

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт Энергетики и машиностроения имени А. Буркитбаева

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

Амангельдиев Дінмұхамед Қалыбекұлы

Тема: Проект когенерационной дизель-
генераторной установки мощностью 500 кВт

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

6B07107 – «Эксплуатационно-сервисная инженерия»

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

Институт Энергетики и машиностроения имени А. Буркитбаева

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. Кафедры ТМиО,

канд. техн. наук,

асс.-профессор

Б.З.Калиев

«25» июня 2024г.

Дипломный проект

на тему: «Проект когенерационной дизель-
генераторной установки мощностью 500 кВт»

6B07107 – «Эксплуатационно-сервисная инженерия»

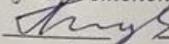
Выполнил:

Амангельдиев Д.К.

Рецензент

канд. техн. наук, доцент

(*ученая степень, звание*)



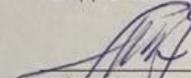
Мусабеков Р.А.

подпись

ФИО

Научный руководитель

канд. техн. наук, профессор



Мырзахметов Б.А.

подпись

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И. Сатпаева»

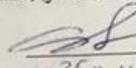
Институт Энергетики и машиностроения имени А. Буркитбаева

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ТМиО

канд. техн. наук,

 С.А. Бортебаев

«25» июня 2024г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся: Амангельдиев Динмухамед Калыбекұлы

Тема: «Проект когенерационной дизель-генераторной установки мощностью 500 кВт»

Утверждена приказом ректора Университета №408-п/в от 22 ноября 2022 года

Срок сдачи законченной работы «20» июня 2024 года.

Исходные данные к дипломному проекту Проект когенерационной дизель-генераторной
установки мощностью 500 кВт.

Краткое содержание дипломного проекта

а) Техническая часть. Процесс когенерации. Устройство дизель-генератора. Выбор
прототипа

б) Расчетная часть. Тепловой расчет двигателя. Расчет теплообменного аппарата

в) Экономическая часть. Эффективность конструкции.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Чертеж двигателя; 2. Схема когенерационной установки; 3. Чертеж теплообменника;

4. Детализовка теплообменника; 5. Чертеж двигателя в разрезе.

Рекомендуемая основная литература: из 7 наименований

Алматы 2024

ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю	Примечание
Техническая часть	05.04.2024	
Спец.часть	10.05.2024	
Расчетная часть	02.06.2024	

Подписи
Консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименование разделов	Консультанты И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Разделы дипломного проекта	Мырзахметов Б.А., к.т.н., профессор, доцент	25.06.24	
Техническая часть	Мырзахметов Б.А., к.т.н., профессор, доцент	25.06.24	
Расчетная часть	Мырзахметов Б.А., к.т.н., профессор, доцент	25.06.24	
Специальная часть	Мырзахметов Б.А., к.т.н., профессор, доцент	25.06.24	
Нормоконтролер	Сарыбаев Е.Е., старший преподаватель	25.06.2024	

Научный руководитель

/ Мырзахметов Б.А./

Задание принял к исполнению обучающийся

/Амангельдиев Д.К./

Дата «25» июня - 2024 г.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жобада қуаты 500 кВт дизель-генератор қондырғысындағы когенерация процесіне байланысты мәселелерді қарастырамыз. Қондырғы дизайнына жүргізілген шолу негізінде жобаланған қондырғының прототипі таңдалды, пайдаланылған газдарды пайдалану тиімділігі анықталды.

Орнату дизайны пысықталды. Барлық қажетті негіздемелер мен есептеулер келтірілген.

Бұл дипломдық жоба графикалық бөлімнің 4 парағынан, 51 парақтағы түсіндірме жазбадан тұрады. Жобаны орындау барысында 10 әдеби дереккөз пайдаланылды.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассматриваются вопросы связанные с процессом когенерации в дизель-генераторной установке мощностью 500 кВт. На основе проведенного обзора конструкции установки выбран прототип проектируемой установки, определена эффективность использования отработавших газов.

Проработана конструкция установки. Приведены все необходимые обоснования и расчеты.

Данный дипломный проект состоит из 4 листов графической части, пояснительной записке на 51 листах. В ходе выполнения проекта использовано 10 литературных источников.

ABSTRACT

This thesis project examines issues related to the cogeneration process in a 500 kW diesel generator set. Based on the review of the installation design, a prototype of the projected installation was selected, and the efficiency of exhaust gas use was determined.

The design of the installation has been worked out. All necessary justifications and calculations are provided. This graduation project consists of 4 sheets of the graphic part, an explanatory note on 51 sheets. During the implementation of the project, 10 literary sources were used.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Техническая часть	8
1.1	Понятие когенерации	8
1.2	Анализ конструкции дизель-генераторной установки	10
1.2.1	Устройство и принцип работы дизель-генератора	10
1.2.2	Принцип работы дизельных генераторов	12
1.3	Описание конструкций и выбор прототипа	13
2	Монтаж установки	17
2.1	Ремонт и техническое обслуживание	21
2.2	Эксплуатация конструкции дизель-генераторной установки	24
3	Расчетная часть	29
3.1	Тепловой расчет двигателя	29
3.2	Расчет теплообменного аппарата	32
4	Экономическая часть- расчет экономической эффективности проектируемого агрегата	35
5	Техника безопасности при эксплуатации	37
	Заключение	39
	Список использованной литературы	40

ВВЕДЕНИЕ

Когенерация - совместная выработка тепловой и электрической энергии, на сегодняшний день является наиболее эффективной технологией в энергетике по повышению коэффициента использования энергии топлива. Когенерационные установки имеют коэффициент использования топлива (полный коэффициент полезного действия) порядка 80-90%. Если говорить простыми словами, то режим когенерации - это технология, которая позволяет вырабатывать одновременно тепло и электричество с использованием одного мощного генератора.

В зависимости от необходимых параметров тепловой энергии, она может быть получена разными способами с использованием теплоносителей. Среди основных можно выделить два:

1) Горячая вода. Для получения используются специальные водогрейные теплообменники и котлы, что позволяет получать воду в стандартном температурном графике до 90 градусов. Дополнительно могут применяться пиковые котлы для повышения температуры;

2) Насыщенный пар. Для его получения используются специальные паровые котлы. Дополнительно могут устанавливаться пароперегреватели.

Более распространенным является именно первый вариант, поскольку он отличается простой конструкцией и оптимален по цене. Но это вспомогательное оборудование, а для обеспечения процесса когенерации необходимо использование специальных установок. Когенерационная установка применяется в сфере промышленности в локальных энергосистемах. Когенерационные установки - это технологическое оборудование, которое используется для совместного производства тепловой и электрической энергии. Часто за основу для ее создания используются газопоршневые двигатели. Это обусловлено тем, что они обладают достаточной мощностью, экономичны в использовании и долговечны. Сама же когенерационная газопоршневая установка позволяет создать собственную мини-ТЭЦ, для обеспечения промышленного объекта, жилого или торгового комплекса. Преимущества в том, что для получения тепловой энергии не требуется каких-либо дополнительных затрат топлива, она появляется в любом случае, требуется только ее правильно использовать.

1 Техническая часть

1.1 Понятие когенерации

Когенерационные установки представляют собой технологическое оборудование, используемое для совместного производства электро- и тепловой энергии. Процесс когенерации осуществляется посредством агрегата, включающего в себя электрогенераторную установку с поршневым двигателем (газопоршневая электростанция) и систему утилизации вырабатываемого тепла. Применение электростанций с технологией когенерации позволяет с используемого топлива получать две формы энергии - электрическую и тепловую. В качестве топлива для когенерационных установок на базе газопоршневых электростанций может использоваться газ - природный, коксовый, биогаз, попутный нефтяной газ (ПНГ) и т.д. Когенерационные установки являются альтернативой существующему энергоснабжению в промышленной и социально значимой сфере, что обуславливается очевидными преимуществами используемого агрегата. Принцип действия когенерации позволяет использовать тепловую энергию, которая, как правило, уходит в атмосферу вместе с дымовым газом, либо через градирни [2].

В когенерационной установке имеются 4 основных узла:

- газопоршневой двигатель внутреннего сгорания
- электрогенератор
- система утилизации тепла
- система управления

Ниже представлена схема когенерационной установки на базе газопоршневой электростанции серии АГП производства АО «ПФК «Рыбинсккомплекс», описан принцип действия когенерации:

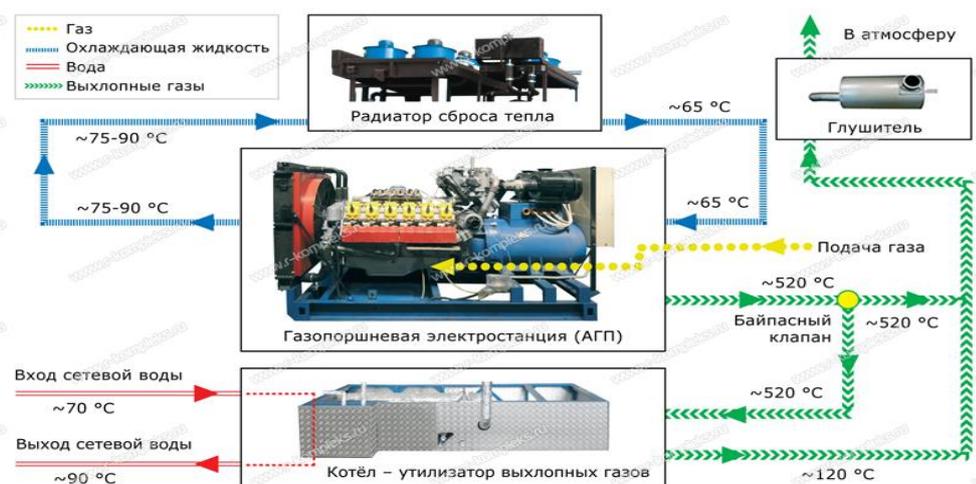


Рисунок 1 - Схема принципа действия когенерации

Весь принцип работы системы утилизации тепла основан на использовании тепловой энергии выхлопных газов газопоршневой установки. Жидкостный теплоноситель потребителя (вода) направляется в котёл-утилизатор выхлопных газов. Отходящие газы двигателя внутреннего сгорания проходят через кожухотрубный теплообменник, где производится перенос тепловой энергии жидкостному теплоносителю когенерационной установки, нагревая его до температуры в 90°C. Далее теплоноситель (вода) отправляется в тепловую сеть потребителя. Данный контур является основным тепловым контуром оборудования, так как именно здесь осуществляется передача тепловой мощности на теплообменник потребителя.

