

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 130501.65 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Энергоэффективность транспортировки нефти при использовании частотных силовых преобразователей на центробежных насосах

УДК 622.692.4.05:621.314.632

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Т00	Чулик К.Е.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рудаченко А.В.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Вазим А. А.	к.э.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М. В.	к.э.н, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 130501 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

_____ Рудаченко А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы

Слушателю:

Группа	ФИО
3-2Т00	Чулик К.Е.

Тема работы:

Энергоэффективность транспортировки нефти при использовании частотных силовых преобразователей на центробежных насосах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект: ----- Насосные агрегаты ЦНС 300-300, ЦНС 500-560 в периодическом режиме работы.
--	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Сравнение энергозатрат при работе центробежных насосов без частотно-регулируемого привода, и с их применением. Расчёт сроков окупаемости силовых преобразователей.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Напорные характеристики насосов ЦНС, ----- -----

Дата выдачи задания на выполнение дипломной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Рудаченко А.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению слушатель:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2Т00	Рудаченко А.В.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Т00	Чулик К.Е.

Институт		Кафедра	
Уровень образования	специалист	Направление/специальность	130501.65 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- стоимость работ и материально-технических ресурсов по строительству площадки ЧРП
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- МДС 81-35.2004, ГСН 81-05-01-2001, ГСН 81-05-02-2007
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговая система и финансовое законодательство Российской Федерации

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	- сравнительный анализ возможных методов проведения ремонта, оценка экономического потенциала принятых технических решений
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	- расчет затрат исходя из плана и графика выполнения различных видов работ
3. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	- обоснование экономической выгоды за счет внедрения проекта
4. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	- составление сводного сметного расчета на реализацию проекта
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	- оценка экономической эффективности и срока окупаемости проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вазим А. А.	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Т00	Чулик К.Е.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Т00	Чулик К.Е.

Институт		Кафедра	
Уровень образования	специалист	Направление/специальность	130501.65 «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1.1 Производственная безопасность
1.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Мероприятия по снижению воздействия опасных факторов и предотвращению риска аварий:

- проведение инструктажей;
- применение спецодежды и СИЗ;
- работа с исправным инструментом;
- поражение электрическим током
- опасность механических травм
- пожарная безопасность
- производственный шум

2. Экологическая безопасность
2.1 Оценка воздействия проектируемого объекта на состояние окружающей природной среды
2.2. Перечень мероприятий по предотвращению и (или) снижению возможного негативного воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов на период строительства и эксплуатации линейного объекта.

Анализ воздействия на окружающую среду:

- приземной слой атмосферы;
- водную среду;
- земельные угодья;
- животный мир.
- химическое воздействие на воздушный бассейн;
- физическое воздействие на воздушный бассейн;
- воздействие на водные ресурсы;
- воздействие объекта на растительный и животный мир;
- воздействие на земельные ресурсы

Мероприятия по снижению воздействия на окружающую среду.

- мероприятия по охране атмосферного воздуха;

	– мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов и почвенного покрова; – мероприятия по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению опасных отходов; – мероприятия по охране растительного и животного мира;
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	– Анализ возможных чрезвычайных ситуаций на объекте; – Разработка мероприятий по предупреждению аварий; – Определение зон действия основных поражающих факторов при авариях; – Определение сценариев аварий с участием опасных веществ; – Решения предупреждению аварийных выбросов опасных веществ; – Решения, направленные на предупреждение развития аварий и локализация выбросов опасных веществ.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	- ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»; - РД 08-200-98 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»; - ГОСТ 12.0.004-90 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения»; - СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»; - РД 153-39.4-056-00 «Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов» - РД 09-364-00 «Типовая инструкция по организации безопасного

	проведения огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах»;
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гуляев М. В	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-2Т00	Чулик К.Е.		

Список сокращений

УПН – установка подготовки нефти;
ЦПС – центральный пункт сбора;
НПС – нефтеперекачивающая станция;
ОУУН – оперативный узел учета нефти;
КУУН – коммерческий узел учета нефти;
РД – регулятор давления;
ЧРП – частотно–регулирующий привод;
РВС – резервуар вертикальный стальной;
ПК – предохранительный клапан;
СППК – стальной пружинный предохранительный клапан;
ПУ – переключающее устройство;
НВП – насосная магистральная перекачки;
НВП – насосная внешней перекачки;
ПТБ – печь трубчатая блочная;
УОН – узел отпуска нефти;
КИП и А – контрольно-измерительные приборы и автоматика;
ЦНС – центробежный насос секционный;
ТРЭ – технологический расход электроэнергии;
РНА – регулируемый насосный агрегат.

					Список сокращений	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 108 с., 10 рисунков, 22 таблицы, 29 источников, 6 приложений, демонстративный материал оформлен в виде презентации Microsoft PowerPoint.

Ключевые слова: частотно-регулируемый электропривод, центробежный насос, энергоэффективность ЧРП.

Цель работы – разработка технического решения для доведения схемы ----- в систему магистральных нефтепроводов ----- -- до требований ----- «-----», оценка экономической эффективности от внедрения силовых частотных электроприводов центробежных насосов.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft® Word 2016. Все данные представлены на компакт-диске (в конверте на обороте обложки).

					Реферат	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Оглавление

Литературный обзор.....	12
Введение.....	13
1 Аналитический обзор.....	14
2 Общая характеристика производственного объекта.....	20
2.1 Характеристика перекачиваемого продукта.....	20
2.2 Описание блока насосной -----.....	21
2.3 Характеристики электродвигателей агрегатов-----.....	26
2.4 Участок магистрального нефтепровода.....	27
3 Основные технологические решения.....	29
3.1 Выбор места расположения площадки силовых блоков преобразователей.....	31
3.2 Выбор технологического оборудования.....	32
3.3 Анализ работы насосного оборудования на прямом пуске и с ЧРП.....	43
3.3.1 Определение необходимости пересчёта заводских напорных характеристики с воды на нефть.....	44
3.3.2 Уравнения для КПД магистральных насосов при номинальной частоте вращения.....	48
3.3.3 Расчёт КПД магистральных насосов при уменьшении частоты вращения ротора.....	51
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	54
4.1 Продолжительность строительства. Календарный план строительства.....	54
4.2 Объем основных строительно-монтажных работ. Расход основных строительных материалов.....	56
4.3 Потребность в кадрах.....	58
4.4 Потребность в основных строительных машинах и механизмах....	59
4.5 Расчет затрат на проведение строительно-монтажных работ.....	61

					Оглавление	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

4.6	Определение снижения расхода и затрат на оплату электроэнергии на перекачку за счет использования ЧРП.....	66
4.7	Определение расхода и затрат на оплату электроэнергии для эксплуатируемого нефтепровода при нерегулируемом электроприводе (без использования ЧРП).....	72
4.8	Определение расхода и затрат на оплату электроэнергии для плана – графика при работе НМП с использованием ЧРП.....	74
4.9	Оценка экономической эффективности мероприятия.....	77
5.	Социальная ответственность.....	78
5.1	Характеристика опасностей имеющихся в производстве и особые требования безопасности.....	78
5.2	Основные мероприятия по обеспечению безопасного ведения технологического процесса и защиты организма работающих.....	79
5.3	Охрана труда и техника безопасности.....	80
5.4	Производственный шум.....	82
5.5	Индивидуальные средства защиты работающих.....	83
5.6	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	85
5.7	Основные меры оказания первой помощи.....	87
5.8	Противопожарные мероприятия.....	88
5.9	Требования к мерам пожарной безопасности.....	90
5.10	Первичные средства пожаротушения.....	91
5.11	Экологическая безопасность.....	92
	Заключение.....	95
	Список использованных источников.....	96
	Приложение.....	99

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В настоящее время в результате стремительного развития современной науки, не во всех областях имеется достаточное количество изданий, вмещающих в себя всеобъемлющую информацию о предмете, принимая во внимание новые научные достижения. На данный момент выбор литературы по теме частотной регуляции насосных агрегатов в нефтегазовой отрасли не так уж широк. Основной литературой принятой при написании данной работы был ряд публикаций Уфимского государственного нефтяного технического университета, под ред. проф. Шабанова В.А., в которых широко рассматриваются задачи частотной регуляции центробежных агрегатов в нефтегазовой отрасли. В особенности, можно выделить следующие издания данного автора:

- Методика оценки эффективности применения частотно-регулируемого электропривода ----- [4].
- Оценка эффективности частотного регулирования магистральных насосов по эквивалентному коэффициенту полезного действия [6].
- Анализ использования электроэнергии при решении технологических задач перекачки нефти [8].

Исследования в данной области не представляются возможными без фундаментальных технических знаний о технологии перекачки нефти и происходящих при этом физических процессах. Эта область наиболее широко освещена в следующих публикациях:

- Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: Учебник для вузов [3].
- Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций [9].

В разработке дипломной работы использовалась нормативно–регламентирующая литература: ПУЭ [11], СНиП[14], ПБ [15], ГОСТ [22] опираясь на которые были проведены исследования.

					Литературный обзор	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной техники создаёт новые возможности в эффективности работы машин, применяемых во многих областях промышленности. Требования к расходу электроэнергии потребителями – электрическими машинами имеют наивысший приоритет в плане экономии финансовых средств компаний и корпораций, деятельностью которых является сфера добычи, подготовки и транспортировки углеводородного сырья и их производных продуктов. Современная научно – техническая база создала возможность широкого производства и внедрения силовых промышленных электронных устройств управления электрическими двигателями высокой мощности – частотно–регулирующими преобразователями (ЧРП). На данный момент возможности ЧРП охватывают широкий диапазон допустимых мощностей для управления машинами и агрегатами, используемых в нефтегазовой индустрии и сокращения энергозатрат на их работу.

Целью работы является обоснование финансовой целесообразности использования ЧРП, подбор ЧРП под насосный агрегат, оценка затрат на установку и ввод в работу, анализ сроков окупаемости.

Объектом исследования в данной работе является насосный блок, состоящий из нефтеперекачивающих агрегатов ЦНС и управляющих ими ЧРП.

					Введение	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

На протяжении XX века задача регулирования расхода перекачиваемых насосными агрегатами жидкостями и газами сводилась к низкоэффективному использованию методов регулирования расхода жидкости через насосный агрегат, такими как перепуск части жидкости во всасывающую линию (байпасирование), дросселирование с помощью запорно–регулирующей арматуры, применение противотурбулентных присадок, обточка рабочих колёс центробежных насосов. Более рационально и эффективно управлять насосами позволяют частотные преобразователи, с помощью которых на двигатель подается необходимое количество энергии для создания и поддержания необходимого уровня давления и расхода в трубопроводной системе. При этом достигается экономия потребления энергии, при этом если учесть, что в течение срока службы двигатель расходует количество электроэнергии на сумму, намного превосходящую его стоимость, то это показатель оказывается чрезвычайно актуальным.

Применение ЧРП позволяет сократить эксплуатационные расходы на обслуживание оборудования, продлить ресурс электродвигателей а также приводимых ими в действие насосных агрегатов за счёт плавного пуска и останова электродвигателя, поддерживать требуемое значение параметров технологического процесса (расход, давление) в автоматическом режиме с применением системы обратной связи, обеспечить дистанционное управление техническим персоналом, уменьшить количество аварийных ситуаций оборудования и сократить затраты на ремонт и обслуживание.

Мощность насоса для конкретной системы всегда рассчитывается по уровню максимально потребления, с определённым запасом. Пересечение кривых на характеристике насос – сеть, является рабочей точкой, когда насос

					Энергоэффективность транспортировки нефти при использовании частотных силовых преобразователей на центробежных насосах			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Чулик К.Е.				Аналитический обзор	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Рудаченко А.В.						14	108
Консульт.						ТПУ гр. 3-2Т00		
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.							

