматурой и указателями уровня жидкости, превышение рабочего давления, понижение уровня воды ниже допустимых пределов.

При возникновении аварийной ситуации оператору необходимо остановить ДВС и сообщить об этом лицу, ответственному по ДВС.

										лист
										78
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

13.04.01.2019.226.17 ПЗ





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

#### 9.4 Пожаровзрывобезопасность

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

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

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

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

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

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

К техническим мероприятиям относятся, соблюдение противопожарных правил, норм проектирования, при устройстве электропроводов и оборудования,

отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

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

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

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

Возможными источниками пожара в котельной является система топливоподачи котла. Агентом в системе топливоподачи является дизельное топливо.

Утечки топлива могут приводить к общему отравлению организма, вызывать удушье. Кроме того, в определенных концентрациях топливная смесь является взрывоопасной.

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

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

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

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

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

Важную роль в пожарной безопасности помещения котельной имеют эвакуационные и аварийные выходы. Выходы являются эвакуационными, если они ведут:

а) из помещений первого этажа наружу: непосредственно; через коридор; через лестничную клетку; через коридор и лестничную клетку;

б) из помещений любого этажа, кроме первого: непосредственно в лестничную площадку, клетку; в коридор, ведущий непосредственно в лестничную клетку или

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		82

на лестницу; в холл (фойе), имеющий выход непосредственно в лестничную клетку;

в) в соседнее помещение на том же этаже, обеспеченное выходами, указанными в а и б.

Выходы не являются эвакуационными, если в их проемах установлены раздвижные и подъемно-опускные двери и ворота, ворота для железнодорожного подвижного состава, вращающиеся двери и турникеты.

В котельной имеется два эвакуационных выхода, которые располагаются рассредоточено. Каждый из выходов обеспечивает безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании. Двери эвакуационных выходов и другие двери на путях эвакуации должны открываться по направлению выхода из здания и не должны иметь запоров, препятствующих их свободному открыванию изнутри без ключа.

Выходы, не отвечающие требованиям, предъявляемым к эвакуационным выходам, рассматриваются как аварийные и предусматриваются для повышения безопасности людей при пожаре. Аварийные выходы не учитываются при эвакуации в случае пожара. К аварийным выходам относятся:

а) выход на открытый балкон или лоджию с глухим простенком не менее 1,2 м от торца балкона (лоджии) до оконного проема (остекленной двери) или не менее 1,6 м между остекленными проемами, выходящими на балкон (лоджию);

б) выход на открытый переход шириной не менее 0,6 м, ведущий в смежную секцию здания класса Ф1.3 или в смежный пожарный отсек через воздушную зону;

в) выход на балкон или лоджию, оборудованные наружной лестницей, поэтажно соединяющей балконы или лоджии;

г) выход непосредственно наружу из помещений с отметкой чистого пола не ниже -4,5 м и не выше + 5,0 м через окно или дверь с размерами не менее 0,75x1,5 м, а также через люк размерами не менее 0,6x0,8 м; при этом выход через приямок должен быть оборудован лестницей в приямок, а выход через люк лестницей в помещении; уклон этих лестниц не нормируется;

д) выход на кровлю здания I, II и III степеней огнестойкости классов С0 и С1 через окно, дверь или люк с размерами и лестницей по «г».

В качестве аварийных выходов в данной котельной будем считать выходы через окна.

Применение сигнальных цветов и знаков пожарной безопасности обязательно для организаций независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности на всей территории Российской Федерации. В качестве сигнальных цветов используются красный, желтый, синий и зеленый, для усиления зрительного восприятия которых должны применяться контрастные цвета - черный и белый. Красный сигнальный цвет применяют для: обозначения различных видов пожарной техники и ее элементов; обозначения знаков пожарной безопасности, содержащих информацию о месте нахождения средств пожаротушения, спасения людей при пожаре, включения установок (систем) пожарной автоматики и т.п., а также мест нахождения водоисточников; окантовки пожарных щитов белого

										лист
										83
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.04.01.2019.226.17 ПЗ					

цвета, нанесенного непосредственно на вертикальную конструкцию (стену) с устройствами для крепления пожарного инвентаря, обозначения участков (зон), которые запрещается чем-либо загромождать. Обозначение выполняется окантовкой границ таких участков (зон) или заполнением соответствующих площадей этих участков (зон) наклонными под углом 45-60° полосами красного сигнального цвета шириной от 50 до 200 мм.