Тепловой баланс когенерационной установки, (если потребление тепловой энергии клиентом становится меньше, чем вырабатывается когенерационной установкой), обеспечивается байпасным клапаном, который отводит часть выхлопных газов, минуя котёл-утилизатор, в атмосферу через глушитель двигателя [1].

Тепловая система когенерационной установки имеет значительный потенциал применения в следующих отраслях:

- пищевой
- текстильной
- оборонно-промышленной
- химической
- нефтеперерабатывающей (для утилизации ПНГ)
- в сфере ЖКХ
- в системах теплоснабжения общественно-социальных объектов и т.д.

Газопоршневые электростанции серии АГП и когенерационные установки производства АО «ПФК «Рыбинсккомплекс» используются в качестве основного или резервного источника электро- и теплоэнергии для промышленных предприятий и жилого сектора. Модельный ряд газопоршневых электростанций, на которые возможна установка системы утилизации тепла нашего производства: АГП-60, АГП-100, АГП-150, АГП-200, АГП-250, АГП-315, АГП-350.

Организации, использующие когенерационную установку, обеспечивают собственные потребности в электро- и теплоэнергии, что в значительной степени снижает себестоимость выпускаемой продукции и возрастает энергетическая безопасность. Когенерационная система имеет большой ряд преимуществ. Причем здесь стоит выделить общие и для когенерации и для тригенерации, в том числе:

- 1) Возможность получения сразу нескольких энергетических ресурсов, что позволяет значительно экономить на обустройстве нескольких автономных систем;
- 2) Высокое КПД оборудования, вплоть до 98%;
- 3) Себестоимость электроэнергии при использовании газопоршневой установки и так низкая, а в режиме когенерации она снижается еще больше;

- 4) Оптимальная цена на установки такого типа;
- 5) Газовая когенерационная установка может быть практически любой мощности;
- 6) Максимально высокая наработка до капитального ремонта оборудования;
- 7) Компактные размеры установки, а также возможность модульной сборки системы;
- 8) Соответствие европейским нормам экологичности и безопасности;
- 9) Невысокие расходы на ремонт и обслуживание;
- 10) Достаточно быстрая окупаемость оборудования [4].

И это только несколько основных преимуществ, которые стоит учитывать. При этом тепловая электростанция, работающая в режиме когенерации, помогает сэкономить значительную сумму на подключении объектов к центральному отоплению и электроснабжению.

Цена на организацию такой системы - достаточно важный вопрос. И здесь все зависит от большого количества факторов. В первую очередь, это режимы работы.

Если говорить ориентировочно, то стоимость тепловой электростанции, которая работает в режиме когенерации и предназначена только для электричества и отопления примерно 650 евро за 1 киловатт мощности. В то же время, если рассматривать оборудование с тригенерацией, то стоимость будет выше примерно на 100-150 долларов за киловатт. В остальном все зависит исключительно от особенностей объекта, в том числе:

- 1) Общей необходимой мощности оборудования;
- 2) Того, какие комплектующие устанавливаются;
- 3) Где расположен объект;
- 4) Тип монтажа на объекте.

1.2 Анализ конструкции дизель-генераторной установки

1.2.1 Устройство и принцип работы дизель-генератора. Дизельный генератор - установка, преобразующая энергию сгорающего топлива в электроэнергию. Устройство дизель-генератора основано на разработках двух ученых-изобретателей, работавших еще в 19 веке. Первый вклад сделал Майкл Фарадей, создавший в 1831 году прототип электрогенератора, в котором под воздействием магнитного поля во вращающемся проводнике индуцировалась электродвижущая сила. Вторым изобретателем стал Рудольф Дизель, получивший в 1892 году патент на двигатель внутреннего сгорания с повышенным КПД. Отметим, что схема устройства дизель-генератора в привычном современном исполнении разработана спустя 100 лет, а массовый выпуск ДЭС был организован компаниями Perkins и Caterpillar [3].



Рисунок 2 - Схема двигателя

Конструкция дизель-генераторов. В состав дизель-генератора входят основные агрегаты, обеспечивающие получение электроэнергии и вспомогательные узлы, необходимые для поддержания работоспособности силовой и генерирующей установки.

Устройство дизель-генераторной установки предполагает размещение на одной общей раме следующих агрегатов:

- Двигатель внутреннего сгорания, работающий на дизельном топливе и служащий источником механической энергии, необходимой для вращения ротора генератора. Основное отличие от бензиновых ДВС заключается в воспламенении горючего не от системы зажигания, а за счет более высокого сжатия. Благодаря этому удалось повысить мощность ДВС и снизить расход топлива;

- Синхронный или асинхронный генератор электрического тока, соединенный с ДВС напрямую или через демпферную муфту. При вращении ротора этого агрегата происходит преобразование механической энергии в электрическую. У любого дизельного генератора устройство и принцип работы основан на совместном функционировании этих двух основных агрегатов. Но для обеспечения работы требуется ряд дополнительных систем.

Вспомогательные системы и оборудование:

- топливную систему, обеспечивающую хранение, очистку и подачу горючего в камеру сгорания ДВС;

- система отвода продуктов сгорания, совмещенная с глушителями, снижающими уровень создаваемого установкой шума;

- система охлаждения, позволяющая снизить температуру работающего двигателя внутреннего сгорания. В зависимости от мощности ДГУ получило применение воздушное или жидкостное охлаждение;

- панель управления и щитовые шкафы, обеспечивающие распределение электроэнергии, контроль за параметрами работы ДЭС, отображение информации о состоянии оборудования. В эту же категорию относят аппаратуру защиты, сигнализации, автоматизации.

1.2.2 Принцип работы дизельных генераторов. Все модели дизель-генераторов работают по одному и тому же принципу:

- при сгорании топлива образующиеся газы создают избыточное давление на поршневую группу двигателя внутреннего сгорания;

- движение поршней по цилиндрам создает крутящий момент на коленвале, за счет чего он начинает вращаться;

- благодаря соединению вала с ротором электрогенератора начинается и его вращение;

- при перемещении обмотки ротора в магнитном полу статора происходит индуцирование ЭДС;

- полученный электрический ток распределяется и передается потребителем;

- АВР работает следующим образом-при отключении электроснабжения от основного источника (сети) осуществляется автоматический запуск ДГУ в работу. При выходе установки в заданный режим нагрузка переключается на дизель-генератор. При возобновлении централизованного электроснабжения происходит обратное переключение нагрузки и остановка ДЭС;

- благодаря высокой степени автоматизации просты в обслуживании и управлении, что упрощает организацию автономного или резервного электроснабжения в промышленных и бытовых масштабах [1].

Двигатель. Ключевой узел любой дизельной электростанции-конечно же, двигатель. На дизель-генераторах используются специальные двигатели высокой надежности промышленного типа, которые предназначены для работы на постоянной частоте. Как правило, это 4-тактные дизельные двигатели. Такой дизель снабжается всеми принадлежностями для постоянного или резервного применения на электростанциях, комплектуются сухим воздушным фильтром, механическим или электронным регулятором оборотов, масляным и топливным фильтрами, датчиками давления и температуры.

Возможно применение двигателей с рядным и V-образным расположением цилиндров. Обычно дизель-генераторы с двигателями с рядным расположением цилиндров имеют более узкую и иногда – более длинную раму по сравнению с дизель-генераторами с V-образными дизелями. Устройство и обслуживание рядных двигателей проще. Редко встречаются рядные двигатели с количеством цилиндров больше 6, таким образом, конструкция и устройство дизель генераторов большой мощности предполагает, как правило, использование V-образного двигателя.

На дизель-генераторах мощностью более 15 кВт используются двигатели с жидкостным (радиаторным) охлаждением. Они имеют более

простое устройство, более надёжны и легче агрегатов с воздушным охлаждением. Сама конструкция двигателей с радиаторным охлаждением подразумевает такие преимущества, как большой ресурс из-за более равномерного охлаждения, более низкий уровень шума, возможность использования в более широком диапазоне температур.