обеспечивает необходимый проток и требуемый уровень давления, но фактически в таком режиме система работает крайне редко, лишь в моменты пикового потребления. В остальное время расчётная мощность насоса оказывается чрезмерной, и тогда в системах без регулирования или с применением дросселирования при снижении расхода создается избыточное давление на участке между выкидной арматурой насоса и дросселирующим устройством, на создание которого затрачивается дополнительная энергия.

Потери напора прямо пропорциональны энергии, расходуемой на избыточное давление при некотором рабочем расходе, при сдвиге параметра расхода влево от номинальной рабочей точки.

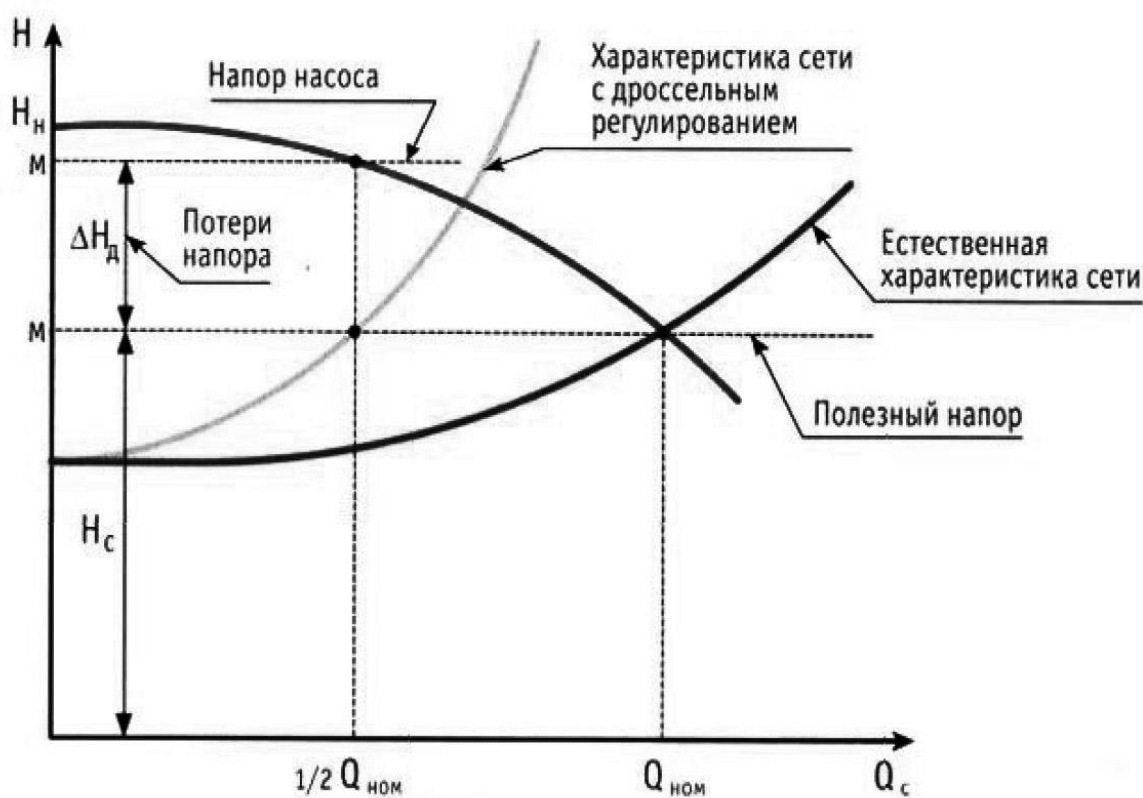


Рисунок 1 – Характеристика насос – сеть при дросселировании потока жидкости

Таким образом, потери энергии на дросселирование давления в насосных магистральной перекачки как в стационарных, так и в переходных режимах работы магистрального нефтепровода могут быть резко снижены за

счет применения полностью автоматизированных насосных агрегатов с плавным регулированием их частоты вращения (в дальнейшем регулируемый насосный агрегат – РНА) и поддержания оптимальных, с точки зрения минимума потребляемой электрической энергии, режимов их работы. Целесообразность применения РНА на НМП с целью снижения энергозатрат на перекачку нефти во многом будет зависеть от значения энергетических показателей (КПД и $\cos\varphi$) – для электродвигателей, тиристорного преобразователя частоты (ТПЧ) и в целом для тиристорного регулируемого электропривода (ТРЭ) при работе в широком диапазоне изменения нагрузок (частота вращения) и от значений КПД магистральных насосов при работе последних в широком диапазоне изменения частота вращения. Эффективность применения РНА должна определяться с учетом, что добавочные потери электроэнергии на перекачку нефти с внедрением на НМП мощных РНУ не должны превышать минимально возможных потерь электроэнергии на дросселирование.

Положительными факторами при применении регулируемого привода также являются: возможность снижения давления на входе промежуточных НМП до уровня минимальных давлений, установленных технологическими параметрами нефтепровода; снижение давления по НМП и плавный выход на расчетный режим перекачки увеличивает остаточный ресурс магистрального нефтепровода; исключаются перегрузка питающих электросетей и трансформаторных подстанций во время пуска насосного агрегата НМП; увеличивается число фиксированных режимов перекачки по нефтепроводу, исключающих дросселирование. Применение на НМП тиристорного регулируемого электропривода (ТРЭ) позволит ограничить пусковые токи электродвигателей насосных агрегатов (НА) на уровне не более $I_{ном}$ (следовательно, исключить посадку напряжения в сети), вместо $5-7 I_{ном}$ при прямых пусках от сети, тем самым позволит облегчить работу систем внутреннего и внешнего электроснабжения НМП и обеспечит снижение потерь энергии в кабельных и воздушных линиях, в силовых трансформаторах

					Аналитический обзор	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

и токоограничивающих реакторах (там, где они по тем или иным условиям используются) в период пуска насосных агрегатов. Незначительные токи при пуске электродвигателей от ТПЧ дают возможность использовать последние в качестве пусковых (разгонных) устройств электродвигателей НА. При этом темп разгона электродвигателей НА можно плавно регулировать в определенных пределах. Данное достоинство позволяет в течение короткого времени запускать один и тот же электродвигатель НА без опасения его перегрева, тогда как при прямых пусках электродвигателей НА от промышленной сети это делать невозможно. Кроме того, это дает возможность поочередно, без значительных трудностей, вводить в работу необходимое число агрегатов на НМП с целью обеспечения требуемого технологического режима перекачки, тогда как из-за больших посадок напряжения в питающих сетях при прямых пусках электродвигателей НА не всегда имеется такая возможность. Указанное достоинство может широко использоваться, исходя из требований повышения надежности и устойчивости работы НМП там, где имеются маломощные подстанции и большая загрузка их по мощности и где наблюдается дефицит мощности в энергосистемах. Применение РНА на НМП позволит: увеличить срок службы электродвигателей и насосов за счет снижения динамических нагрузок при плавном частотном пуске электродвигателей с заведомо заданной интенсивностью разгона; снизить переменные нагрузки на трубопровод и запорную арматуру (клапана, заслонки, задвижки), а следовательно обеспечит увеличение срока службы; частично отказаться от применения на НМП сменных роторов и полностью от обточка рабочих колес насосов; исключить простои при замене роторов и связанные с заменой эксплуатационные затраты; избежать в ряде случаев включения дополнительного насосного агрегата при необходимости увеличения производительности перекачки по участку нефтепровода путем увеличения частоты вращения РНА выше номинальных (при условии обеспечения возможности длительной работы электродвигателя на частоте вращения более 3000 об/мин); плавно

					Аналитический обзор	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

регулировать производительность перекачки в определенных пределах. Эффективность применения РНА на НМП МН во многом будет зависеть и от рационального их размещения (количество, конкретное назначение и на каких НМП), а также от того, на сколько ТРЭ будет отвечать требованиям, предъявляемым со стороны эксплуатационников электроприводов НА, главными из которых являются: простота обслуживания и высокая надежность работы, включающая возможность длительной эксплуатации без присутствия обслуживающего персонала, высокая экономичность в широком диапазоне изменения нагрузок и частоты вращения, высокое быстродействие по отработке технологических сигналов на изменение частоты вращения, невысокая стоимость и др.

Из изложенного следует, что показателей, определяющих эффективность применения РНА на НМП, достаточно много, однако просчитать эффект в денежном выражении на сегодня трудно из-за следующих причин: отсутствие статистических данных по работе РНА на НМП (серийно выпускаемых промышленностью и предусматриваемых для разработки в перспективе), а именно – показателей надежности в реальных условиях их эксплуатации (наработка на отказ, ресурс до первого капитального ремонта и т.п.), достоверных, экспериментально подтвержденных в реальных условиях эксплуатации номинальных значений энергетических параметров (КПД и $\cos\varphi$), ТРЭ, включая и отдельные их узлы (двигатели, тиристорные преобразователи, трансформаторное оборудование и т.п.), а также изменение указанных энергетических параметров ТРЭ и самостоятельных его узлов в широком диапазоне изменения нагрузок; отсутствие достоверных данных по стоимости основного и вспомогательного электрооборудования ТРЭ, и данных по затратам на проведение строительно-монтажных и пусконаладочных работ и затратам на их эксплуатацию. Практика эксплуатации регулируемых электроприводов, в том числе и на базе использования тиристорных преобразовательных агрегатов, показывает, что энергетические показатели электропривода какими бы высокими они ни были

					Аналитический обзор	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

для отдельных звеньев комплектного регулируемого электропривода, меньше соответствующих показателей электродвигателя, работающего с постоянной частотой вращения и питающегося непосредственно от сети, т.е.

$$\eta_{\text{рег.прив}} = \eta_{\text{дв}} \eta_{\text{пр.агр}} \eta_{\text{вспом.обор}} < \eta_{\text{двиг}} \text{ с } n = \text{const}, [1]$$

где $\eta_{\text{вспом.обор}}$ – КПД вспомогательного оборудования регулируемого электропривода, зависящий от потерь энергии в согласующем трансформаторе, компенсирующих устройствах, токопроводах и т.п.

На НМП с последовательной схемой включения насосов, нашедшей наибольшее применение на нефтепроводах, для поддержания устойчивой, надежной и экономичной работы НМП и в целом нефтепровода на любых режимах их эксплуатации достаточно двух регулируемых (один из которых резервный) насосных агрегатов. Поэтому некоторое снижение КПД регулируемого электропривода по сравнению с КПД электродвигателя, работающего с постоянной частотой вращения ротора, не будет существенно снижать общий КПД НМП.

					Аналитический обзор	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

Пункт подготовки и сбора нефти (-----) входит в состав -----
 ----- (-----) и предназначен для окончательного
 разгазирования, обезвоживания нефтей -----
 месторождений и подачи товарной нефти в нефтепровод -----.

2.1 Характеристика перекачиваемого продукта

Таблица 2.1 – Характеристика исходного сырья, материалов, реагентов, изготавливаемой продукции

Наименование сырья, материалов	Номер ГОСТ или ТУ стандарта организации	Показатели качества, обязательные для проверки	Норма по ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ	Область применения продукции
1 Товарная нефть	ГОСТ Р 51858-2002*	Содержание серы, % мас.	0,6	Для поставки потребителям; в качестве сырья для нефтеперерабатывающих установок
		Плотность при 20 °С, кг/м ³	~844 - 858	
		Содержание воды, %мас.	0,5	
		Концентрация хлористых солей, мг/дм ³	100	
		Содержание мехпримесей, %мас.	0,05	

					Энергоэффективность транспортировки нефти при использовании частотных силовых преобразователей на центробежных насосах							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Общая характеристика объекта			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.	Чулик К.Е.									20	108	
Руковод.	Рудаченко А.В.							ТПУ гр. 3-2Т00				
Консульт.												
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.											