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

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

Для предупреждения образования взрывоопасных газоздушных смесей большое значение имеет контроль воздушной среды производственного помещения.

Наиболее прогрессивен контроль воздушной среды производственных помещений автоматическими сигнализаторами до взрывных концентраций. При включении предупредительной сигнализации и аварийной вентиляции предусматривается автоматическое или ручное отключение всего или части технологического оборудования.

Для тушения пожара предусмотрены следующие системы:

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

## **9.5 Эргономика и производственная эстетика рабочего места**

Согласно ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования»[8] рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ. Эргономические требования к производственному оборудованию должны устанавливать его соответствие антропометрическим, физиологическим, психофизиологическим и психологическим свойствам человека и обусловленным этими свойствами гигиеническим требованиям с целью сохранения здоровья человека и достижения высокой эффективности труда. При выборе положения работающего необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ (требуемая точность действий, характер чередования по времени пассивного наблюдения и физических действий, необходимость ведения записей и др.).

Эргономическими аспектами проектирования рабочего места оператора котельной являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног,

									лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					84

13.04.01.2019.226.17 ПЗ

требования к расположению документов на рабочем столе, характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

В конструкцию рабочего места включено кресло и рабочий стол, а также предусмотрено в конструкции производственного оборудования пространство для размещения ног. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека. При конструировании органов управления и их размещении в моторном поле рабочего места учтены следующие физиологические особенности двигательного аппарата человека:

- скорость движения рук больше при движении в направлении «к себе», меньше – при движении «от себя»;
- скорость движения правой руки больше при движении слева-направо, левой руки – справа-налево;
- линейная скорость вращательных движений рук больше скорости поступательных движений;
- скорость плавных криволинейных движений рук больше скорости прямолинейных движений рук с резким изменением направления;
- точность движения рук больше при работе в положении сидя, меньше – при работе в положении стоя;
- точность движений рук больше при небольших (до 10 Н) нагрузках;
- точность движений, совершаемых пальцами рук, больше точности движений кистью;
- наибольшая точность движений, совершаемых пальцами рук, достигается в горизонтальной плоскости при положении рук, согнутых в локтевом суставе на 50–60° и в плечевом суставе на 30–40°;

Моторное поле оператора ДВС можно условно разделить на зоны досягаемости, в которых рационально можно разместить предметы, необходимые для осуществления рабочего процесса. Разделение рабочего стола оператора на зоны представлено на рисунке 9.1.

На рабочем месте оператора котельной в обязательном порядке имеется телефон, для оперативного взаимодействия с диспетчерской службой; а также на столе лежат журналы учёта показаний оборудования, и система сигнализации – сигнальная кнопка и датчики контроля за параметрами. Расположение этих предметов учитывают физиологические особенности двигательного аппарата человека. Так, телефон находится с правой стороны от оператора в зоне(а), т е на расстоянии вытянутой руки работающего, чтобы можно было оперативно отвечать на звонки, не вставая при этом с места. Телефон также не может и находится в зоне (г), предназначенной для журналов учета, документов, чтобы не мешать рабочему процессу. Сигнальная кнопка и датчики параметров располагается со стороны левой

руки оператора. Её положение таково, что она не попадает в зоны досягаемости во избежание случайного нажатия, но находится в зоне видимости. Места возможных контактов органов управления с руками работающего выполнены из нетоксичных и электроизоляционных материалов. Форма и размеры приводных элементов органов управления обеспечивают надежный захват их руками. Для обозначения функционального назначения органов управления применяются надписи и символы, которые расположены на элементах конструкции рабочего места в непосредственной близости от органов управления. Органы управления кодируются формой, цветом, размером.

Под столешницей рабочего стола должно быть свободное пространство для ног с размером по высоте не менее 600 мм, по ширине – 500 мм, по глубине – 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420–550 мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки – регулируемый.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение, как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы оператор мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения оператора;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей).
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680–760мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650мм.
- Оптимальные размеры рабочей поверхности столешницы – 1400х1000 мм.