Генератор. В большинстве современных широко применяемых дизельных установок используются синхронные генераторы переменного тока. Это, как правило, промышленные генераторы с горизонтальной осью синхронного типа, бесщеточные, трехфазные (или однофазные на станциях небольшой мощности) на роликовых подшипниках с самовентиляцией внутри кожуха. Устройство бесщеточных генераторов предполагает наличие системы самовозбуждения с саморегуляцией выходного напряжения. Обмотка выполняется, как правило, из электролитической меди и выдерживает высокие температуры нагрева.

Соединительная муфта. Для обеспечения требуемой соосности двигатель и генератор соединяются вместе при помощи конусной муфты.

1.3 Описание конструкций и выбор прототипа

Дизельная электростанция 500 кВт YUCHAI TYS 690TS.

Дизель-генератор 500 кВт ТСС АД-500С-Т400-1РМ26.

Начало формы. Впечатляющие преимущества дизель генераторной установки 500 кВт TSS Prof полностью раскрываются при длительной эксплуатации в режиме основного источника электроснабжения, когда на первый план выходят показатели расхода топлива, надёжности, длительности сервисных интервалов, адаптивности к приёму нагрузки. TSS Prof TSd 690TS спроектирована специалистами инжинирингового центра ГК ТСС с полным учётом потребностей отечественных заказчиков и условий эксплуатации. Серия TSS Prof - это реальная и доступная альтернатива европейским дизель-генераторам среднего, и высшего ценовых диапазонов, которая ни в чём не уступает оборудованию именитых марок, но имея при этом кратно меньшую стоимость. Технологические возможности производственного комплекса ГК ТСС, позволяют серийно выпускать современные модели генераторных установок с качеством, соответствующим мировым отраслевым стандартам, что документально подтверждено сертификатами от таких передовых разработчиков как Moteurs Baudouin (Франция), SDEC (Китай), Weichai(Китай), Sincro(Италия), Месс Alte(Италия) и других [4].

Объекты для эксплуатации ДГУ 500 кВт TSD 690TS.

TSd 690TS это готовое энергетическое решение для построения надёжных систем электроснабжения самых ответственных объектов, включая производства непрерывного цикла, учреждения здравоохранения и образования, предприятия различных отраслей промышленности, торговые и торгово-развлекательные центры, гостиничные комплексы.

ДГУ TSS Prof TSd 690TS выдает 625 кВА (500 кВт) основной мощности и 687,5 кВА (550 кВт) резервной мощности. Новые технологии, воплощённые в двигателе SDEC, позволяют данной модели работать с весьма экономичным расходом топлива во всех основных режимах:

- при нагрузке 100% - 113,9 л/ч;
- при нагрузке 75% - 87,5 л/ч;
- при нагрузке 50% - 60,1 л/ч.



Рисунок 3 - Двигатель SDEC

Преимущества дизель-генератора 500 кВт с двигателем SDEC:

- возможность использования ДГУ серии Prof в режиме длительной и непрерывной работы;
- современные высокотехнологичные двигатели, собранные на роботизированных предприятиях в Китае;
- возможность исполнения по 2-ой, 3-ей степени автоматизации и параллельной работы нескольких ДГУ;
- срок службы до капремонта – более 13 000 моточасов;
- совместимость с отечественными моторными маслами;
- доступность узлов и агрегатов при обслуживании;
- высокие эксплуатационные характеристики;
- малый удельный расход топлива;
- увеличенная гарантия сроком до 3 лет.

Серия дизельных электростанций Prof производится на базе двигателей SDEC. Shanghai Diesel Engine Co., Ltd. является одним из крупнейших в Китае заводов по производству дизельных двигателей. Дизельные двигатели SDEC хорошо знакомы специалистам таких отраслей как малая энергетика, производство коммерческого автотранспорта, судовые двигатели и двигатели для нужд промышленности. Шанхайский Дизельный Завод, как можно перевести наименование компании, занимает лидирующие позиции не только в рамках КНР, но и хорошо известен по всему миру. SDEC разрабатывает свои дизельные двигатели с участием таких компаний как AVL (Австрия), Southwest Research Institute (США) и другими, обеспечивая превосходные характеристики и сохраняя ценовую доступность.

Двигатель разработан при участии по технологии компаний как AVL (Австрия), Southwest Research Institute (США):

- отличное соотношение цена-качество;
- максимальная мощность 610 кВт;
- 12 цилиндров, V-образное расположение цилиндров, 4-х тактный;
- система впуска воздуха с турбонаддувом;
- 26,6 литра - рабочий объём двигателя;
- электронный регулятор оборотов.

Синхронный генератор 500 кВт TSS SA-500 электрический ток высокого качества.

Синхронный трёхфазный бесщёточный генератор спроектирован для применения в дизельных и газопоршневых генераторных установках, ориентированных на электроснабжение самых ответственных объектов, чувствительных к характеристикам подаваемого тока. Применяемый в его конструкции авторегулятор напряжения (AVR) обеспечивает точность регулировки в 0,5%, корпус, а класс защиты обмоток соответствует IP 21. Это надёжный и неприхотливый одноопорный генератор, уже не первое десятилетие применяемый в составе дизельных генераторов.

Европейский контроллер Lovato RGK800 обеспечивает надёжный комплексный контроль над множеством параметров работающей дизель генераторной установки, осуществляя максимально эффективное управление во всём диапазоне доступных режимов эксплуатации. Русскоязычный интерфейс панели управления интуитивно понятен и обладает оптимальной компоновкой органов управления. Гарантия производителя и сервисное обслуживание. Дизельный генератор 500 кВт серии Prof имеет гарантийный срок эксплуатации сроком 3 года с даты поставки, либо наработка 2000 моточасов, в зависимости от того, какое событие наступит раньше. Всегда в наличии запасные части и расходные материалы. Наличие обширной сети партнерских сервисных центров, представленной на территории России, Республики Беларусь и Казахстана позволяет быстро и своевременно выполнять сервисное обслуживание дизельного генератора TSd [2].



Рисунок 4 - Генератор TSS

Общие характеристики:

- номинальная мощность 500 кВт
- максимальная мощность 550 кВт
- коэффициент мощности 0.8
- напряжение 400 В
- количество фаз 3
- частота 50 Гц

2 Монтаж установки

Монтаж оборудования – это процесс установки, настройки и запуска приводных и автоматических установок на заводах, в цехах, на производствах, складах и в офисах. Монтаж оборудования необходим для правильной установки и подключения оборудования к электрическим системам и сетям. Процесс подключения позволяет обеспечить бесперебойную работу оборудования, увеличить его надежность и снизить вероятность аварий на производстве. Также монтаж помогает предприятию не пренебрегать требованиями безопасности [6].

Существует классификация монтажа оборудования:

1) *Постоянный монтаж*. Он используется для установки оборудования на постоянное место или в монтажной панели. В этом случае агрегат имеет постоянный крепеж на прочной поверхности;

2) *Для перевозки агрегатов*. Этот вид услуги используется для транспортировки оборудования или для перемещения его из одного места в другое. Для выполнения работ применяются колеса, подшипники или другие механизмы;

3) *Накладной монтаж*. Он позволяет устанавливать оборудование на поверхность без использования дополнительных креплений. Для этого используют клейкие материалы, жесткие заклепки или другие аналогичные средства крепления;

4) *Монтаж с подвесом*. Этот метод используется для установки оборудования на подвесной кронштейн. В этом случае оборудование прикрепляется к кронштейну с помощью цепей, болтов, винтов или других приспособлений.

Процесс монтажа оборудования включает в себя различные этапы: размещение оборудования, установку и подключение проводов, подключение электрических компонентов, установку программного обеспечения, настройку параметров и проверку работоспособности агрегатов. Также во время монтажа можно проводить необходимые испытания и диагностику.

Монтаж оборудования профессиональной бригадой такелажников и других специалистов имеет ряд достоинств для предприятий. Во-первых, он позволяет быстро и эффективно устанавливать новое оборудование и запускать его в работу. Во-вторых, монтаж позволяет предприятию экономить деньги и время путем избегания потерь и необходимости перезапуска процесса. В-третьих, монтаж обеспечивает более безопасную работу и предоставляет возможность для технического обслуживания и профессионального администрирования. Монтаж оборудования является важным шагом для достижения производительности и оптимального использования оборудования. Человек без определенного образования и навыков не знает, что входит в монтаж оборудования, как он проводится, какие существуют риски.

Монтаж промышленного оборудования — работа, включающая в себя комплекс взаимосвязанных операций по сборке машин, установке в рабочее положение в зоне постоянного использования. Под это определение попадает и соединение оборудования в технологические линии, испытание его под нагрузкой либо на холостом ходу, работы по подготовке, настройке, которые не выполнили при изготовлении.

Собственно процесс монтажа состоит из цепи связанных между собой действий. Результат — трансформация исходных составляющих в готовый агрегат, комплекс, технологическую установку, линию, выпускающую промышленную продукцию определенного вида [10].

Синхронно с установкой оборудования монтируют:

- системы электроснабжения;
- строительные и технологические металлоконструкции;
- автоматику;
- системы контроля;
- вентиляцию;
- трубопроводы.

Работы качественно могут выполнить только высококвалифицированные монтажники. Условием для этого является предварительное проведение технологической и инженерной подготовки производства. Во многом монтаж идентичен сборочным процессам в машиностроении. Разница в масштабах работ. При монтаже объекты труда закреплены на месте, средства труда перемещаются. При сборке средства труда стационарные, объект труда — мобильный в границах предмета труда. Следовательно, ключевая особенность монтажа — отсутствие у монтажника стабильного рабочего места.