Продолжение таблицы 2.1

		Давление насыщенных паров, кПа	66,7	
		Содержание хлорорганических соединений	Не нормируется	
		Содержание сероводорода, ppm.	20	
		Содержание меркаптанов, ppm	40	

Учитывая принятую технологическую классификацию нефти согласно ГОСТ Р 51858-2002* относятся к сернистым и малосернистым, к легким и средним по плотности.

Усредненная плотность общего потока товарной нефти ----- принята 850 кг/м³ (согласно проекта «-----» -----, -----). Температура потока нефти на выходе с ----- не более +30⁰С.

2.2 Описание блока насосной магистральной перекачки -----

Насосный блок ----- состоит из пяти насосных агрегатов, подводящей трубопроводной арматуры, запорной арматуры, обратных клапанов, фильтров, дренажной системы. Включает в себя систему автоматизации управления насосов магистральной перекачки, автоматическую систему пожаротушения, датчики загазованности, систему вентиляции, измерительную аппаратуру КИПиА. Позиции насосов магистральной перекачки № 1, 2, 3 являются агрегатами одного типа – ЦНС 300-300. Позиции насосов № 4, 5 – ЦНС 500-560.

					Общая характеристика объекта	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

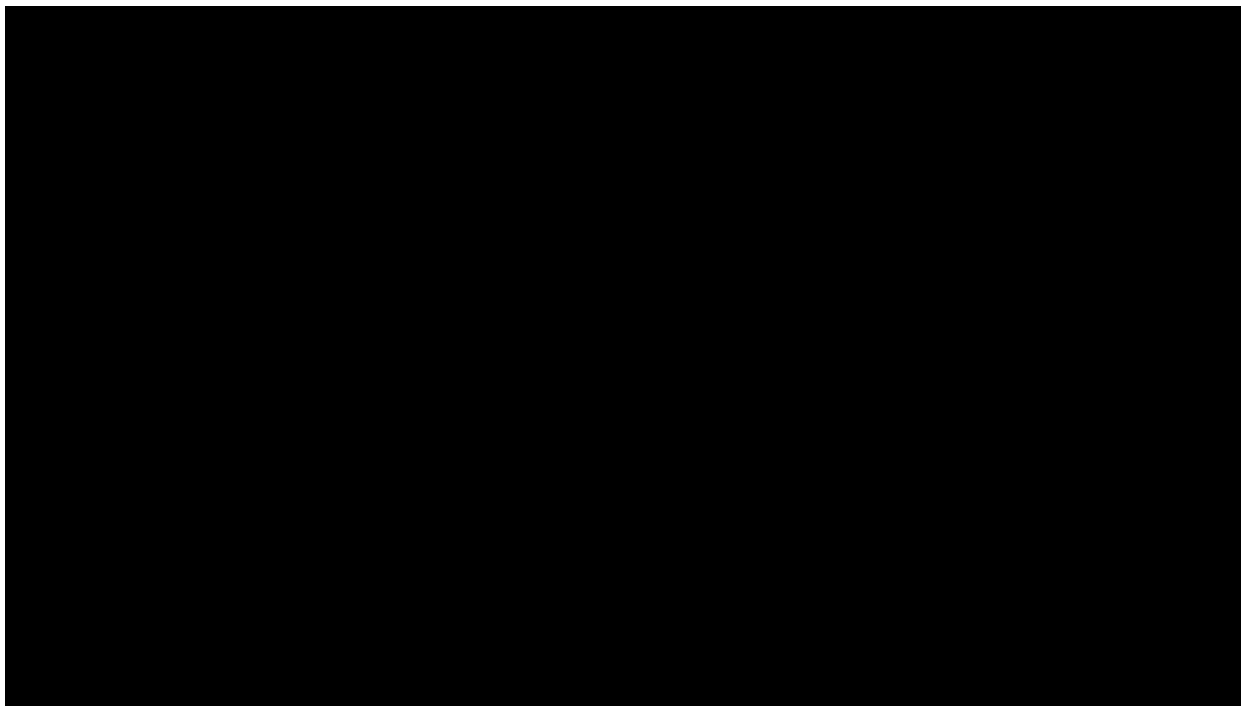


Рисунок 2.1 – ЦНС 300-300 в блоке насосной -----

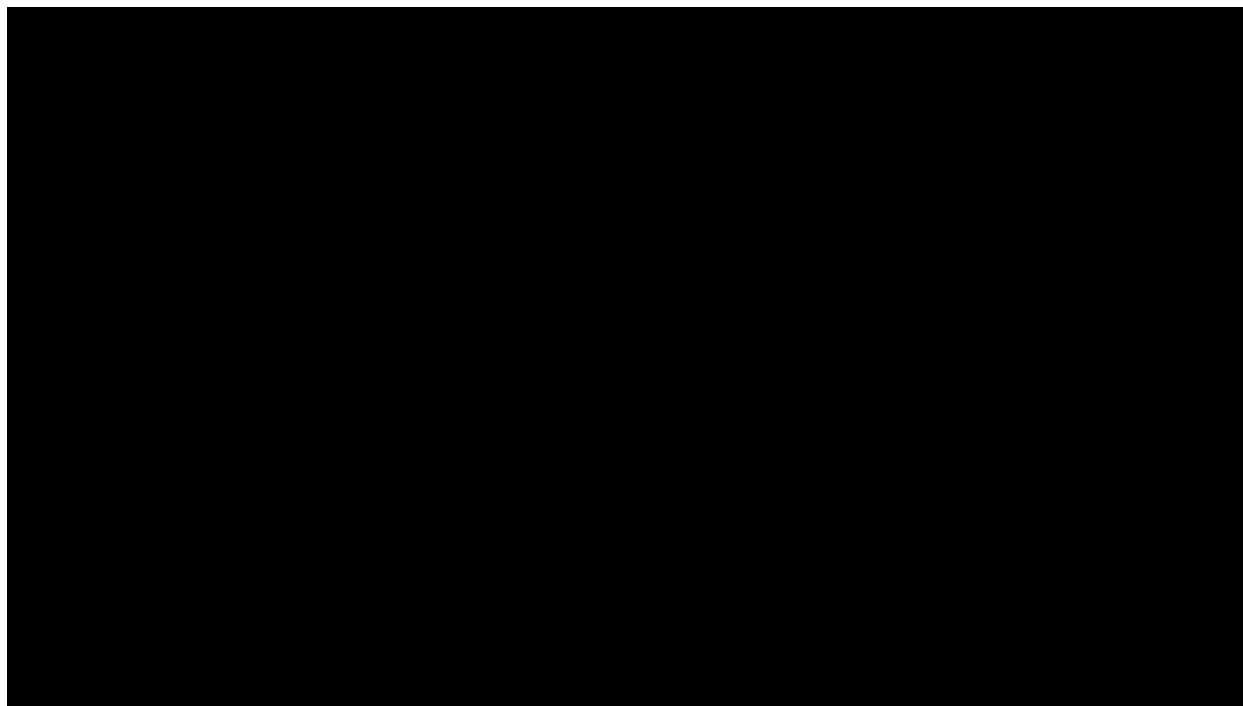


Рисунок 2.2 – ЦНС 500-560 в блоке насосной -----

					Общая характеристика объекта	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.2 – Технические характеристики насосных агрегатов -----

Марка	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Мощность, потребляемая насосом, кВт	КПД насоса, %, не менее	Допускае- мый кавитаци- онный запас, м, не более
ЦНС 500-560	500	560	1475	1074	71	5
ЦНС 300-300	300	300	1475	400	71	4,5

Насос ЦНС 500-560 имеет 7 ступеней с диаметром рабочих колёс 0,53 м, ЦНС 300-300 – 5 ступеней с диаметром рабочих колёс 0,44 м.

Принцип действия насосов ЦНС представляет следующий процесс:

Рабочее колесо, вращаясь сообщает движение жидкости, находящейся между лопастями и возникает центробежная сила которая выталкивает жидкость от центра рабочего колеса к периферии. Далее жидкость поступает на вход следующего рабочего колеса. Жидкость, переходя с одного рабочего колеса на другое, постепенно увеличивая свое давление на каждом из них. Выходя из последнего колеса жидкость через направляющий аппарат переходит в крышку нагнетания и далее поступает в нагнетательный трубопровод.

Материальное исполнение насосов ЦНС 500-560 и ЦНС 300-300

Проточная часть насоса, кронштейны передний и задний, корпус направляющего аппарата изготовлены из стали 35Л ГОСТ 977-88 или 2Х18Н9ТЛ ГОСТ 977-88*, Опорные кронштейны насоса выполнены из чугуна, материал проточной части насосов ЦНС СЧ-20, вал – сталь 40Х, направляющий аппарат, кольцо и корпус направляющего аппарата, втулка сальника – из прессматериала АГ-4В.

Утечки с сальников и освобождение насосов внешней перекачки производится в дренажную емкость ДЕ-03, откуда погружным насосом жидкость откачивается в технологические резервуары. [7]

					Общая характеристика объекта	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