Большое значение также придается правильной рабочей позе оператора. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе оператора котельной видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20°;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти – под углом 80°...100°;
- предплечья и кисти рук – в горизонтальном положении.

					<i>13.04.01.2019.226.17 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						<i>87</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		

## 10 ЭКОНОМИКО-УПРАВЛЕНЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Экономико-управленческая часть выпускной квалификационной работы включает в себя итоговую оценку проводимой на предприятиях модернизации на основе ряда показателей экономической эффективности для последующей реализации в системе управления.

### 10.1 Определение экономической эффективности проекта модернизации АДЭС

Для определения экономической эффективности предлагаемой модернизации определим капитальные затраты на проведение модернизации, текущие затраты на производство тепловой энергии до и после модернизации, и по отношению капитальных затрат к изменению текущих посчитаем срок окупаемости предлагаемого решения.

При принятии решения о модернизации одна из основных задач – срок окупаемости проекта, который не должен превышать принимаемое в настоящее время пять лет.

#### 10.1.1 Определение капитальных затрат на модернизацию

Капитальные затраты на модернизацию АДЭС, включают в себя:

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

Рассчитаем капитальные затраты по формуле (10.1):

$$K = K_{\text{обор}} + K_{\text{проект}} + K_{\text{мон}} + K_{\text{трансп}} + K_{\text{дем}}, \quad (10.1)$$

где  $K_{\text{проект}}$  – затраты на проектирование (тыс. руб);

$K_{\text{обор}}$  – затраты на покупку оборудования (тыс. руб);

$K_{\text{трансп}}$  – затраты на транспортировку оборудования (тыс. руб);

$K_{\text{дем}}$  – затраты на демонтаж старого оборудования (тыс. руб);

$K_{\text{мон}}$  – затраты на монтаж (тыс. руб).

Выполнением проектно-изыскательских работ занимается проектно-конструкторское бюро предприятия. По его данным затраты на разработку проекта составили 35 тыс. руб.

Стоимость оборудования берется по прейскуранту заводов-изготовителей [40, 42, 43, 46, 47], стоимость монтажных работ по данным сметного отдела принята 30 % от стоимости оборудования.

Расходы на транспортировку и складирование оборудования принимаем 5% от

									лист
									88
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.04.01.2019.226.17 ПЗ				

стоимости оборудования всего и рассчитываем транспортные затраты на перевозку всего оборудования[33].

Транспортные затраты составят (10.2):

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

$$K_{\text{транс}} = 0,05 \cdot 970727 = 48,53 \text{ тыс. руб.}$$

Расчеты сведены в таблицу 10.1.

Таблица 10.1 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс.руб.		Общая стоимость, тыс.руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
1	2	3	4	5	6
1. Котел утилизатор ТМ.ТТТ 5000	1	444,19	133,25	444,19	133,25
2. Насос циркуляции «Wilо» TOP-Z 30/10 3~	1	30,25	9,07	30,25	9,07
3. Трубы Ду 250	20 м	17,00	5,10	17,00	5,10
4. Труба Ду 180	12 м	11,28	3,38	11,28	3,38
5. Приборы КИПиА	9	12,00	3,60	108,00	32,40
6. Трубопроводная арматура	12	30,00	1,00	360,00	12,00
ИТОГО:	25			970,72	195,22

Затраты на демонтаж старых трубы рассчитываются следующим образом: необходимо демонтировать участок трубы длиной 5 метров. По данным сметного отдела предприятия затраты на демонтаж 30 тыс. руб.