Технологически монтажный процесс состоит из таких этапов, как основной, подготовительный, пусконаладочный. Последний входит в обязанности заказчика, который для этого пользуется услугами монтажной организации. Непосредственно монтажными являются работы:

- по тестированию фундаментов, их приемке под монтаж;
- установке закладных деталей, фундаментных болтов;
- проверке оборудования на комплектность с последующей приемкой в монтаж;
- распаковке оборудования, удалению консервирующей смазки, мойке, осмотру деталей и узлов, их смазке;
- укрупненному комплектованию оборудования доставляемого по частям;
- выполнению основных такелажных работ — передвижение оборудование либо отдельных его элементов в границах зоны монтажа с установкой его в проектное положение;
- установке прокладок;
- проверке и фиксации к фундаментам;

- сборке и монтажу металлоконструкций, арматуры, трубных узлов, насосов, вентиляторов, прочего оборудования, входящего в комплект поставки;

- заправке охлаждающими составами, смазкой.

Качество монтажа во многом определяет как сборка оборудования, так и точность установки его в проектное положение с закреплением на основе.

Базой для выполнения монтажа промышленного оборудования является соответствующая документация:

- техническая;
- проектно-сметная;
- нормативная;
- технологическая;
- производственная исполнительная.

К первому виду принадлежат документы, выданные производителем на оборудование, передаваемое заказчиком монтажникам. В перечень входят:

- чертежи как сборочные, так и установочные;
- комплектовочно-отгрузочные ведомости;
- спецификации, паспорта, заводские ТУ;
- инструкции на сборку оборудования, сварку, испытание, монтажные карты;

- схемы разбивки нестандартных механизмов на сборочные узлы с маркировкой;

- заводские акты на пробную сборку, испытание с подтверждением в виде монтажных карт, указанием допусков и фактических зазоров;

- упаковочный лист;
- сертификаты;
- схемы строповки;
- график поставки.

Во время работ составляют исполнительную производственную документацию. В формулярах и схемах проставляют размеры — проектные и фактические, высотные отметки элементов фундамента, оборудования. Здесь же указывают расположение осей, зазоры в опорах подшипников, других узлах, совершающих вращательные движения (допустимые и по факту). Проектные решения относительно безопасности труда, методов работ, технических средств содержатся в организационно-технологической документации.

Организация монтажа. Обязательным условием для проведения монтажных работ является разработка мероприятий, предупреждающих влияние на монтажников опасных факторов. К ним относятся:

- перемещающиеся грузы, конструкции;
- рабочие места, находящиеся поблизости перепада по высоте от 1,3 м;
- незакрепленные конструкции, которые могут обрушиться;
- повышенное напряжение в электроцепи с потенциальной возможностью замкнуться через тело работника [9].

Когда такие моменты присутствуют, безопасность обеспечивают путем выполнения мероприятий по ОТ, составленных на базе монтажной документации. В зоне проведения монтажных работ недопустимо присутствие посторонних, выполнение других операций. Над участками, где работают монтажники нельзя проводить всевозможные перемещения, временно закреплять оборудование, конструктивные элементы. Бывают случаи, когда сооружение невозможно разбить на отдельные зоны. Здесь одновременно выполнять монтаж и другие строительные работы на разных ярусах можно только тогда, когда это предусмотрено ППР. Обязательное условие — присутствие межэтажных перекрытий, надежность которых подтверждена соответствующими расчетами.

Установленные конструкции можно применять для фиксации монтажных приспособлений исключительно с согласия организации-разработчика рабочих чертежей. Точкой начала монтажа должна служить пространственно устойчивая часть — ядро жесткости, связевая ячейка и т.д. На каждом вышележащем этаже монтажные работы проводят после того, как будут закреплены все монтажные элементы в соответствии с проектом. Бетон должен достичь прочности, регламентированной ППР. Если покраска и защита от коррозии выполняются на стройплощадке, делать это необходимо до подъема оборудования и конструкций на проектную отметку. После этого такую работу проводят только в местах соединения конструкций, на стыках. В ППР должны быть оговорены зоны для расконсервации оборудования, подлежащего монтажу. В них оборудуют специальные стеллажи либо прокладки высотой минимум 10 см. Материалы, обладающие взрывоопасными свойствами, применять при расконсервации оборудования нельзя. Монтируя каркасные сооружения, каждый последующий ярус устанавливают только после монтажа ограждений на предыдущем уровне.

Лестничные марши, площадки, грузопассажирские лифты монтируют синхронно с установкой конструкций, оборудования. На лестничных маршах сразу же устанавливают ограждения. В процессе выполнения монтажных работ монтажники должны пребывать на конструкциях, подмостках, установленных предварительно, хорошо зафиксированных. При перемещении и подъеме элементов конструкций на них не должно быть людей. Приспособления, используемые монтажниками при работе на высоте, устанавливают на конструкциях до подъема последних.

Все приспособления, применяемые для перемещения монтажников, должны быть оснащены ограждениями. По трубопроводам, ригелям, фермам, другим конструкциям, на которых невозможно организовать проход требуемой ширины, переходы монтажников запрещены. Выход — установка ограждений, применение специальных страховочных приспособлений. Во время монтажа ограждений необходимо использовать как предохранительный пояс, так и страховочное приспособление. Когда присутствие людей под монтируемым оборудованием необходимо, нужно выполнить специальные мероприятия, направленные на обеспечение безопасности.

2.1 Ремонт и техническое обслуживание

Своевременное техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования помогает поддерживать оборудование в работоспособном состоянии, снизить финансовые затраты на его ремонт, увеличить коэффициент технического использования оборудования и уменьшить время его простоя. С целью упорядочения и систематизации информации о проведенных ремонтах и ТО на предприятиях разрабатывается система технического обслуживания и ремонта (ТОиР), которая представляет собой комплекс организационных и технологических мероприятий по обслуживанию и ремонту оборудования, включая его планирование, подготовку и реализацию, в том числе уход и осуществление контроля над работой машин, их поддержание в исправном рабочем состоянии, плановый техосмотр, чистку, промывку, регулировку, продувку и другой ремонт оборудования.

Техническое обслуживание оборудования — спектр работ, выполняемых в промежутке между плановым и внеплановым ремонтом производственного оборудования.

Ремонт промышленного оборудования — комплекс действий по восстановлению работоспособности оборудования, которая была нарушена во время его эксплуатации. Техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования могут выполняться эксплуатационным или специализированным персоналом предприятия или с привлечением специализированной организацией, а также представителей завода-изготовителя. Цель системы ТОиР — гарантия надежной и непрерывной работы производственного оборудования и механизмов.

Виды ремонта и технического обслуживания оборудования. Существует более десятка классификаций ТО, но наиболее популярной и значимой является его разделение на:

- текущее техническое обслуживание выполняется непосредственно производственным персоналом в установленный промежуток времени. Это может быть осмотр и контроль оборудования после каждой смены, смазка, контроль температурного режима, визуальный контроль изношенности узлов и механизмов.

- плановое техническое обслуживание проводит исключительно персонал ремонтной службы предприятия или представители специализированных организаций. Через установленный промежуток времени они проводят работы по диагностике, контролю наладке и регулировке рабочих характеристик оборудования, а также долив и замена масла, замена фильтров. Ремонт промышленного оборудования разделяют на текущий, капитальный и внеплановый [7].

Текущий ремонт предполагает разборку и сборку отдельных узлов и направлен на обеспечение работоспособности установки до очередного планового ремонта.

Капитальный ремонт проводят с целью полного восстановления ресурса машины. При нем оборудование разбирается полностью, ремонтируются узлы и детали. В процессе капитального ремонта также возможна частичная или полная модернизация.

Внеплановый или аварийный ремонт осуществляют по причине внезапного выхода оборудования из строя. Он может быть как текущим, так и капитальным в зависимости от последствий аварий.

Все результаты изменений в состоянии обслуживаемого оборудования при проведении текущего или планового ТО, а также в результате проведенных ремонтов в обязательном порядке должны регистрироваться. Удобнее всего это делать с использованием автоматизированных систем контроля.

Автоматизированные системы используют для повышения производительности работ по ТОиР, ведение единой базы оборудования в удобном формате и планировании предстоящих работ по обеспечению работоспособности промышленного оборудования.

Функции автоматизированных систем технического обслуживания:

- 1) Ведение списка оборудования. Система в удобном виде отражает производственно-технологическую структуру предприятия, где отражена каждая единица оборудования, для которой предполагается планирование и учет ремонтов;
- 2) Справочники системы. Автоматически сохраняются списки возможных видов дефектов, перечень всех графиков работы предприятия, технологические карты ремонтов, паспорта оборудования и информация обо всех выполненных ремонтах;
- 3) Планирование ремонтов и ТО. Система позволяет указать дату составления графика, подразделение, ответственно за ремонт, список объектов ремонта и перечень видов ТО и ремонтов. Внеплановые ситуации удобно решать путем создания заявки, в которой можно рассчитать и учесть материалы и трудозатраты на конкретный ремонт.