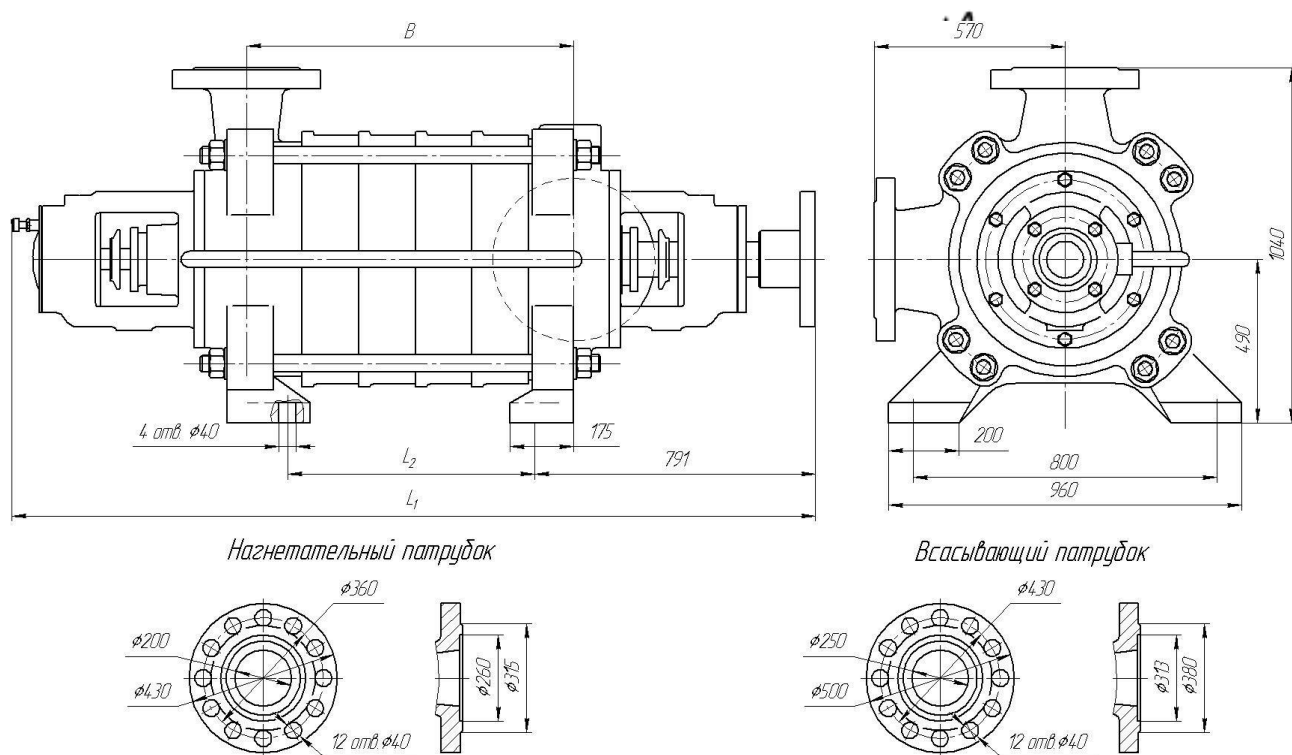


Рисунок 2.3 – Габаритный чертёж насоса ЦНС 500-560

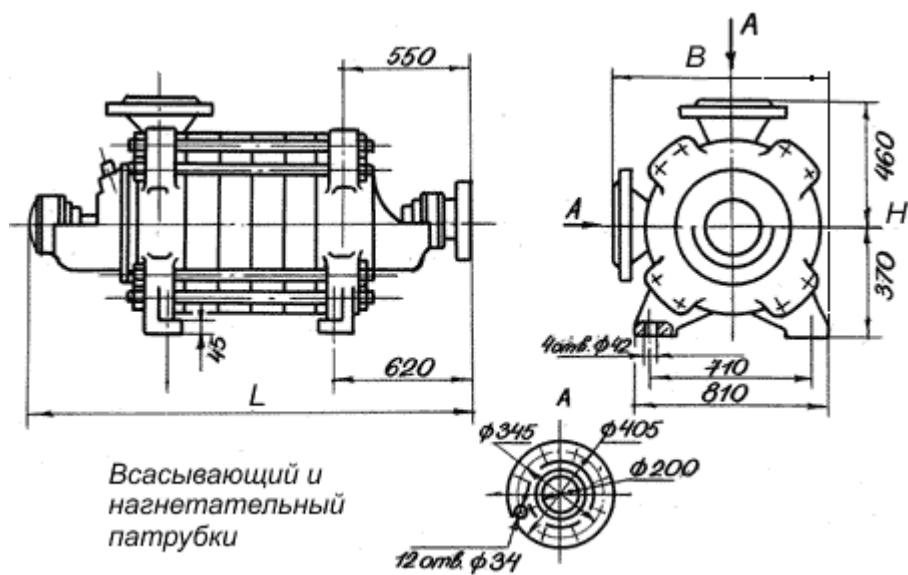


Рисунок 2.4 – Габаритный чертёж насоса ЦНС 300-300.

					Общая характеристика объекта		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			24

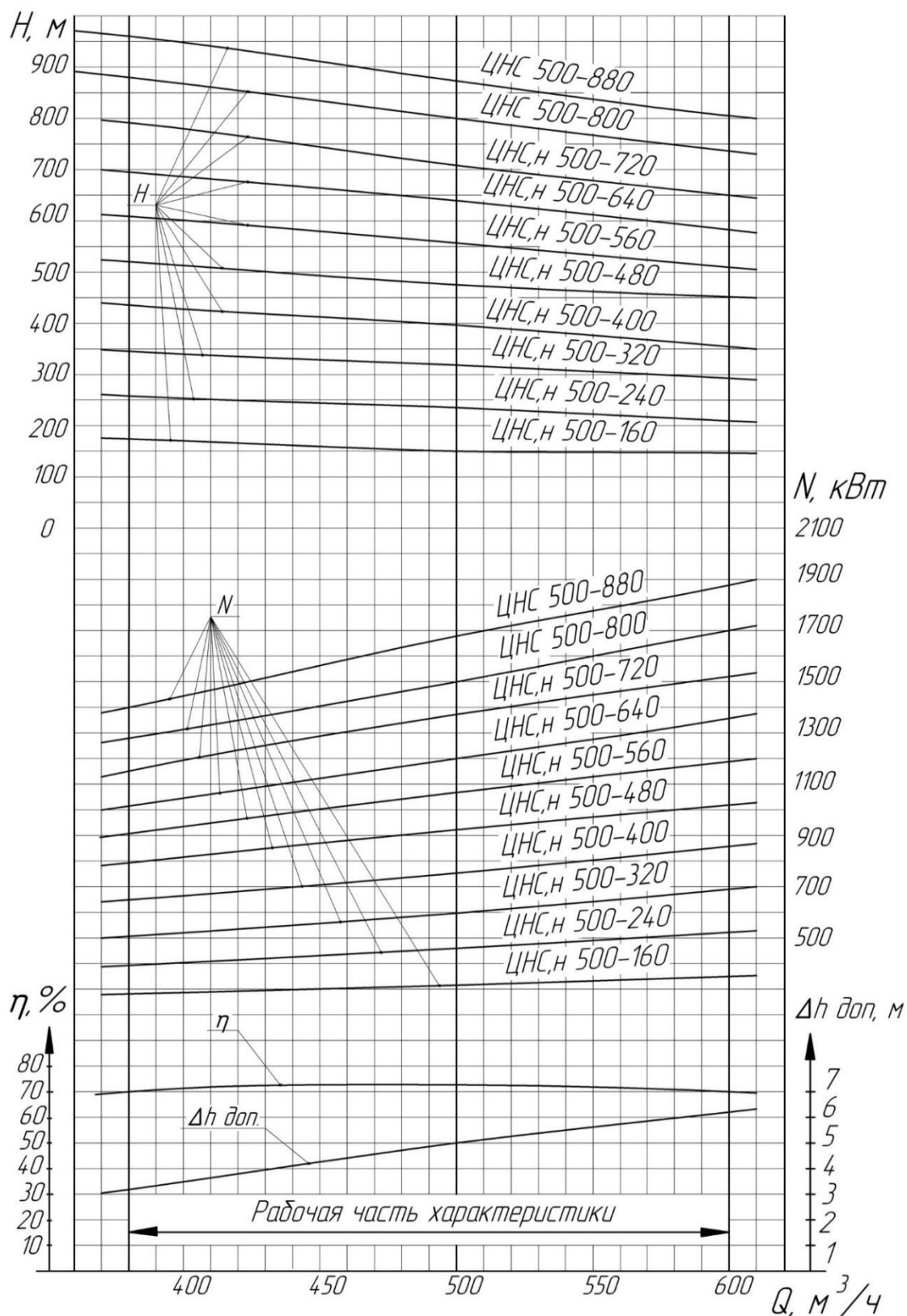


Рисунок 2.5 – Характеристики насосов ЦНС 500-160..880 испытанных на воде плотностью 997 кг/м^3 при частоте вращения 1475 об/мин и частоте тока 50 Гц.

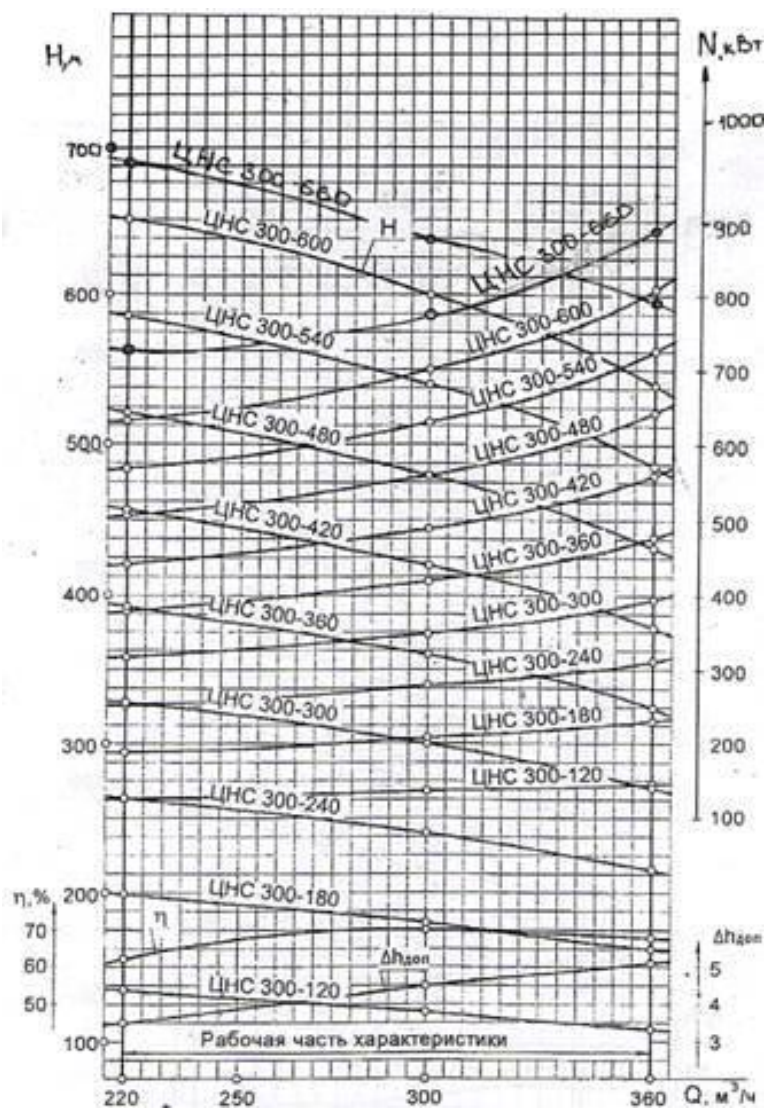


Рисунок 2.6 – Характеристики насосов ЦНС 300-120..660 испытанных на воде плотностью 997 кг/м³ при частоте вращения 1475 об/мин и частоте тока 50 Гц.

2.3 Характеристики электродвигателей агрегатов насосной магистральной перекачки

Двигатели асинхронные взрывобезопасные ВАО с питанием от сети переменного трёхфазного тока частотой 50 и 60Гц предназначены для привода насосов, вентиляторов, дымососов, воздуходувок и других механизмов. Используются при транспортировке углеводородов и других газов и жидкостей в шахтах, опасных по газу и пыли, и во взрывоопасных зонах

помещений, отнесённых по взрывоопасности к категории 1,2,3 и группам Т1, Т2, Т3, Т4 (согласно классификации ПУЭ). Конструктивное исполнение по способу монтажа – IM1001 (горизонтальное, на лапах, со щитовыми подшипниками качения или скольжения, в зависимости от марки). Изготовлены во взрывонепроницаемой оболочке. Система охлаждения – воздушно-воздушная, по замкнутому циклу вентиляции. Способ охлаждения – IC0151. Степень защиты – IP54. Вид и уровень взрывозащиты: IExdIIBT4 и PB ExdI – для двигателей ВАО2, ВАО5; Номинальный режим работы – S1 (продолжительный).



Рисунок 2.7 Электродвигатель серии ВАО 2

Таблица 2.1 – Характеристики электродвигателей ВАО 2

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Напряжение, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Масса, кг
ВАО2–560 LA4	800	6000	1500	95,7	4000
ВАО2–630 L4	2000	6000	1500	96,6	9300

2.4 Участок магистрального нефтепровода

Напорный нефтепровод ----- имеет следующие параметры:

- Наружный диаметр трубопровода (D_n): -----мм;
- Толщина стенки: 9 мм;
- Длина трубопровода: ----- км;
- Среда перекачки: нефть;
- Диапазон скоростей перекачки транспортируемого продукта: ----- м/с;
- Начальное давление среды перекачки: ----- МПа;
- Температура продукта: ----- °C;
- Материал трубопровода: 09Г2С

					Общая характеристика объекта	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Согласно требованиям ----- во исполнение «Регламента -----» ----- насосная магистральной перекачки ----- должна быть дооснащена частотными регуляторами числа оборотов электродвигателя (приложение 12).

Согласно технического задания на проектирование «-----» -----), согласованного Начальником Управления Западно-Сибирского округа ГГТН А.А. Обгольц (см. приложение 2), необходимо разработать дополнительные технические решения для доведения схемы откачки нефти с ----- в систему магистральных нефтепроводов ----- до требований ----- «-----», утвержденного первым вице-президентом ----- 201- г.