Все затраты на модернизацию сведем в таблицу 10.2



$$I_m = 378.8 \cdot 10^3 \cdot 13.3 = 5030,10 \text{ тыс. руб/год,}$$

Рассчитаем прочие затраты по формуле 10.5:

$$I_{np} = 0.1 \cdot \sum I_3, \quad (10.5)$$

$$I_{np} = 0.1 \cdot (144701 + 242.66 + 360) = 1453,03 \text{ тыс. руб/год,}$$

Рассчитаем итоговые затраты по формуле(10.6):

$$I_{\Sigma} = \sum I_3, \quad (10.6)$$

$$I_m = 3513,60 + 5030,10 + 1626 + 1410,49 + 3652,00 + 1453,03 = 3674,88 \text{ тыс. руб/год,}$$

Рассчитаем себестоимость 1 МВт ч теплоты по формуле (10.7):

$$C = \frac{I_{\Sigma}}{Q}, \quad (10.7)$$

где С – себестоимость 1 МВт ч;

$I_{\Sigma}$  - итоговые затраты тыс.руб./год;

$Q$  - годовой расход теплоты МВт.

$$C = \frac{3674,88}{9426.8} = 3660.3 \frac{\text{руб}}{\text{Мвт}},$$

Все расчеты текущих затрат сведем в таблицу 10.3

Таблица 10.3 – Расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание АДЭС на промплощадки в Челябинской области после проведения модернизации

Показатели и статьи затрат	Единица измерения	Величина
1	2	3
1. Годовой расход топлива[36]	тысяч.т/год	878,40
2. Тариф на топливо [45]	тыс.руб/т	40,00
3. Годовые затраты на топливо	тыс.руб./год	3513,60
4. Расход воды[36]	$10^3 \cdot \text{м}^3/\text{год}$	378,20
5. Тариф на воду [45]	руб/м <sup>3</sup>	13,30

Продолжение таблицы 10.3

6. Сырая и питьевая вода	тыс.руб./год	5 030,10
7. Основная и дополнительная зарплата эксплуатационных рабочих (по данным финансово-экономического отдела)	тыс.руб./год	1 626,30
8. Отчисления на социальные нужды (26% от п.7)	тыс.руб./год	422,80
9. Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт (1% от стоимости оборудования), амортизацию оборудования (норма 10%), основную и дополнительную зарплату ремонтного персонала, а также отчисления на соц. нужды (26% от зарплаты ремонтников).	тыс.руб./год	1410,49
10. Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений (0,25% от стоимости оборудования, а также отчисления на соц. нужды (26% от зарплаты).	тыс.руб./год	3652,00
11. Прочие производственные расходы (10% от суммы зарплаты всех категорий персонала)	тыс.руб./год	14530,36
12. Итого затрат	тыс.руб./год	3674,80
13. Годовой расход теплоты	МВт/год	9426,80
14. Себестоимость 1 МВ т ч теплоты	руб./МВтч	3660,30

## 10.1.2 Расчет текущих затрат на теплоснабжение после модернизаций АДЭС

Рассчитаем годовые затраты на топливо по формуле (10.3):

$$I_m = \frac{\left( \frac{B_{год} \cdot C_m}{366} \right)}{2}, \quad (10.3)$$

где  $B_{год}$  - годовой расход топлива(тон);

$C_m$  - цене топлива(тыс.руб.).

$$I_m = \frac{\left( \frac{878400 \cdot 40}{366} \right)}{2} = 1756,80 \text{ тыс.руб,}$$

Рассчитаем затраты на сырую и питьевую воду по формуле(10.4):

$$I_6 = C_6 \cdot G_{год} \text{ тыс.руб,} \quad (10.4)$$

где  $C_6$  - цена воды(тыс.руб.);

$G_{год}$  - годовой расход воды(тон).

$$I_m = 378,8 \cdot 10^3 \cdot 13,3 = 5030,10 \text{ тыс.руб,}$$

Рассчитаем прочие затраты по формуле(10.5):

$$I_{np} = 0,1 \cdot \sum I_3, \quad (10.5)$$

$$I_{np} = 0,1 \cdot (1447,01 + 242,66 + 360) = 1453,03 \text{ тыс.руб,}$$

Рассчитаем итоговые затраты по формуле(10.6):

$$I_{\Sigma} = \sum I_3, \quad (10.6)$$

$$I_m = 1756,8 + 5030 + 1626 + 1410,490 + 3652,00 + 1453,03 = 8612,97 \text{ тыс.руб,}$$

Рассчитаем себестоимость 1 Мвтч теплоты по формуле (10.7):

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		93

$$C = \frac{I_{\Sigma}}{Q}, \quad (10.7)$$

где  $I_{\Sigma}$  - итоговые затраты(тыс.руб./год);