Дизельные генераторы – простые и экономичные в использовании источники питания. Они обеспечивают больницы, школы, торговые центры, кафе, рестораны, жилые дома и промышленные здания бесперебойной электроэнергией во время аварийных или плановых отключений на центральной станции. Однако, как и любое устройство, ДГУ периодически нуждается в капитальном ремонте. Поговорим об этапах и особенностях плановой замены комплектующих и расходных материалов дизельной генераторной установки.

У любой детали ДГУ есть свой моторесурс. Срок службы механизмов производитель указывает, как правило, в техническом регламенте, который поставляется вместе с оборудованием. В среднем капитальный ремонт ДЭС нужно проводить каждые 10 000–15 000 моточасов, но есть установки с моторесурсом до 30 000 моточасов. Если электростанция используется

регулярно, то замена деталей требуется раз в 5 лет. Данные в инструкции завода-изготовителя нельзя игнорировать, так как несвоевременная замена одной детали рано или поздно приведет к более критичной поломке и выходу из строя дизельного генератора. Таким образом, капитальный ремонт ДГУ проводится: с периодичностью, которую установил производитель оборудования – регламентированно; при необходимости, в случае технической неисправности дизельной генераторной станции. Например, если мощность силового агрегата резко снизилась, или вы заметили нехарактерные звуки или изменение цвета выхлопных газов. Стоит помнить, что бывают ситуации, когда капитальный ремонт ДГУ из-за критического износа основных механизмов и узлов технически невозможен. Поэтому надо вовремя обращаться к специалистам и осуществлять плановое ТО.

Основные этапы ремонта ДГУ:

- 1) Диагностика – это тщательный осмотр всех систем дизельной генераторной установки и проверка их работоспособности. Сначала оценивается внешнее состояние оборудования – выявляются трещины, сколы. Для того чтобы найти скрытые повреждения, специалисты используют ультразвуковую и магнитную дефектоскопию;
- 2) Полный разбор - на данном этапе уже проверяется внутреннее состояние дизельной установки:
 - a) дефектовка коленчатого вала и его ремонт, особое внимание уделяется специальным вкладышам: шатунным и коренным. В процессе работы они физически изнашиваются. Их неисправность может сопровождаться нехарактерным стуком и снижением уровня давления масла. При необходимости механизмы заменяются новыми, а коленчатый вал центрируется;
 - b) проверка поршней - следует очистить все маслопроводящие каналы и оценить степень их повреждений. Наиболее частые дефекты: эрозия и выжженные места на днище поршня, разрушение перемычек между канавками колец и износ канавок, а также неисправность юбки поршня. При необходимости детали нужно заменить;
 - c) дефектовка шатунов - еще один важнейший этап капитального ремонта ДГУ. Повреждения этой части кривошипно-шатунного механизма обычно влекут за собой масштабные поломки. Они являются следствием нарушения правил эксплуатации дизельных генераторных установок;
 - d) очистка и выравнивание цилиндров осуществляется специалистами для снижения шероховатости и увеличения эффективности двигателя ДГУ;
 - e) диагностика и определение степени износа распредвала. Если повреждения незначительны, например, определяются только небольшие царапины на поверхности под сальниками, то проводится

- ремонт – шлифуется поверхность и устанавливаются новые сальники. В случаях, когда дефекты серьезные, лучше деталь заменить;
- f) очистка камеры сгорания – на этом этапе важно увеличить рабочий объем конструкции за счет снятия сажи и нагара. Далее шлифуется привалочная плоскость, при необходимости заменяются и выравниваются клапаны;
 - g) проверка топливной системы. Осуществляется диагностика и при необходимости замена форсунок и топливных трубок
 - h) оценка состояния поддона картера двигателя, в том числе прокладки и ее замена. Помимо полного разбора двигателя, также осуществляется смена масла и фильтра, тестируется исправность зарядного устройства, оценивается состояние воздушного фильтра, проверяется уровень охлаждающей жидкости и т. д.
- 3) Сборка – после того, как повреждения были устранены, а части и расходные материалы, которые износились, заменены, специалисты соединяют и фиксируют все детали. Механизмы тщательно обрабатываются специальной смазкой. Далее выполняется калибровка;
- 4) Проверка и пробный запуск - на завершающем этапе капитального ремонта дизельной генераторной установки с помощью специального программного обеспечения анализируется каждый узел ДГУ. Если в ходе диагностики компьютер находит малейшее отклонение, оборудование снова настраивается. После станция запускается для финальной диагностики [12].

2.2 Эксплуатация конструкции дизель-генераторной установки

Правила эксплуатации дизель-генераторов. Любая инструкция по эксплуатации ДГУ содержит обязательное указание на то, что обслуживать оборудование должен только специально подготовленный персонал. Однако на практике это требование соблюдается далеко не всегда. Поэтому важно обязательно информировать персонал об основных требованиях по эксплуатации и обслуживанию ДГУ, чтобы обеспечить соблюдение требований безопасности и продлить срок службы оборудования.

Подготовка к запуску. Ввод в эксплуатацию дизель-генератора проводится после ряда подготовительных мероприятий. В первую очередь установку необходимо осмотреть на предмет наличия повреждений или неисправностей, которые обязательно должны быть устранены перед запуском. Что необходимо проверить:

- состояние системы зажигания дизеля;
- уровень заряда АКБ;

- уровень сопротивления изоляции – он должен составлять не менее 0,5 МОм (при необходимости изоляцию нужно просушить, очистить от загрязнений);

- состояние топливной системы: убедиться, что открыт кран топливного бака, проверить уровень топлива и отсутствие воздуха в системе;

- уровень масла и охлаждающей жидкости – при необходимости долить с использованием рекомендованных производителем марок жидкостей;

- плотность соединений всех шлангов (топливная система, смазка, система охлаждения).

В процессе эксплуатации. После запуска ДГУ важно соблюдать основные рекомендации, которые содержит руководство по эксплуатации ДЭС. Одним из главных требований является соблюдение рекомендованной нагрузки. Работа установки «вхолостую» свыше 5 минут и при нагрузке менее 20 % более 1 часа значительно ускоряет ее износ. С другой стороны, перегрузка генератора приводит к его отключениям. Оптимальный уровень нагрузки составляет в пределах от 20 до 80 % номинальной мощности. В процессе работы установки нужно периодически проверять уровень масла, топлива, охлаждающей жидкости. Эксплуатация дизель-генераторов должна осуществляться в помещении с достаточным притоком свежего воздуха для стабильной работы двигателя. Также необходимо обеспечить отведение выхлопных газов.

Что запрещено. Стандартные правила эксплуатации ДГУ содержат ряд категорических запретов. В том числе не допускается:

- вносить изменения в заводскую конструкцию установки и ее элементов;

- эксплуатировать ДГУ без лопастей вентилятора, ТНВД, помпы и других штатных узлов;

- применять охлаждающую жидкость, отличную от рекомендованной производителем. Смешивать антифризы разного цвета;

- выполнять любые работы по обслуживанию или наладке ДГУ во время работы двигателя;

- без крайней необходимости проводить заправку топлива при работающем двигателе. При необходимости заправку должен выполнять только подготовленный персонал с использованием насоса для закачки дизельного топлива в бак;

- пытаться запускать установку путем ввода горячей ветоши через патрубок воздушного фильтра;

- проворачивать коленчатый вал за лопасти вентилятора.

В этих запретах отражены распространенные нарушения, которые приводят к износу и поломке оборудования, создают серьезную угрозу безопасности персонала, могут стать причиной пожара.

Во время работы дизельных электростанций строго запрещается:

- курить в процессе заправки оборудования топливом, а также при транспортировке канистр с горючим;

- заправлять оборудование с помощью бензина или же особого вида дизельного топлива, предназначенного для очистки моторов;

- проливать горючее топливо на участки и поверхности оборудования, которые в процессе своей работы могут нагреваться (если вы случайно пролили топливо, то следует незамедлительно вытереть его);

- класть любые предметы, сделанные из легковоспламеняющихся материалов на участки и поверхности оборудования, которые могут нагреваться (особенно следует избегать контакта посторонних материалов, предметов с выхлопной трубой);

- хранить вещества, относящиеся к разряду легковоспламеняющихся или взрывоопасных в близости от функционирующего дизельного генератора;

- заправлять бак, когда двигатель устройства находится в рабочем состоянии (перед заправкой работа мотора должна быть остановлена и желательно дать ему время, чтобы он остыл).

Другими важными моментами, касающимися процесса эксплуатации дизельных электростанций, являются:

- соблюдение правил защиты от поражения электрическим током. Необходимо помнить, что все основные электрические соединения в используемом вами оборудовании находятся под напряжением, являющимся опасным для жизни человека. Поэтому очень важно соблюдать предельную осторожность при работе с такой техникой;

- заземление блока цилиндров двигателя при использовании внешней батареи. В том случае, если при запуске двигателя генератора вами применяется внешняя батарея, то следует позаботиться о наличии заземления. Отрицательную клемму провода нужно подключить к блоку цилиндров (дело в том, что при случайном подключении к отрицательной клемме батареи может быть вызвана искра, способная привести к воспламенению вырабатываемого батареей газа, что приводит к взрыву). После того как двигатель был запущен следует сразу же отключить заземление;

- соблюдение правил осторожности при работе с электролитом аккумулятора. Необходимо помнить о том, что попадание электролита на открытые участки тела может нанести вред человеческому здоровью. При попадании вещества на кожу соответствующий участок необходимо промыть большим количеством воды, а если электролит попал в глаза, то кроме этого также нужно будет незамедлительно посетить врача;

- соблюдение правил осторожности при использовании антифриза. В случае проглатывания определенного количества вещества необходимо как можно быстрее простимулировать у человека рвоту и вызвать скорую помощь. Если же антифриз случайным образом попал в органы зрения, то следует незамедлительно промыть их обильным количеством воды и обратиться к врачу;

- соблюдение осторожности при запуске двигателя. Перед тем как запустить двигатель дизельного генератора следует убедиться, что в его опасной зоне не находится никто из обслуживающего персонала [11].