Основными задачами при выполнении ВКР являются:

- Ознакомление с существующим положением на площадке строительства, режимом работы и технологической схемой работы нефтепровода «-----»;
- Выбор технологического оборудования;
- Экономическое обоснование установки частотных регуляторов числа оборотов электродвигателя;
- Описание технологии работы ЧРП;

Архитектурно-планировочные решения

На территории реконструируемой ----- запроектированы следующие

здания и сооружения: площадка установки силовых блоков преобразователей

					Энергоэффективность транспортировки нефти при использовании частотных силовых преобразователей на центробежных насосах			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Чулик К.Е.				Основные технологические решения		Лит.	Лист
Руковод.	Рудаченко А.В.							29
Консульт.							ТПУ гр. 3-2Т00	
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.							

частоты, кабельные эстакады.

Инженерная подготовка территории

На территории проектируемых сооружений принята сплошная вертикальная планировка в увязке с вертикальной планировкой, выполненной ЗАО -----.

Для обеспечения устойчивости откосов площадки от размыва атмосферными осадками и ветровой эрозии предусмотрено укрепление откосов посевом трав.

Внутриплощадочные дороги

Проектом предусмотрены проезды и подъезды ко всем зданиям и сооружениям, запроектированным на территории -----.

Продольный и поперечный профили проездов и подъездов увязаны с вертикальной планировкой прилегающей территории.

Покрытие проезжей части принято капитального типа из железобетонных плит ПДН-Ат IV (В27.5, F300) размером 2×6×0,14 по серии 3.503.1-91 на монтажном слое из пескоцементной смеси толщиной 0,05м и основании из гравийно-песчаной смеси толщиной 0,20 м.

Инженерные сети

Инженерные сети запроектированы по минимально допустимым расстояниям с учетом условий монтажа и ремонта сетей.

Благоустройство

Тротуары запроектированы шириной 1,50 м. из тротуарных плит марки 7К.8 размером 0,75 ×0,75×0,08 м. на основании из песка толщиной 0,10 м.

Мероприятия по противодействию терроризму

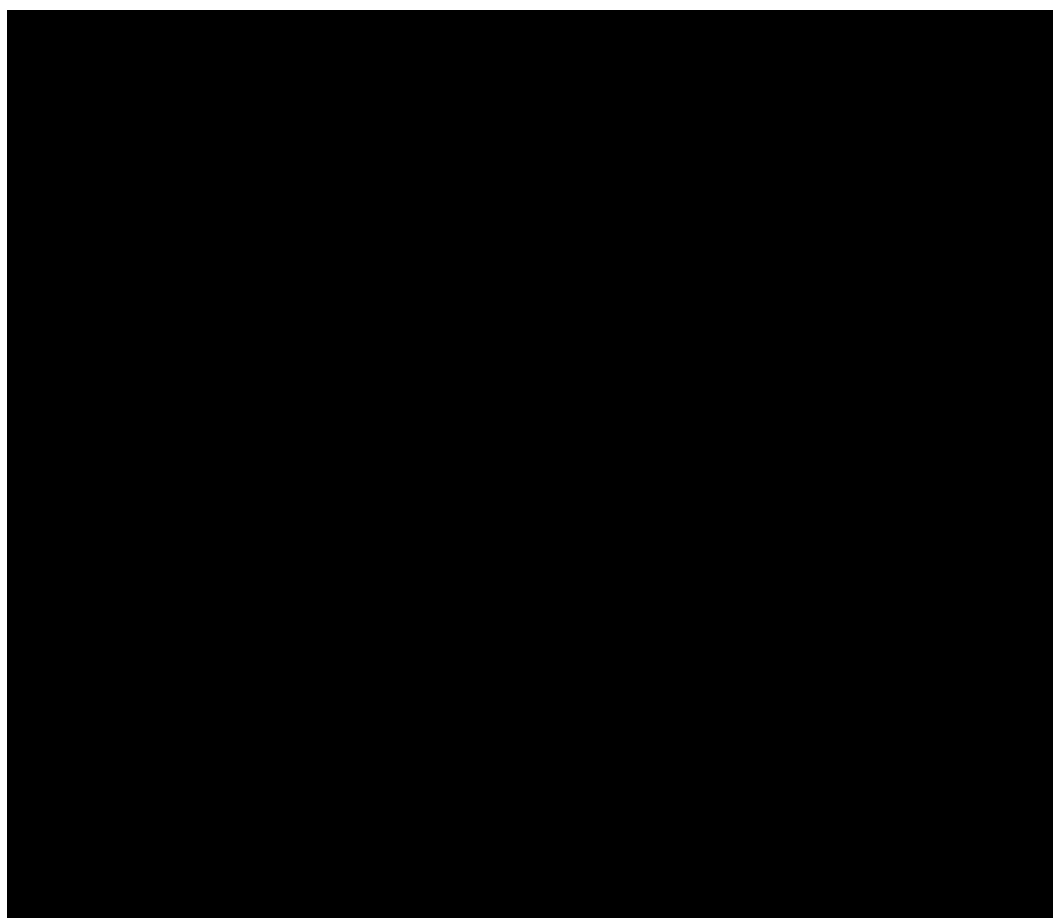
Охрана объекта осуществляется службой безопасности. Ответственность за состояние служебной деятельности службы безопасности несет начальник службы безопасности. Деятельность службы безопасности

					Основные технологические решения	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

регламентируется Федеральным законом частной детективной и охранной деятельности в Российской Федерации.

3.1 Выбор места расположения площадки силовых блоков преобразователей

Для выполнения реконструкции объектов системы транспорта нефти --
----- согласно регламента ----- были
обследованы прилегающие к объекту территории для планировки площадки
на предмет размещения составляющих блоков преобразователей, было
принято решение: наиболее предпочтительным местом расположения ЧРП
является площадка, расположенная на расстоянии ----- м. от насосной
магистральной перекачки. Согласно нормативных документов, возведение
технологических объектов на данной территории не запрещается.
Ситуационный план с местом расположения ЧРП представлен в приложении
3.



3.2 Выбор технологического оборудования

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью выпускается широкий ряд электроприводов управления двигателями для различных целей и задач. Особое место занимают блоки преобразователей частоты высокой мощности, применяемые в нефтегазовой промышленности для нефтеперекачивающих станций. Их выбор является ответственной задачей, результатом которой становится максимальная экономическая целесообразность для работы при данных технических и технологических условиях.

Электроприводы серии ЭТВА

Электроприводы серии ЭТВА мощностью 0,8-5,0 МВт предназначены для регулирования скорости вращения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и напряжением статора 6000 и 10000 В.



Рисунок 3.1 Электропривод серии ЭТВА

Созданное программное обеспечение и аппаратные средства позволяют строить на основе высоковольтных силовых модулей станции управления насосными агрегатами с различным числом управляемых насосов. Данная станция состоит из преобразователя частоты, управляющего

контроллера и коммутационных шкафов (по числу насосов). Встроенная в преобразователь функция синхронизации с силовой сетью делает возможным плавное переключение двигателя с преобразователя частоты на сеть и обратно. При повышении расхода насос, управляемый от преобразователя, выходит на максимальные обороты (50 Гц) и плавно переключается на сеть. Далее в работу через преобразователь вводится следующий насос. Подобный алгоритм обеспечивает непрерывное плавное регулирование и управление всеми насосами от одного преобразователя частоты. По своим возможностям и качеству данная российская техника является конкурентом дорогим зарубежным электроприводам.

Ряд преимуществ, которые получает потребитель при эксплуатации ЭТВА:

1. ЭТВА основан на применении стандартных высоковольтных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором и позволяет легко преобразовывать нерегулируемые асинхронные двигатели с напряжением статора 6000 В и 10000 В в регулируемые по частоте вращения.
2. ЭТВА обеспечивает плавный (мягкий) пуск и плавное регулирование частоты вращения с КПД, превосходящим КПД при дроссельном способе регулирования с помощью клапанов, задвижек и направляющих аппаратов.
3. Применение ЭТВА позволяет оптимизировать технологический процесс, поскольку затрачивается ровно столько энергии, сколько требуется для производства. Использование ЭТВА для регулирования насосов и вентиляторов обеспечит потребителю уменьшение потерь и экономию электроэнергии. Для насосов эта экономия зависит от характеристик гидравлической сети и может изменяться от 7-8 до 45%.
4. Применение ЭТВА для регулирования насосов и вентиляторов позволяет уменьшить нагрузку на тепломеханическое оборудование, исключить гидравлические удары, уменьшить коррозию и абразивный износ, так как частота вращения и, следовательно, напор изменяются с помощью ЭТВА

					Основные технологические решения	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

плавно, в зависимости от нагрузки, а не остаются максимальными, постоянными, как при дроссельном регулировании.

Это позволяет увеличить срок службы тепломеханического оборудования, экономить затраты на периодическое обслуживание.

5. ЭТВА всегда забирает из сети электроснабжения лишь долю 6-7 кратного пускового тока, требуемого для прямого пуска двигателя. Исключается воздействие пусковых токов на двигатель и систему электроснабжения, что позволяет увеличить срок службы электрооборудования, а также экономить затраты на обслуживание и ремонт.

6. ЭТВА всегда можно применять как исполнительное устройство в автоматизированной системе управления технологическим процессом, тем самым повысив уровень и качество автоматизации. Электроприводы серии ЭТВА подключаются к трехфазной сети переменного тока напряжением 6000 или 10000 В через входные токоограничивающие реакторы, при другом напряжении - через входной согласующий трансформатор.

Рекомендуемая нагрузка двигателя - 0,85...0,9 номинальной.

Электроприводы серии ЭТВА обеспечивают номинальные параметры и характеристики при следующих показателях качества электрической энергии на входе:

отклонение напряжения питающей сети от номинального, % ± 10

отклонение частоты питающей сети от номинальной, % 2,5

коэффициент несинусоидальности формы кривой напряжения, % 5

Электроприводы серии ЭТВА выдерживают перегрузки по току:

1,25 номинального тока в течение 300 с

1,5 номинального тока в течение 30 с

2 номинального тока в течение 5 с

					Основные технологические решения	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЭТВА работает при температуре окружающей среды 1...40° С.

Электропривод имеет развитую систему защиты и диагностики, а также световую сигнализацию. При неисправностях в преобразователе частоты и срабатывании соответствующих защит предусмотрена возможность переключения приводного асинхронного двигателя на сеть независимо от его частоты вращения. Для повышения надежности работы ЭТВА при недопустимых снижениях или исчезновении напряжения питания вспомогательных цепей 380 В предусмотрена возможность параллельного питания этого устройства от аккумуляторной батареи.

Основные технические параметры устройства управления ЭТВА представлены в таблице 3. При этом условное обозначение ЭТВА маркируется как номинальная мощность кВт/номинальное выходное напряжение кВ.

В состав ЭТВА входят:

- набор шкафов выпрямителя, инвертора, коммутирующих элементов и управления, устанавливаемых в один ряд;
- R-C панели - ограничители перенапряжений на входе и выходе ЭТВА и относительно земли;
- токоограничивающие и сглаживающие реакторы;
- комплект запасных частей и отладчиков для проверки системы управления.

Электропривод серии триол

Электродвигатели насосных агрегатов, оснащенные частотными регулирующими преобразователями Триол АТ03-630 выделяет ряд преимуществ перед прямым включением трехфазного двигателя к питающей сети:

- плавный пуск насосных агрегатов, что исключает гидравлические удары в трубах;
- возможность отказа от простого, но не экономичного дроссельного регулирования напора насосов;

					Основные технологические решения	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- длительную работу в заданном диапазоне частот вращения и нагрузок.