$Q$  - годовой расход теплоты(Мвт).

$$C = \frac{8612970}{9426.8} = 2595.7 \frac{\text{руб}}{\text{Мвт}},$$

Все расчеты текущих затрат сведем в таблицу 10.5

Таблица 10.5 – Расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание ДВС после проведения модернизации

Показатели и статьи затрат	Единица измерения	Величина
1	2	3
1. Годовой расход топлива[36]	тысяч.т/год	878,40
2. Тариф на топливо [45]	<u>тыс.руб/т</u>	40,00
3. Годовые затраты на топливо	тыс.руб./год	3513,60
4. Расход воды[36]	$10^3 \cdot \text{м}^3/\text{год}$	378,20
5. Тариф на воду [45]	руб/м <sup>3</sup>	13,30
6. Сырая и питьевая вода	тыс.руб./год	5 030,10
8. Отчисления на социальные нужды (26% от п.7)	тыс.руб./год	422,80

Продолжение таблицы 10.5

1	2	3
9. Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт (1% от стоимости оборудования), амортизацию оборудования (норма 10%), основную и дополнительную зарплату ремонтного персонала, а также отчисления на соц. нужды (26% от зарплаты ремонтников).	тыс.руб./год д	728,21
10. Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений (0,25% от стоимости оборудования, а также отчисления на соц. нужды (26% от зарплаты).	тыс.руб./год д	3652,00
11. Прочие производственные расходы (10% от суммы зарплаты всех категорий персонала)	тыс.руб./год д	133,87
12. Итого затрат	тыс.руб./год д	861,29
13. Годовой расход теплоты	МВт/год	9426,80
14. Себестоимость 1 МВтч теплоты	руб./МВт ч	2595,70

Экономия текущих затрат составит (10.8):

$$\Delta C = C_2 - C_1, \quad (10.8)$$

где  $\Delta C$  - экономия текущих затрат тыс.руб./год;  
 $C_2$  - текущие затраты до модернизаций тыс.руб./год;  
 $C_1$  - текущие затраты после модернизаций тыс.руб./год.

$$\Delta C = 3660,30 - 2595,70 = 1064,60 \text{ тыс. руб./год.}$$

### 10.1.3 Расчет срока окупаемости проекта

Экономическая эффективность принятых технических решений может быть определена таким показателем, как срок окупаемости. Для определения срока окупаемости – времени, в течение которого возмещаются дополнительные капитальные вложения за счет экономии на издержках производства, используют формулу(10.9):

$$T = \frac{K}{\Delta C}, (10.9)$$

где  $K = 1301,47$  тыс. руб. – капитальные затраты;  
 $\Delta C = 1064,60$  тыс. руб./год – экономия текущих затрат.

$$T = \frac{1301,47}{1064,60} = 0.134 \text{ года} = 1,5 \text{ месяца.}$$

Вывод: в данном подразделе была рассчитана экономическая эффективность проекта модернизации уходящих газов АДЭС. Была определена стоимость капитальных затрат на проведение модернизации, а также рассчитаны текущие затраты до и после проведения модернизации АДЭС. Полученный срок окупаемости составил приблизительно 1,5 месяца, что не превышает 5 лет и вносящее время является очень благоприятным. Основная экономия текущих затрат достигается за счет снижения затрат на топливо. Также после модернизации сократится количество эксплуатационного персонала из-за установки более современной автоматики, что уменьшит затраты на заработную плату работникам.

### 10.2 SWOT – анализ для качественной оценки проекта модернизации АДЭС

SWOT-анализ — метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории.

SWOT-анализ - это определение сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз, исходящих из его ближайшего окружения (внешней среды).

- Сильные стороны (Strengths) — преимущества предприятия;
- Слабые стороны (Weaknesses) — недостатки предприятия;
- Возможности (Opportunities) — факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества предприятия на рынке;
- Угрозы (Threats) — факторы, которые могут потенциально ухудшить положение предприятия на рынке.

Сравнительный анализ проекта осуществляется методом SWOT, т.е. составляются 2 матрицы, в которых приводятся сильные (S), слабые (W) стороны, возможности (O), угрозы (T) каждой культуры на предприятии (оценка внешних и внутренних факторов).

									лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.04.01.2019.226.17 ПЗ				96













Приступая, к реализации проекта, оценим влияние различных факторов на достижение цели проекта модернизации. Курт Левин предложил существование двух групп факторов противоположного типа, сохраняющих стабильность предприятия. Интегрированная схема и модель анализа устойчивости системы управления может быть построена на основе, объединения способа оценки степени влияния внешних и внутренних факторов, толщина прямоугольника означает степень значимости сил на данное промышленное предприятие [33].

Одной из главных движущих сил для проведения модернизации является наличие финансовых ресурсов, без которых эта модернизация не возможна.

Как показали расчеты текущих затрат до и после проведения модернизации, представленных в таблицах 10.3 и 10.5 соответственно, себестоимость 1 МВт/ч тепловой энергии в модернизированной снизилась, что быстро окупит проект и позволит увеличить прибыль с продаж тепла. Это является немаловажной движущей силой.

Увеличение производительности за счет установки дополнительного оборудования .

Кроме того, следует обратить внимание на высокий уровень автоматизации вновь устанавливаемого оборудования, который уменьшит вероятность аварийных ситуаций и приведет к сокращению эксплуатационного персонала, обслуживающего котельную.

Сдерживающими силами для достижения цели проекта модернизации является высокая стоимость требуемых капиталовложений, и большой объем по проектированию и строительству, который займет много времени и сил.

По данному полю сил можно сделать вывод о том, что движущие силы в совокупности с потенциалом изменений преобладают над сдерживающими. Это значит, что проект может быть реализован, а после проведения модернизации котельная будет обеспечивать тепловой энергией потребителей эффективнее, чем в настоящее время.

### **10.5 Планирование мероприятий по реализации проекта (График Ганта)**

Небольшой комплекс работ может быть показан в виде ленточного графика по этапам проектных работ. График отражает примерное распределение процессов во времени и их логическую последовательность, должен быть скорректирован и дополнен при детальной проработке проекта изменений. По этапам назначаются исполнители и ориентировочная продолжительность работ.

График Ганта позволяет:

- визуально оценить последовательность задач, их относительную длительность и протяженность проекта в целом;
- сравнить планируемый и реальный ход выполнения задач;
- детально проанализировать реальный ход выполнения задач.

На графике отображаются интервалы времени, в течение которых задача выполнялась, была приостановлена, возвращалась на доработку и т.д.

График Ганта по модернизации АДЭС путем установки дополнительного забора тепла из уходящих выхлопных газов представлен в таблице 10.7

										лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						103

Таблица 10.7 – График Ганта

Этап работы	Исполнитель	Продолжительность этапа, декады 2019 года									
		месяц	Январь			Февраль	Март	Май	Июль	Сентябрь	Декабрь
		дата	1	10	15	1	1	1	1	1	20
1.1.1 Согласовать проектную документацию с надзорными организациями.	Проектный отдел										
1.1.2 Разработать проектную документацию на модернизацию	Проектный отдел										
1.1.3 Разработать и согласовать проект.	Проектный отдел										
1.2.1 Провести анализ рынка оборудования, материалов и строительных организаций	Отдел снабжения										
1.2.2 Оформить договора	Отдел снабжения										
1.2.3 Заключить договора	Отдел снабжения										
1.3.1 Произвести и демонтаж оборудования	Подрядная Организация										
1.3.2 Произвести и установку оборудования	Подрядная Организация										
1.3.3 Произвести и установку вспомогательного оборудования	Совместно все										
1.3.4 Совместно с отделом ИТР произвести пуско-наладочные работы	Совместно все										
1.3.5 Ввести в эксплуатацию новое оборудование	Совместно все										



приблизительно 1,5 месяца, оценены движущие и сдерживающие силы, состав-

лен график Ганта для проведения модернизации. Таким образом, цель работы достигнута, задачи – решены.

Результаты работы рекомендованы к использованию для разработки и внедрения проекта модернизации АДЭС на промышленном предприятии в Челябинской области.

					13.04.01.2019.226.17 ПЗ	лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		106