Для того чтобы работа устройства была максимально корректной и эффективной следует придерживаться следующих правил:

- генератор должен работать только в хорошо проветриваемом помещении. Необходимо позаботиться о том, чтобы в помещении, где работает устройство, постоянно присутствовал источник свежего воздуха. В противном случае это может стать причиной нехватки кислорода, необходимого для сгорания топлива и как следствие – привести к потере мощности;

- стартер следует использовать корректно. Если двигатель дизельного генератора не удалось запустить спустя десять секунд, то следует отключить стартер и подождать не менее полуминуты для того, чтобы он мог остыть;

- запустив двигатель нужно дать поработать ему в течение 5-10 минут в режиме холостого хода и только после этого можно включать полную нагрузку на устройство. Такие манипуляции позволят увеличить срок эксплуатации устройства. При этом нежелательно увеличивать срок прогрева мотора, так как это может привести к появлению нагара в цилиндрах;

- следует защищать двигатель от перегрузки. Если мотор дизельного генератора был перегружен, то это может привести к неполному горению горючего топлива, повышению его расхода, а также появлению нагара в камере сгорания (обычно это явление сопровождается обильным количеством черного дыма). Перегрузка может негативно сказаться на сроке работы устройства;

- первые 50-100 часов работы двигатель необходимо «обкатать» на пониженных нагрузках. Это сможет существенно продлить длительности работы мотора дизельного генератора;

- необходимо избегать резких остановок мотора при его работе под нагрузкой. Резкая остановка приводит к более быстрому износу основных движущихся элементов двигателя, а также обмоток электрогенератора. Кроме того, она может стать причиной перегрева, поэтому перед остановкой мотора следует сначала снять нагрузку и дать ему поработать в течение 4-5 минут;

- важно находиться на безопасном расстоянии от конструктивных элементов и деталей мотора, которые находятся в процессе движения. Необходимо помнить о том, что движущиеся элементы могут представлять существенную угрозу для здоровья и жизни специалистов, которые обслуживают электростанцию;

- нужно держаться как можно дальше от частей и поверхностей двигателя, которые в процессе своей работы могут поддаваться сильному нагреву. К таким частям следует отнести узлы выхлопной системы, а именно турбину наддува, глушитель, выпускные коллекторы, а также трубу. Когда двигатель находится в рабочем состоянии, то важно исключить контакт человека с этими элементами. Также нельзя помещать на них любые посторонние предметы;

- при внезапной остановке мотора следует выяснить причину этого и осуществить ремонт устройства. Это нужно сделать до того, как вы вновь запустите двигатель дизельного электрогенератора.

Во время эксплуатации дизельных генераторов необходимо применять лишь те моторные масла, которые были рекомендованы компанией-производителем двигателя, используемого в вашей электростанции. При

выборе такого продукта следует учитывать способность масляной пленки, оставаться на стенках цилиндрах мотора и других движущихся частях в соответствующих температурных условиях. Кроме того, масло должно обеспечивать низкий уровень трения подвижных деталей и небольшой крутящий момент.

Если моторное масло было выбрано неправильно, то после своего появления такая пленка может застыть или даже замерзнуть на рабочих поверхностях деталей мотора. Результатом этого может стать возникновение значительных сил трения. Впоследствии это отразится на увеличении крутящего момента, а также снижении общего эксплуатационного срока устройства.

Всего есть два фактора, которые связаны с надежным функционированием мотора при различной температуре окружающей среды, а именно:

- способность обеспечивать вращение коленчатого вала с высокой частотой во всем диапазоне рабочих температур;
- надежное смазывание движущихся деталей двигателя во время его запуска и после продолжительного функционирования.

Нельзя смешивать моторные масла разных видов. Кроме того, смешивание может иметь нежелательные последствия и в том случае, если данный продукт был выпущен различными марками-производителями. Дело в том, что в большинстве случаев моторные масла различных брендов отличаются по своему составу и характеристикам, а, следовательно, не совместимы при смешивании. Использование такого «коктейля» может привести к перебоям в работе отдельных подвижных деталей мотора, а также стать причиной их более быстрого износа. Желательно использовать только один тип масла от одного бренда во всех случаях.

3 Расчетная часть

3.1 Тепловой расчет двигателя

Процесс впуска. Температура подогрева свежего заряда T с целью получения хорошего наполнения двигателя на номинальном скоростном режиме принимается $T_N = 10^\circ \text{C}$.

Плотность заряда на впуске:

$$P_k = 1,189 \text{ кг/м}^3$$

В соответствии со скоростным режимом двигателя $n_{ном} = 6000 \text{ мин}^{-1}$ и качеством обработки внутренней поверхности впускной системы принимаем

$$(v^2 + o_{вп}) \equiv 3,5 \text{ м/с}$$

Потери давления на впуске в двигатель: 3 МПа

Давление в конце впуска: 9 МПа

Коэффициент остаточных газов:

$$Y = 0,303 \cdot 0,19 = 0,057$$

Температура в конце впуска: $T_a = 350 \text{ К}$

Коэффициент наполнения: $\eta = 0,95$

Процесс сжатия. Учитывая характерные значения политропы сжатия для заданных параметров двигателя принимаем $n_1 = 1,41$. Тогда давление в конце сжатия:

$$p_c = p_a^{n_1} = 1,69 \text{ МПа}$$

Температура в конце сжатия:

$$T_c = T_a \times (n - 1) = 799 \text{ К}$$

Средняя молярная теплоемкость для свежего заряда в конце сжатия (без учета влияния остаточных газов): $2,200 \text{ кДж/кмольград}$.

Число молей остаточных газов:

$$M_r = \beta_r \times L_0 = 0,850 \times 0,570 \times 0,531 = 0,0257 \text{ кмоль}$$

Число молей газов в конце сжатия до сгорания:

$$M_c = M_1 + M_r = 0,46 + 0,0257 = 0,4857 \text{ кмоль}$$

Процесс сгорания. Средняя молярная теплоемкость при постоянном объеме для продуктов сгорания жидкого топлива в карбюраторном двигателе при (1):

$$c = 20,61 + 0,00272T_z \text{ кДж/кмоль} \times \text{К}$$

Определим количество молей газов после сгорания:

$$M_z = M_2 + M_r = 0,511 + 0,0257 = 0,5367 \text{ кмоль}$$

Расчетный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси: = 1,1.

Примем коэффициент использования теплоты $z = 0,9$, тогда количество теплоты, передаваемой на участке cz при сгорании топлива в 1 кг.:

$$Q = z \times (Q_H - Q_n) \quad (1)$$

где Q_H - низшая теплотворная способность топлива равная 44100 кДж/кг,
 $Q_n = 119950 \times L_0$ - количество теплоты, потерянное в следствии химической неполноты сгорания:

$$Q_H = 119950 \times 0,531 = 9518 \text{ кДж/кг}, \text{ отсюда}$$
$$Q = 0,9 \times (44100 - 9518) = 31123,8 \text{ Кдж/кг}$$

Определим температуру в конце сгорания из уравнения сгорания для карбюраторного двигателя (1), тогда получим:

$$1,1 \times (20,61 + 0,00272 \times T_z) \times T_z = 350 \text{ К}$$

Максимальное давление в конце процесса сгорания теоретическое: $P_z = 4,6$ МПа.

Действительное максимальное давление в конце процесса сгорания:

$$p_{zA} = 0,85 \times P_z = 0,85 \times 6,24 = 5,3 \text{ Мпа}$$

Степень повышения давления: 3,69 МПа

Процесс расширения. С учетом характерных значений показателя политропы расширения для заданных параметров двигателя примем средний показатель политропы расширения $n_2 = 1,25$

Давление и температура в конце процесса расширения: $p_r = 416$ МПа,
 $T_r = 300$ К

Проверка ранее принятой температуры остаточных газов: $T = 1011$ К.
Погрешность составит: 1,1%, эта температура удовлетворяет условию 1,7.

Индикаторные параметры рабочего цикла. Теоретическое среднее индикаторное давление цикла для не скругленной индикаторной диаграммы. Для определения среднего индикаторного давления примем коэффициент

полноты индикаторной диаграммы равным $x_H = 0,95$, тогда среднее индикаторное давление получим:

$$p_i = x_H \times p'_i = 0,95 \times 1 = 0,95 \text{ МПа}$$

Индикаторный К.П.Д.: $\eta = 0,327$

Индикаторный удельный расход топлива: $g_i = 249,65 \text{ г/кВт ч.}$

Эффективные показатели двигателя. При средней скорости поршня $W_{п.}$ при ходе поршня $S = 75 \text{ мм.}$ и частотой вращения коленчатого вала двигателя $n = 6000 \text{ об/мин.}$, рассчитаем среднее давление механических потерь:

$$P_M = a + b \times W_{п.ср} \quad (2)$$

где коэффициенты a и b определяются соотношением $S/D = 0,751$, тогда

$$a = 0,034, b = 0,0113$$

отсюда $p_M = 0,034 + 0,0113 \times 15 = 0,2 \text{ МПа}$

Рассчитаем среднее эффективное давление:

$$p_c = p_i - p_M = 1,95 - 1,2 = 0,75 \text{ МПа}$$

Механический К.П.Д. составит: $0,98$

Эффективный К.П.Д.:

$$\eta_e = 0,327 \times 0,789 = 0,258$$

Эффективный удельный расход топлива: $g_e = 220 \text{ г/кВт} \times \text{ч}$

Основные параметры цилиндра и двигателя.