Рисунок 3.2 Электропривод серии ТРИОЛ АТ03-630

Автоматизация насосов магистральной и внутренней перекачки нефти обеспечивает:

- измерение, регистрацию, сигнализацию, блокировку (отключение насоса) по максимальному значению, температуры подшипников, сальников, линии разгрузки, насоса и электродвигателя;
- отсутствие защитного кожуха муфты насосного агрегата (отключение насоса)
- сигнализация, блокировка (отключение насоса) по минимальному значению давления на приеме насоса;
- сигнализация, блокировка (отключение насоса) по минимальному и максимальному значению, давления на нагнетании насоса;
- сигнализация, блокировка (отключение насоса) максимального перепада давления на фильтре;
- сигнализация, блокировка (отключение насоса) по максимальному значению, уровня утечек с сальников насоса;
- сигнализация срабатывания электрозащиты в ячейке управления;

- автоматическое открытие задвижки на нагнетании насоса по набору давления в напорном трубопроводе, закрытие при отключении насоса;
- дистанционное управление, сигнализация состояния насоса и электрозадвижки;
- дистанционное управление, сигнализация состояния электрозадвижек Аз23, 29;
- контроль, сигнализация загазованности в насосном блоке при загазованности 20% НКПВ включение вытяжного вентилятора, при загазованности 40% НКПВ остановка насоса, выключение вытяжного вентилятора.

В случае отказа работы ТРИОЛ АТ03-630 предусмотрена электрическая схема работы насосных агрегатов минуя ЧРП - «прямой пуск».

Электропривод Триол АТ03–630 предназначен для управления мощными производственными машинами и механизмами, оснащенными приводными высоковольтными (3,6 или 10 кВ) трехфазными асинхронными электродвигателями (АД); для управления сложными технологическими процессами и производственными комплексами, в том числе в замкнутых системах автоматического регулирования, в составе различных АСУТП; В электроприводах Триол АТ03–630 реализованы оптимизированные алгоритмы высокочастотного ШИМ-управления, законы частотного регулирования АД. Это обеспечивает работу АД во всевозможных режимах: плавный пуск; длительную работу в заданном диапазоне частот вращения и нагрузок; реверсирование движения; торможение и останов. Также электропривод Триол АТ03–630 обеспечивает защиту электрического и механического оборудования в аварийных и нештатных режимах.

Конструктивно весь модельный ряд электроприводов Триол АТ03–630 (кроме силовых трансформаторов, реакторов и технологических датчиков) выполнен в виде навесных шкафов одностороннего обслуживания с легкоъемными передними панелями. Несущим элементом шкафов является задняя стенка (основание), на которой расположены элементы крепления -

					Основные технологические решения	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

скобы с отверстиями. Все силовые полупроводниковые элементы установлены на алюминиевые, в том числе оригинальной конструкции, охладители. Охлаждение всех электроприводов Триол АТ03–630 воздушное принудительное – за счет встроенного вентилятора. Забор воздуха осуществляется из внешней среды. Охлаждение блоков тормозных резисторов и фильтров – естественное через жалюзи. Система управления выполнена в виде единого базового блока. Установленные на нем три слота обеспечивают расширение функциональных возможностей электропривода Триол АТ03–630 за счет подключения дополнительных субмодулей.

Органы управления, сигнализации и индикации расположены в местном и дистанционном пультах управления. Местный (встроенный) пульт управления вынесен на лицевую панель шкафа. Шкафы электропривода Триол АТ03–630 выпускаются со степенями защиты IP21 и IP54.

Эффективность применения электропривода Триол АТ03 обусловлена:

- высоким качеством статических и динамических характеристик;
- высокими энергетическими показателями;
- гибкой настройкой рабочих параметров и режимов;
- развитым интерфейсом и адаптивностью к различным внешним системам управления и автоматизации, в том числе высокого уровня;
- высокой пусконаладочной готовностью; простотой и удобством управления и обслуживания в эксплуатации.

Функциональные возможности

Основные:

- Регулирование АД во всех режимах:
 - пуск по заданному алгоритму;
 - длительная работа в заданном диапазоне частот вращения и нагрузок;
 - реверс;
 - торможение и останов по заданным алгоритмам;

					Основные технологические решения	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Дополнительные:

- Дистанционный прием и обработка сигналов управления, задания параметров и режимов, в том числе по каналу последовательной связи от управляющих машин и систем высшего уровня.
- Сигнализация, отображение и дистанционная передача информации о параметрах и режимах работы
- Учет отработанного времени
- Регистрация отказов, нештатных и аварийных режимов

Принцип действия и устройство электропривода Триол АТ03–630 в одношкафном исполнении поясняет функциональная схема, представленная на рис.2.4. Силовой канал TV1 - В - ФС - АИН - L - TV2 осуществляет понижение высоковольтного переменного напряжения питающей сети до уровня 0,4 кВ, его выпрямление, последующее ШИМ-управляемое инвертирование выпрямленного напряжения в переменное регулируемого значения и частоты и его дальнейшее трансформирование до определяемой параметрами приводного электродвигателя величины. Частота ШИМ регулируется. Реактор L совместно с фильтром БФ2В служит для ограничения крутизны фронтов выходных импульсов напряжения АИН и согласования режимов работы ШИМ-управляемого инвертора ПЧ и выходного высоковольтного трансформатора. Для реализации режима реостатного торможения в звено постоянного тока соответствующих исполнений электропривода включен тормозной транзисторный (IGBT) ключ ТК. Тормозной резистор подключается к цепи ТК и устанавливается вне шкафа электропривода. Реактор L и выходной фильтр БФ2В также устанавливаются вне шкафа. Датчики тока и напряжения в силовом канале ПЧ служат для контроля, регулирования и измерения электрических параметров электропривода. Это позволяет защитить электропривод от токов перегрузки и короткого замыкания, недопустимых отклонений напряжения. Многоканальный источник питания (ИП) устройств управления, регулирования и защиты электропривода преобразует сетевое переменное

					Основные технологические решения	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

напряжение или выходное напряжение звена постоянного тока в систему напряжений постоянного тока требуемых уровней и степени стабильности, гальванически связанных и несвязанных между собой. Микроконтроллер (МК) осуществляет формирование сигналов управления режимами работы электропривода с заданными параметрами, сигналов ШИМ-управления транзисторами АИН, сигналов защиты и аварийного отключения электропривода.

Состав и устройство

В качестве устройств ввода - вывода (УВВ) (т.н. внешний интерфейс) для приема и передачи сигналов МК имеет набор дискретных и аналоговых входов/выходов, последовательные каналы связи, в том числе для связи с дистанционным пультом управления (ПДУ). Во входные и выходные цепи МК включены устройства гальванической развязки для потенциального разделения с силовыми цепями и внешними управляющими цепями. Формирователи импульсов (ФИ) - драйверы. Они формируют требуемый уровень управляющих сигналов силовых IGBT транзисторов и обеспечивают их гальваническое разделение с МК. Пульты управления ПУ (встроенный) и ДУ (дистанционный) содержат клавиатуру для управления режимами работы, задания и программирования параметров, а также элементы индикации и сигнализации для отображения значений параметров и диагностирования состояния электропривода. Электроприводы Триол АТ03–630 мощностью 630 кВт состоят из нескольких включенных параллельно через силовые реакторы и кабели одностипных шкафов (модулей). Каждый шкаф комплектуется своими субблоком драйверов, реактором, блоком выходного фильтра и, в зависимости от указания в заказе, двумя блоками тормозных резисторов. Субблок драйверов формирует требуемый уровень управляющих сигналов силовых ключей АИН. Один из шкафов электропривода является ведущим, а остальные - ведомыми. Силовые схемы всех шкафов идентичны. Системы управления ведомых и ведущего модулей отличаются наличием в последнем

					Основные технологические решения	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбор электропривода проводим исходя из ряда параметров:

- Коэффициент полезного действия преобразователя
- Мощностные показатели электропривода
- Технические возможности управления
- Трудозатраты пусконаладочных работ по введению блока в действующую систему автоматизации технологии предприятия
- Надёжность аппаратуры
- Цена за единицу технологического оборудования

Таблица 3. Сводная таблица характеристик электроприводов ЭТВА и Триол:

Тип электропривода	Схема работы	Максимальная номинальная выходная мощность электропривода, кВт	Полная выходная мощность электропривода, кВА	Рабочий диапазон регулирования частоты вращения, Гц	Коэффициент полезного действия в ном. режиме %	Количество шкафов электроприводов
ЭТВА	Безтрансформаторная	630	830	5-50	96	1
ТРИОЛ АТ03-630	С трансформаторной развязкой	630	840	5-50	97	2

При практически идентичных параметрах представленных силовых приводов, электропривод Триол АТ03-630 обладает более высоким коэффициентом полезного действия. Исходя из этого параметра, выбираем данный преобразователь.

3.3 Анализ работы насосного оборудования на прямом пуске и с ЧРП

При планировании режимов работы нефтепровода для каждого технологического участка нефтепровода составляется карта технологических режимов (КТР), в которой приводится перечень всех возможных режимов перекачки. Для каждого режима указывается производительность нефтепровода и способ его реализации. Выделены 3 основных режима работы НМП:

I: В работе находятся 1 и 2 позиции НА.

II: В работе находятся 1 и 5 позиции НА.

III: В работе находятся 4 и 5 позиции НА.

Таблица 3 – Карта технологических режимов ----- при работе в режиме “прямой пуск” (регулировка производительности достигается путём дросселирования потока запорно-регулирующей арматурой на выходе каждого насосного агрегата)

	1:ЦНС 300-300	2:ЦНС 300-300	3:ЦНС 300-300	4:ЦНС 500-560	5:ЦНС 500-560
Включение	В работе	В работе	В резерве	В резерве	В резерве
Давление на входе насоса	---- МПа	--- МПа	—	—	—
Давление на выходе насоса	--- МПа	--- МПа	—	—	—
Давление сети	---- МПа				
Расход	---- м ³ /ч				

Продолжение таблицы 3

Включение	В работе	В резерве	В резерве	В резерве	В работе
Давление на входе насоса	---- МПа	—	—	—	---- МПа
Давление на выходе насоса	---- МПа	—	—	—	--- МПа
Давление сети	--- МПа				
Расход	--- м ³ /ч				
Включение	В резерве	В резерве	В резерве	В работе	В работе
Давление на входе насоса	—	—	—	---- МПа	--- МПа
Давление на выходе насоса	—	—	—	--- МПа	--- МПа
Давление сети	--- МПа				
Расход	--- м ³ /ч				

3.3.1 Определение необходимости пересчёта заводских напорных характеристики с воды на нефть

Необходимо оценить целесообразность пересчёта паспортных характеристик (напора, подачи, допустимого кавитационного запаса, к.п.д., мощности), приведённых заводом-изготовителем для воды, в случае отклонения свойств транспортируемой жидкости от свойств воды [1]. При транспортировке маловязких нефтей и нефтепродуктов вышеперечисленные

					Основные технологические решения	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

характеристики изменений не претерпевают. Однако с ростом кинематической вязкости перекачиваемой жидкости они ухудшаются.

Пересчёт характеристик необходим, если кинематическая вязкость транспортируемой жидкости ν_t при заданной температуре перекачки $t = t_{п.н}$ попадает на интервал:

$$\nu_{п} < \nu_t \leq \nu_{доп}, \quad (3.3.1)$$

$\nu_{доп}$ для насосов ЦНС 500-560 и ЦНС 300-300 составляет ----- $м^2/с$, температура перекачки $t_{п.н} = ----$ °С.

Кинематическая вязкость ν_t находится по формуле

$$\nu_t = \mu_t / \rho_t, \quad (3.3.2)$$

где ρ_t – плотность нефти при $t_{п.н.}$, $кг/м^3$.

μ_t – динамическая вязкость ($Па \cdot с$) перекачиваемой жидкости при $t = t_{п.н.}$, которая находится по известной формуле Рейнольдса-Филонова:

$$\mu_t = \mu_{л} \cdot e^{-\beta(t_{п.н.} - t_{л})}, \quad \text{при } -5^{\circ}C \leq t_{п.н.} \leq 80^{\circ}C, \quad (3.3.3)$$

где β – коэффициент крутизны вискограммы (принимаем $\beta = 0,025$);

$\mu_{л}$ – динамическая вязкость, измеренная в лаборатории при температуре измерения $t_{л}$.

Так как лабораторные измерения проводятся по параметру кинематической вязкости, требуется перевод значения в динамическую вязкость. $\nu_{л} = 8,75 \text{ сСт} = 8,75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/с$, $t_{л} = 3^{\circ}C$;

$$\mu_{л} = \nu_{л} \cdot \rho_t, \quad (3.3.4)$$

где ρ_t – плотность нефти. $\rho_t = ----$ $кг/м^3$;

$$\mu_{л} = ----- = 0,008 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

Отсюда, при температуре перекачки $t_{п.н.} = 38^{\circ}C$:

$$\mu_t = ----- = 0,003 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Произведём обратный перевод значения в кинематическую вязкость:

$$\nu_t = \text{----} = 3,46 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Чтобы вычислить значение ν_{II} , определяющее необходимость пересчёта коэффициентов в напорной характеристике насоса, необходимо найти число Re_H , называемое числом Рейнольдса в насосе, и сравнить его с переходным числом Рейнольдса Re_{II} :

$$Re_H = n \cdot D_K^2 / \nu_t, \quad (3.3.5)$$

где ν_t – кинематическая вязкость перекачиваемой жидкости (в $\text{м}^2/\text{с}$);
 D_K – соответственно диаметр (в м) рабочего колеса насоса;
 n – и число оборотов (в с^{-1}).

Насос ЦНС 500-560

$$Re_H = \frac{24,58 \cdot 0,53^2}{3,46 \cdot 10^{-6}} = 1995526$$

Коэффициент быстроходности n_s рассчитывается по формуле:

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n}{60} \cdot \frac{\left(\frac{Q_{в.онт.}}{n_{вс}} \right)^{0,5}}{\left(\frac{H_{в.онт.}}{n_k} \right)^{0,75}} \quad (3.3.6)$$

где n – число оборотов ротора рабочего колеса насоса, об/мин
 $Q_{в.онт.}$ – подача насоса при работе на воде с максимальным к.п.д., $\text{м}^3/\text{ч}$;
 $H_{в.онт.}$ – напор насоса при работе на воде с максимальным к.п.д., м ;
 $n_{вс}$ – число сторон всасывания рабочего колеса;
 n_k – число последовательно установленных рабочих колёс (ступеней насоса);

$$n_s = 3,65 \cdot 24,58 \cdot \frac{500^{0,5}}{\left(\frac{560}{7}\right)^{0,75}} = 74,9967$$

Величина переходного числа Рейнольдса Re_{II} , вычисляется по формуле:

$$Re_{II} = 3,16 \cdot 10^5 \cdot n_s^{-0,305}, \quad (3.3.7)$$

$$Re_{II} = \text{-----} = 84683$$

Так как $Re_H \geq Re_{II}$ – характеристика насоса не зависит от вязкости ν_t перекачиваемой жидкости, а зависит только от диаметра и угловой скорости вращения рабочего колеса. Таким образом, в пересчёте $(Q - H)$ - характеристики с воды на вязкую жидкость нет необходимости. Критическое значение вязкости нефти ν_{II} , выше которого необходим пересчёт напорной характеристики:

$$\nu_{II} > nD_K^2 / Re_{II} \quad (3.3.8)$$

$$\nu_{II} > \frac{24,58 \cdot 0,53^2}{84683} = 0,0000815 \frac{m^2}{c} = 81,5 \text{ cSt}$$

Насос ЦНС 300-300

Число Рейнольдса в насосе Re_H :

$$Re_H = \frac{24,58 \cdot 0,44^2}{3,46 \cdot 10^{-6}} = 1375343$$

Коэффициент быстроходности n_s :

$$n_s = 3,65 \cdot 24,58 \cdot \frac{300^{0,5}}{\left(\frac{300}{5}\right)^{0,75}} = 72,081$$

Величина переходного числа Рейнольдса Re_{II} :

$$Re_{II} = 3,16 \cdot 10^5 \cdot 72,081^{-0,305} = 85713,9$$

					Основные технологические решения	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В данном случае, так как $Re_H \geq Re_{II}$ пересчет характеристик насоса также производить не требуется. Критическое значение вязкости нефти ν_{II} :

$$\nu_{II} > \frac{24,58 \cdot 0,44^2}{85713} = 0,0000555 \frac{m^2}{c} = 55,5 \text{ cSt}$$

3.3.2 Уравнения для КПД магистральных насосов при номинальной частоте вращения

Основным фактором, за счет которого достигается снижение расхода электроэнергии при использовании ЧРП, является повышение коэффициентов полезного действия (КПД) насосов при снижении их частоты вращения. После замены перекачки на “прямом пуске” режимами с использованием ЧРП часть насосных агрегатов технологического участка будут иметь частоту вращения ниже номинального значения, в то время как другая часть насосных агрегатов могут работать с номинальной частотой вращения. При этом КПД насосов будут изменяться как при изменении подачи, так и при изменении частоты вращения.

Основное назначение определения КПД магистральных насосов в режимах с использованием ЧРП – использование полученных значений КПД для оценки снижения расхода электроэнергии на перекачку при использовании ЧРП.

Зависимость КПД насоса от подачи при номинальной частоте вращения приводится в паспортных данных насоса в виде графической зависимости КПД от подачи $\eta = f(Q)$. Графическая зависимость КПД от подачи насоса может быть аппроксимирована аналитической функцией. Наибольшее распространение для КПД насосов получили аппроксимации степенными функциями от подачи второго и третьего порядка. В [3] для КПД магистральных насосов рекомендуется степенная функция второго порядка

$$\eta = c_0 + c_1 \cdot Q_H + c_2 \cdot Q_H^2, \quad (3.3.9)$$

					Основные технологические решения	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где c_0 , c_1 , c_2 – коэффициенты аппроксимации, полученные методом наименьших квадратов, о.е, с/м^3 и $\text{с}^2/\text{м}^6$ соответственно; Q_n – подача насоса при номинальной частоте вращения, в $\text{м}^3/\text{час}$.

Для расчёта коэффициентов по (3.3.1) c_0 , c_1 , c_2 составляется система уравнений с тремя неизвестными.

Для насоса ЦНС 300-300:

$$\begin{cases} c_0 + c_1 \cdot 220 + c_2 \cdot 220^2 = 0,62 \\ c_0 + c_1 \cdot 300 + c_2 \cdot 300^2 = 0,7 \\ c_0 + c_1 \cdot 360 + c_2 \cdot 360^2 = 0,67 \end{cases} \quad (3.3.10)$$

Для насоса ЦНС 500-560:

$$\begin{cases} c_0 + c_1 \cdot 380 + c_2 \cdot 380^2 = 0,7 \\ c_0 + c_1 \cdot 500 + c_2 \cdot 500^2 = 0,73 \\ c_0 + c_1 \cdot 600 + c_2 \cdot 600^2 = 0,7 \end{cases} \quad (3.3.11)$$

Решая систему уравнений с тремя неизвестными, находим искомые коэффициенты.

Результаты вычисления представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Коэффициенты аппроксимации характеристик насосов ЦНС

	Q–η		
	c_0	c_1	c_2
ЦНС 300-300	-0,30714	0,00657	-0,0000107
ЦНС 500-560	0,13	0,00245	-0,0000025

По формуле (3.3.9) определяются КПД насосов, работающих при номинальной частоте вращения. Для первого режима в работе находятся два агрегата ЦНС 300-300, при этом задаётся расход ---- м³/ч, расход делится на каждый из агрегатов в равной степени:

$$Q_{1,2} = \text{----} = 259 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$\eta_{\text{ЦНС } 300-300} = \text{-----} = 0,6768$$

Для второго режима, в котором используется параллельное включение двух агрегатов с разными Q-H характеристиками пуск производится в следующей последовательности:

- 1) запускается насос пятой позиции ЦНС 500-560, выводится в режим максимального КПД с рабочей точкой 500 м³/ч;
- 2) запускается насос первой позиции ЦНС 300-300, который, в свою очередь, путём регулировки запорно-регулирующей арматуры выводится на соответствующий режим для достижения целевого расхода жидкости в установке.

Таким образом, на втором режиме:

$$Q_{\text{ЦНС } 300-300} = \text{-----} = 200 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$\eta_{\text{ЦНС } 500-560} = \text{-----} = 0,73$$

$$\eta_{\text{ЦНС } 300-300} = \text{-----} = 0,5789$$

Третий режим подразумевает пуск двух насосов одного типа, соответственно расход также как и для режима 1 будет распределяться поровну на каждый из работающих агрегатов. $Q_{4,5} = \text{-----} = 410 \text{ м}^3/\text{ч}.$

$$\eta_{\text{ЦНС } 500-560} = \text{-----} = 0,7142$$

					Основные технологические решения	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3.3 Расчёт КПД магистральных насосов при уменьшении частоты вращения ротора

Определяется КПД нерегулируемого дроссельной заслонкой насоса в режиме с использованием ЧРП и КПД магистрального насоса при частоте вращения меньше номинальной. При использовании ЧРП КПД нерегулируемого насоса изменится и будет равен:

$$\eta = c_0 + c_1 \cdot \frac{Q}{\omega} + c_2 \cdot \frac{Q^2}{\omega^2} \quad (3.3.12)$$

где ω – относительная частота вращения;

$$\omega = \frac{n}{n_{\text{ном}}} \quad (3.3.13)$$

где n – число оборотов ротора насоса, с^{-1} ;

$n_{\text{ном}}$ – номинальное число оборотов насоса, с^{-1} ;

В соответствии с характеристиками насосного агрегата, при частоте тока питающей сети 50 Гц ротор насоса вращается на номинальной частоте 1475 об/мин. Соответственно требуется пересчёт оборотов ротора насоса в зависимости от задания на ЧРП Триол.

Таблица 3.3 Пересчёт параметров вращения ротора ЦНС в зависимости от установки задания ЧРП Триол (с шагом 5 Гц)

Задание ЧРП Триол, Гц	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Частота ротора, об/мин	295	442,5	590	737,5	885	1032,5	1180	1327,5	1475

Продолжение таблицы 3.3

Относи- тельная частота, ω	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Частота ротора, 1/с	4,916	7,375	9,833	12,29	14,75	17,20	19,66	22,12	24,58

Экспериментально получены данные для каждого из режимов при работе на ЧРП при частоте вращения меньше номинальной:

- 3) Для включения насосов в первом режиме, задание ЧРП Триол равно 40 Гц для обоих насосов ЦНС 300-300.
- 4) Для второго режима устанавливаются следующие параметры: ЦНС 500-560: 50 Гц, ЦНС 300-300: 35 Гц.
- 5) Для третьего режима работы НМП, параметр задания обоих насосов ЦНС 500-560 устанавливается равным 45 Гц.

Таким образом, (по 3.3.12) становится возможным определение КПД насосных агрегатов при сниженной частоте вращения ротора.

Режим 1:

$$\eta_{\text{ЦНС 300-300/40Гц}} = \text{-----} = 0,6984$$

Режим 2:

$$\eta_{\text{ЦНС 300-300/35Гц}} = \text{-----} = 0,6965$$

$$\eta_{\text{ЦНС 500-560/50Гц}} = \text{-----} = 0,73$$

Режим 3:

$$\eta_{\text{ЦНС 500-560/40Гц}} = \text{-----} = 0,728$$

Результаты расчётов заносятся в сводную таблицу.