Литраж двигателя:

$$V_{л} = 1,472 \text{ л}$$

Рабочий объем цилиндра: $V_h = 30 \text{ л.}$

Диаметр цилиндра:

$$D = 100 \text{ мм}$$

Ход поршня:

$$S = D \cdot c = 80,15 \cdot 0,91 = 73 \text{ мм}$$

Площадь поршня: 150 см^2

Средняя скорость поршня: $W_{п.ср.} = 30 \text{ мм/с}$

Эффективный крутящий момент двигателя: $M_{кр} = 9550 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Часовой расход топлива:

$$G_T = N_e \times g_e = 55,2 \times 316,62 \times 10^{-3} = 17,47 \text{ кг/ч}$$

3.2 Расчет теплообменного аппарата

Теплообменный аппарат – это устройство, обеспечивающее передачу тепла между средами, различающимися по температуре. Для обеспечения тепловых потоков различного количества конструируются разные теплообменные устройства. Они могут иметь разные формы и размеры в зависимости от требуемой производительности, но основным критерием выбора агрегата является площадь его рабочей поверхности. Она определяется с помощью теплового расчета теплообменника при его создании или эксплуатации.

Расчет может нести в себе проектный (конструкторский) или проверочный характер. Конечным результатом конструкторского расчета является определение площади поверхности теплообмена, необходимой для обеспечения заданных тепловых потоков. Проверочный расчет, напротив, служит для установления конечных температур рабочих теплоносителей, то есть тепловых потоков при имеющейся площади поверхности теплообмена.

Соответственно, при создании устройства проводится конструкторский расчет, а при эксплуатации – проверочный. Оба расчета идентичны и, по сути, являются взаимнообратными.

Основой для расчета теплообменников являются уравнения теплопередачи и теплового баланса.

Уравнение теплопередачи имеет следующий вид:

$$Q = F \times k \times \Delta t \quad (3)$$

Как можно заметить, величина F , являющаяся целью расчета, определяется именно через уравнение теплопередачи. Выведем формулу определения F :

$$F = Q/k \times \Delta t \quad (4)$$

Уравнение теплового баланса учитывает конструкцию самого аппарата. Рассматривая его, можно определить значения t_1 и t_2 для дальнейшего вычисления F . Уравнение выглядит следующим образом:

$$Q = G_1 \times c_{p1} \times (t_1^{\text{BX}} - t_1^{\text{BYX}}) = G_2 \times c_{p2} \times (t_2^{\text{BYX}} - t_2^{\text{BX}}) \quad (5)$$

где: G_1 и G_2 – расходы масс греющего и нагреваемого носителей соответственно, кг/ч; c_{p1} и c_{p2} – удельные теплоемкости (принимаются по нормативным данным), кДж/кг °С.

В процессе обмена тепловой энергией носители изменяют свои температуры, то есть в устройство каждый из них входит с одной температурой, а выходит – с другой. Эти величины (t_1^{BX} ; $t_1^{ВЫХ}$ и t_2^{BX} ; $t_2^{ВЫХ}$) являются результатом проверочного расчета, с которым сравниваются фактические температурные показатели теплоносителей.

Вместе с тем большое значение имеют коэффициенты теплоотдачи несущих сред, а также особенности конструкции агрегата. При детальном конструкторских расчетах составляются схемы теплообменных аппаратов, отдельным элементом которых являются схемы движения теплоносителей. Сложность расчета зависит от изменения коэффициентов теплопередачи k на рабочей поверхности.

Исходные данные:

температура греющего носителя при входе $t_1^{BX} = 500$ °С;

температура греющего носителя при выходе $t_1^{ВЫХ} = 80$ °С;

температура нагреваемого носителя при входе $t_2^{BX} = 100$ °С;

температура нагреваемого носителя при выходе $t_2^{ВЫХ} = 65$ °С;

расход массы греющего носителя $G_1 = 14000$ кг/ч;

расход массы нагреваемого носителя $G_2 = 17500$ кг/ч;

нормативное значение удельной теплоемкости $c_p = 4,2$ кДж/кг·°С;

коэффициент теплопередачи $k = 6,3$ кВт/м².

Определим мощность теплообменного аппарата с помощью уравнения теплового баланса:

$$\begin{aligned} Q^{BX} &= 14000 \times 4,2 \times (500 - 80) = 24696 \text{ кДж/ч} \\ Q^{ВЫХ} &= 17500 \times 4,2 \times (100 - 65) = 24969 \text{ кДж/ч} \\ Q^{BX} &= Q^{ВЫХ} \end{aligned}$$

Условия теплового баланса выполняются. Переведем полученную величину в единицу измерения Вт. При условии, что 1 Вт = 3,6 кДж/ч,

$$Q = Q^{BX} = Q^{ВЫХ} = 296 \text{ кВт}$$

Определим значение напора t . Он определяется по формуле:

$$\Delta t = \frac{(t_1^{BX} - t_2^{ВЫХ}) - (t_1^{ВЫХ} - t_2^{BX})}{\ln \frac{t_1^{BX} - t_2^{ВЫХ}}{t_1^{ВЫХ} - t_2^{BX}}} = \frac{(14 - 12) - (9 - 8)}{\ln \frac{14 - 12}{9 - 8}} = 1,4$$

Определим площадь поверхности теплообмена с помощью уравнения теплопередачи:

$$F = \frac{81,7}{6,3} \times 1,4 = 9,26 \text{ м}^2$$

Как правило, при проведении расчета не все идет гладко, ведь необходимо учитывать всевозможные внешние и внутренние факторы, влияющие на процесс обмена теплом: особенности конструкции и работы аппарата; потери энергии при работе устройства; коэффициенты теплоотдачи тепловых носителей; различия в работе на разных участках поверхности (дифференциальный характер) и т.д.

При определении денежных потоков применялось дисконтирование – метод приведения разновременных затрат и результатов к единому моменту времени, в данном случае к 2013г, отражающий ценность прошлых и будущих поступлений (доходов) с современных позиций. Приведение делалось для того, чтобы при вычислении значения чистой приведенной стоимости исключить из расчета общее изменение масштаба цен, но сохранить (происходящие из-за инфляции) изменения в структуре цен.

4 Экономическая часть - расчет экономической эффективности проектируемого агрегата

Немалую долю расходов любого производства составляют затраты на энергоресурсы. В условиях постоянного роста тарифов на сетевую электроэнергию особый интерес вызывает малая энергетика - генерация тепла и электроэнергии своими силами при помощи когенерационных установок. Когенерационные установки - это будущее энергетики, ведь их энергоэффективность и экологичность в разы превышает показатели стационарных сетей электроснабжения и теплоснабжения. Значимым преимуществом газопоршневых установок является эффективность их работы на сравнительно малых мощностях. Газопоршневые электростанции превосходно адаптированы к ситуациям с кратковременной эксплуатацией и частыми запусками, а также прекрасно переносят резкие перепады температурного режима. Таким образом, можно выделить следующие плюсы когенерационных установок: Эффективное использование энергоресурсов: данные установки позволяют одновременно производить электрическую и тепловую энергию. Небольшое количество выбросов: снижает выбросы парниковых газов за счет более эффективного использования топлива, а также возможности дополнительного повышения эффективности. Снижению себестоимости энергии, за счет возможности использования в качестве топлива отходов производства или биотоплива. К минусам когенерационных установок можно отнести: Высокая себестоимость внедрения установок: на начальном этапе требует значительных инвестиций на закупку оборудования и изменения инженерных коммуникаций. Необходимость постоянного обслуживания: для достижения максимальной эффективности и надежной работы необходимо регулярное техническое обслуживание и контроль состояния составных частей установок. Для решения проблем связанных с минусами когенерационных установок необходимо выбрать наиболее подходящий для предприятия тип установки и дополнительные ступени утилизации тепла, что позволит еще больше повысить их эффективность и уменьшить затраты на изменения коммуникаций. Использование когенерационных установок позволит: частично отказаться от покупной электрической энергии, что приведет к снижению платы за нее; снизить потребление природного газа. Данные установки показывают максимальную эффективность при внедрении на производствах, где для технологических нужд используется пар или горячий теплоноситель. Так же данные установки могут помочь отказаться от централизованной системы отопления для небольших производств. Эффективность в деньгах составляет 3990000 тг.

При расчете экономической эффективности будем исходить из следующих допущений:

- потребление электроэнергии на собственные нужды составляет 4 737 792 кВт×ч в год;

- ориентировочно продажа электроэнергии сторонним организациям при достижении максимально возможной выработки может составить за год 8 069 766 кВт×ч;

- получаемая попутная теплоэнергия будет использоваться на подогрев воды и отопление Оздоровительного центра. Продажа излишков теплоэнергии проектом не предусмотрена, так как на данный момент нет информации о величине внутреннего потребления, сумме необходимых затрат на строительство теплосетей и возможных потребителях теплоэнергии;

- налог на добавленную стоимость (НДС) в расчет не принимаем;

- так как Оздоровительный центр уже присоединен к газовым сетям, плату за присоединение в общих расходах на проект не учитываем.

В расчетах экономической эффективности использовались данные о стоимости и затратах аналогичного проекта. Однако нужно понимать, что прогнозная цифра эффекта может отличаться от фактически полученного. Поэтому, если по результатам вашего расчета будет получен низкий уровень прогнозируемой прибыли от реализации проекта, это может говорить о его фактической убыточности.

Для расчета экономической эффективности внедрения когенерации нам понадобятся также прогнозные цены на природный газ и электроэнергию на 2023 г., которые мы будем самостоятельно рассчитывать исходя из действующих цен и, руководствуясь Прогнозом социально-экономического развития Российской Федерации на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов.

Согласно этому документу рост цен и тарифов в сфере газоснабжения в 2023–2024 гг. для всех категорий потребителей, за исключением населения, не превысит 4 %, рост цен и тарифов в электроэнергетике в 2023–2024 гг. составит не более 3 % ежегодно.

5 Техника безопасности при эксплуатации

Технические мероприятия по устранению опасных факторов:

При проектировании двигателя предусмотрены следующие мероприятия:

1) Детали поршневой группы, коленчатый вал, газораспределительный механизм, зубчатые передачи закрыты корпусными деталями двигателя и кожухами;

2) Все трубопроводы или детали, имеющие температуру на поверхности выше 25°C располагаются таким образом, что исключить возможность прикосновения к ним обслуживающего персонала;

3) Все электрические провода изолированы, особенно в непосредственной близости у топливных элементов и топливных трубок, для предотвращения возгорания, катушки зажигания выполнены непосредственно на свечах зажигания;

4) Двигатель имеет уплотнения на стыках;

5) Обеспечен контроль работы всех систем. При неисправности одной из них происходит немедленное оповещение на приборную панель, а при необходимости и аварийная остановка ДВС;

6) Для контроля уровней рабочих жидкостей (охлаждающей жидкости, масла) приборы выведены на приборную панель, что в свою очередь уменьшает необходимость соприкосновения с силовым агрегатом, и соответственно уменьшение возможности создания аварийной ситуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте был представлен процесс когенерации, который значительно экономит ресурсы и улучшает производительность. С развитием технологий и ростом населения Земли спрос на энергию увеличивается с каждым годом. Одно из наиболее эффективных, экологических и экономически выгодных решений - комбинированное производство тепловой и электрической энергии (когенерация).

Экономия ресурсов. Тепло, получаемое в процессе выработки электричества, не теряется, а используется повторно. Снижение выбросов парниковых газов, благодаря более эффективному использованию топлива.

Экологичность. Когенерация является одним из самых экологических способов производства энергии.

Экономическая эффективность. За счёт применения одного и того же топлива для двух целей, значительно снижаются общие затраты.

Надежность. Данный процесс менее подвержен перебоям в подаче электроэнергии или тепла.

Комбинированное производство тепловой и электрической энергии - перспективное направление энергетики.

За последние десять лет оно получило широкое распространение во многих странах мира

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сербин, Е.П. Техническая механика: учебник / Е.П. Сербин. — Москва: КноРус, 2019. — 400с.
2. Олофинская, В.П. Детали машин. Основы теории, расчёта и конструирования: учебное пособие.-Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020.-72с.
3. Олофинская, В.П. Детали машин. Краткий курс, практические занятия и тестовые задания: учебное пособие.-Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020.-232с.
4. Олофинская, В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий: учебное пособие.-Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020.-132с.
5. Бабичева, И.В. Техническая механика.: учебное пособие / Бабичева И.В. — Москва: Русайнс, 2019. — 102 с. — ISBN 978-5-4365-3692-7.
6. Ильянков, А.И. Технология машиностроения: Практикум и курсовое проектирование [Текст]: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / А.И. Ильянков, В.Ю. Новиков. - 2-е изд., стер. - М.: ИЦ "Академия", 2013. - 432 с.
7. Аверьянова, И.О. Технология машиностроения. Высокоэнергетические и комбинированные методы обработки [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.О. Аверьянова, В.В. Клепиков. - М.: ФОРУМ, 2012. - 304 с.: ил. - (Профессиональное образование).
8. Бойко А.Ф. Проектирование машиностроительных цехов и участков [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Ф. Бойкои др.— М. : ИНФРА-М, 2018. — 264 с.
9. Полевой, А.А. Монтаж холодильных установок и машин [Текст] / А.А. Полевой. - СПб.: Профессия, 2017. - 264 с.
10. Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного оборудования: в 2 ч. [Текст] : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [А.Г. Схиртладзе, А.Н. Феофанов, В.Г. Митрофанов и др.]. - М.: ИЦ "Академия", 2016. - 272 с.
11. Организация и проведение монтажа и ремонта промышленного оборудования: в 2 ч. [Текст] : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [А.Г. Схиртладзе, промышленного оборудования и контроль за ним А.Н. Феофанов, В.Г. Митрофанов и др.]. - М.: ИЦ "Академия", 2016. - 272 с.
12. Схиртладзе А.Г. Ремонт технологического оборудования [Электронный ресурс]: учебник / А. Г. Схиртладзе, В.А. Скрябин. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2018. - 352 с.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломный проект
(наименование вида работы)

Амангельдиева Д.

(Ф.И.О. обучающегося)

ОП 6В07107 – «Эксплуатационно-сервисная инженерия»
(шифр и наименование ОП)

Тема:

Проект когенерационной дизель-генераторной установки мощностью 500кВт

Повышение энергоэффективности тепловых двигателей, в том числе дизель-генераторных установок является одним из актуальных вопросов, которое в настоящее время идет в направлении повышения общей энергоэффективности за счет утилизации теплоты отработавших газов и теплоты, отводимой от системы охлаждения. Последнее привело к созданию когенерационных установок, обладающих общим КПД свыше 90%. Такие установки находят все большее применение во всех отраслях производства.

Несмотря на практическое совершенство конструкций современных ДГУ, очень важным остается вопрос повышения их энергоэффективности в составе ДГУ. Этой проблеме и посвящен дипломный проект дипломанта.

На основании анализа современных конструкций ДГУ и исходных данных для проектирования им выбран прототип, проведены необходимые термодинамические и тепловые расчеты, позволившие определить необходимые конструктивные параметры теплообменных утилизационных устройств для утилизации выбрасываемой двигателем теплоты.

С целью повышения энергоэффективности когенерационной ДГУ им предложена конструкция теплообменного аппарата типа «труба в трубе». Данное решение обосновано необходимыми теоретическими и расчетными выкладками, подтверждающими правильность выбора направления совершенствования.

При работе над дипломным проектом дипломант проявил недисциплинированность, поздно приступил к выполнению проекта, хотя и проявил удовлетворительные инженерные навыки для обоснования предлагаемых технических решений.

В целом, содержание разделов дипломного проекта логически последовательно, обладает внутренним единством и направленностью на решение поставленной задачи.

Дипломный проект Амангельдиева Д. по содержанию и оформлению соответствует требованиям нормативных документов, рекомендуется к защите с присвоением ему квалификации «Бакалавр техники и технологий».

Научный руководитель

Канд. техн. наук, проф.

(должность, ун. степени, звание)

Мырзахметов Б.А.

(подпись)

« 24 »

06

2024г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Амангельдиев Динмухамед Калыбекулы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Проект когенерационной дизель-генераторной установки

Научный руководитель: Бейбит Мырзахметов

Коэффициент Подобия 1: 1.6

Коэффициент Подобия 2: 0.9

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 13

Интервалы: 0

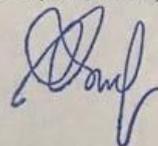
Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрыва плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 26.06.2024

Заведующий кафедрой



РЕЦЕНЗИЯ

на Дипломный проект
(наименование вида работы)

Амагелдышев Дикмухамед Қаламбекұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

6В07107 - Эксплуатационно-сервисная инженерия
(шифр и наименование ОП)

На тему: Проект когенерационной дизель-генераторной установки
мощностью 500 кВт

Выполнено:

а) графическая часть на 11 листах

б) пояснительная записка на 26 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Работа выполнена на актуальную в настоящее время тему — выработку эффективных и экономичных способов выработки тепловой и тепловой энергии. Глава 3 и 4 глав: термодинамика, расчетной и жидкостной.

Замечания по работе:

1. В расчетной части процесса цикла не обоснован выбор показателя потерь.
2. В расчете теплообменного аппарата выбор значения коэффициента теплопередачи необходимо разбить.

Оценка работы

Магистерская работа Амагелдышева Д.К. выполнена в соответствии к требованиям, предъявляемым к выпускным работам на уровне 80%, автор заслуживает присвоения степени бакалавра технических наук по направлению «Техническая эксплуатация сервисная инженерия 6В07107».

Рецензент

проф. А.А.С., к.т.н., доц. ВАК
(должность, уч. степень, звание)

Али Мусабиев А.А. Ф.И.О.
(подпись)

«26» 06 2024 г.



Қолтаңбаны растаймын
Подпись заверяю

Али Мусабиев А.А.