Таблица 3.4. Расчёт КПД насосных агрегатов при номинальной и сниженной частоте вращения ротора

№ Режим	Насосный агрегат	η без ЧРП	η с ЧРП
Режим 1	ЦНС 300-300	0,6768	0,6984
Режим 2	ЦНС 300-300	0,5789	0,6965
	ЦНС 500-560	0,73	0,73
Режим 3	ЦНС 500-560	0,7142	0,728

Очевидно, КПД регулируемого насосного агрегата выше чем нерегулируемого. При этом, значительное увеличение разницы КПД между схемами включений проявляется при снижении расхода насосного агрегата, то есть чем ближе значение относительной частоты вращения к значению относительной подачи тем ближе КПД к номинальному значению.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Основными потребителями электроэнергии при перекачке нефти по трубопроводам являются электроприводы магистральных насосов. Мощность приводов МН площадки ----- достигает 2 МВт. При этом расход электроэнергии на привод МН составляет до 85 % от общего расхода электроэнергии установки. Поэтому наибольший эффект мероприятий по энергосбережению при трубопроводном транспорте нефти всегда стремились получить именно за счет повышения эффективности работы МН. Проблема оптимизации режима работы МН технологического участка поднималась еще в 60-70-х годах XX века. Однако в те годы внедрение частотно-регулируемого электропривода было невозможно в связи с отсутствием надежной и доступной силовой электроники. Поэтому оптимизация режима работы МН основывалась на подборе комбинации включенных МН и величины дросселирования. С середины восьмидесятых годов прошлого века все большее внимание уделяется частотно-регулируемому электроприводу МН. В данной части приведены экономические расчеты строительно-монтажных работ, оценка эффективности и сроки окупаемости силовых частотных преобразователей площадки ----- с 4 квартала 201- г. по 1 квартал 201- г.

4.1 Продолжительность строительства. Календарный план строительства.

Продолжительность строительства объекта определена согласно рекомендации [27, том 1, раздел А.2. черт.9]. Нормативная продолжительность строительства объекта определена по следующей формуле:

$$T_1 = A_1 \cdot \text{СМР}^{A_2}, \quad (4.1)$$

					Энергоэффективность транспортировки нефти при использовании частотных силовых преобразователей на центробежных насосах		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Чулик К.Е..				Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист
Руковод.	Рудаченко А.В.						54
Консульт.	Вазим А.А.					ТПУ гр. 3-2Т00	
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.						

где: T_1 – расчетная продолжительность строительства основных объектов;
 A_1 , A_2 – коэффициенты, отражающие конструктивные решения и структуру
 строительно-монтажных работ проектируемых объектов [27].

$СМР$ = ----- тыс. руб. – стоимость строительно-монтажных работ (в ценах 1984 г.)

$$T_1 = 6,51 \cdot 0,397^{0,45} = 4,3 \text{ мес.}$$

Таким образом, расчетная продолжительность строительства объекта определена в 4 месяца, в том числе подготовительный период 0,5 месяц.

Распределение капитальных вложений и $СМР$ по периодам строительства приведены в календарном плане строительства (таблица 13), который охватывает весь комплекс работ по объекту «-----». Распределение кап. вложений, прежде всего, будет определяться директивно, в соответствии с объемом ежегодных инвестиций и обстановкой, складывающейся в ходе строительства.

Таблица 4.1 – Календарный план строительства

Наименование работ, видов затрат	Сметная стоимость (тыс. руб.)		Распределение по периодам строительства	
	Общая	СМР	IV квартал 201- г.	I квартал 201- г.
1	2	3	4	5
Отвод земельного участка	----		----	
Подготовительные работы	----	----	==== ---	
Компенсационные платежи за нанесенный ущерб природной среде	----		----	
Сбор исходных данных	---		----	

Продолжение таблицы 4.1

Силовой преобразователь Триол АТ03-630 (5 блоков)	---	----	----- -----	
Сети электрические	-----	-----	----- -----	----- -----
Молниесотвод (2 шт)	-----	----	----- ----	
АСУ ТП	-----	-----	----- ----	
Проезды и площадки	----	---	----- -----	
Вертикальная планировка	---	----	----- -----	
Благоустройство и озеленение	----	-----		----
Прочие работы и затраты	-----	-----	----- -----	----- -----
Проектные и изыскательские работы	-----			
Непредвиденные работы и затраты	-----	-----		
Стоимость гидронамывного грунта	----	-----		
НДС	-----	-----		
ВСЕГО КАПЗАТРАТ	-----	-----		

4.2 Объем основных строительно-монтажных работ. Расход основных строительных материалов

Объемы основных строительно-монтажных работ определены по укрупненным показателям в соответствии с РН-73, ч. 1 на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ в ценах 2016 г. с учетом проектных решений и

приведены в таблице 4.2 с целью определения основных строительно-монтажных машин и механизмов.

Потребности в основных строительных материалах и конструкциях определены на основании объемов работ с учетом “Сборников элементных сметных норм на строительные конструкции и работы” и приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Основные строительно-монтажные работы

Наименование работ	Ед. изм.	Кол-во
Планировка земляного полотна	м ²	-----
Разработка и перемещение грунта бульдозером	м ³	----
То же экскаватором (в т.ч. с погрузкой)	м ³	----
То же вручную	м ³	----
Засыпка механизированная	м ³	----
Засыпка вручную	м ³	----
Уплотнение грунта	м ³	----
Уплотнение грунта гравием, щебнем	м ²	---
Устройство насыпи	м ³	----
Устройство основания	м ²	----
Монтаж металлоконструкций	т	----
Устройство подготовок, засыпок из песка	м ³	---
Устройство подготовок, засыпок из ГПС	м ³	---
Устройство выравнивающего слоя из ЦПС	м ²	---
Устройство покрытий из плит дорожных	м ²	----
Устройство монолитного бетона	м ³	---
Погружение свай дизель-молотом	м ³	---
Установка опор, стоек из труб	т	---
Вдавливание труб в грунт	т	---
Прокладка кабеля	м	----

Потребность в основных строительных материалах и конструкциях определены на основании объемов работ с учетом “Сборников элементных сметных норм на строительные конструкции и работы” и приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Потребность в основных строительных материалах

Наименование	Ед. изм.	Количество
Трубы стальные для строительных конструкций	т	---
Сборные ж/б конструкции	м ³	---
Металлоконструкции	т	---
Гравийно-песчаная смесь	м ³	---
Песок	м ³	--
Полимерная лента	м ²	---
Кабельная продукция	м	----

4.3 Потребность в кадрах

Строительство объекта ведется в необжитом и удаленном районе, поэтому применяется вахтовый метод организации строительства, предусматривающий выполнение работ силами регулярно сменяемых подразделений из состава строительных организаций, расположенных в обжитых районах. Проектом предусмотрена доставка работающих из г. -----.

Продолжительность вахты -- дней. Проживание рабочих предусмотрено -----.

Численность рабочего персонала, занятого на строительномонтажных работах, определена исходя из объемов строительномонтажных работ и среднегодовой выработки на одного работающего в ценах 201- г. и приведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Потребность в кадрах

Период строительства	Объем СМР, тыс. руб. (в ценах 2010г.)	Средне-годовая выработка, тыс. руб.	Общая числен. работ.	В том числе по категориям (чел.)	
				Рабочие 93,3%	ИТР 6,7%
IV квартал 201-г.	-----	-----	15	14	1
I квартал 201-г.	-----		15	14	1

4.4 Потребность в основных строительных машинах и механизмах

Потребность в основных машинах и механизмах определена, исходя из их производительности, принятых методов работ, сроков строительства и приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Потребность в основных строительных машинах и механизмах

Наименование	Марка	Кол-во
1. Топливозаправщик	Зил-131	-
2. Экскаватор одноковшовый	ЭО-4121	-
3. Бульдозер	Б 10 М	-
4. Кран автомобильный	КС-3574	-
5. Автомобиль-самосвал	КамАЗ-55111	-
6. Автомобиль бортовой	КамАЗ-43118	-
7. Бурильно-крановая машина	БМ-302	-
8. Бетоносмеситель	СБ-49	-
9. Вибратор глубинный		-
10. Электротрамбовка	Д-253	-
11. Компрессор передвижной	ДК-9	-

Продолжение таблицы 4.5

12. Сварочный агрегат	САН-25	-
13. Газоанализатор СГГ-4М-1		-
14. Дизель молот		-
15. Передвижной насосный агрегат		-

При отсутствии у подрядчика машин и механизмов, указанных в ведомости, допускается использовать другие машины и механизмы с аналогичными техническими характеристиками.

Таблица 4.6 – Техничко-экономические показатели строительства

Наименование показателей	Един. изм.	Кол-во
1. Общая сметная стоимость (в ценах 201-г.) в т.ч.	тыс. руб.	-----
– СМР (в ценах 201-г.)	-«-	-----
– оборудование	-«-	-----
– прочие	-«-	----
2. Продолжительность строительства	мес.	----
3. Среднегодовая выработка	тыс. руб.	----
4. Максимальная численность работающих	чел.	----
5. Общая трудоемкость строительства	тыс. чел. дней	-----
6. Основные строительные материалы, в т.ч.:		
– трубы стальные	т	-
– сборные ж/б конструкции	м ³	---
– металлоконструкции	т	---
– песок	-»-	--
– кабельная продукция	м	---
7. Общая площадь застройки	га.	----
8. Обслуживающий персонал	чел. на вахту	--

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

4.5 Расчет затрат на проведение строительно-монтажных работ

Состав затрат в соответствии с их экономическим содержанием формируется по следующим элементам:

- Материальные затраты;
- Затраты на оплату труда;
- Отчисления на социальные нужды;
- Амортизационные отчисления;
- Прочие расходы.

1. К материальным расходам относятся затраты на приобретение:

а) сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых в производственном процессе;

б) запасных частей, комплектующих изделий, тары и др.;

в) топлива, воды и энергии всех видов, используемых на производственные нужды и отопление;

г) работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними организациями или индивидуальными предпринимателями, а также собственными структурными подразделениями предприятия (транспортные услуги, контроль за соблюдением технологического процесса, средств связи, компьютерной техники и др.);

д) на содержание и эксплуатацию природоохранных сооружений.

Сумма материальных расходов уменьшается на стоимость возвратных отходов. Возвратные отходы оцениваются по пониженной цене, если они могут быть использованы в основном или вспомогательном производстве или по цене реализации, если они реализуются на сторону.

К материальным расходам приравниваются:

- расходы на рекультивацию земель и другие природоохранные мероприятия;

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- потери при транспортировке товароматериальных ценностей в пределах норм естественной убыли;
- технологические потери при производстве и (или) транспортировке.

2. К расходам на оплату труда относятся:

Суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда.

Премии за производственные результаты, надбавки к тарифным ставкам и окладам за профессиональное мастерство и др.

Начисления стимулирующего или компенсирующего характера – надбавки за работу в ночное время, в многосменном режиме, совмещение профессий, работу в выходные и праздничные дни и др.

Надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах крайнего Севера и др.

Суммы платежей (взносов) работодателей по договорам обязательного и добровольного страхования.

Заработная плата с учетом надбавок включает в себя:

- оплата по тарифной ставке;
- доплата за классность – 25%;
- премия – 40%;
- ставка северного коэффициента – 50%;
- ставка районного коэффициента – 70%;

Расчет заработной платы сведен в таблицу 4.7.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Таблица 4.7 – Расчет заработной платы

Должность	Ко- ли- чест- во	Раз- ряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Норма времени на проведение меропри- ятия, ч.	Доплата за клас- сность, %	Зара- ботная плата с учетом надба- вок, тыс.руб.
Мастер участка	1 чел.	9	---	920	25	----
Электросварщик	2 чел.	6	----	574	25	----
Газорезчик	2 чел.	5	----	574	—	----
Монтажник	2 чел.	5	----	662	25	----
Монтажник	2 чел.	4	---	662	—	-----
Геодезист	1 чел.	4	----	84	25	----
Маляр	3 чел.		----	440	—	----
ИТОГО						-----

3. Отчисления на социальные нужды определяются суммой единого социального налога по установленным законодательством нормам в процентах от расходов на оплату труда (34,2%). Отчисления на социальные нужды: -----×34,2% = ----- тыс.руб.

4. Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части.

Расчет амортизационных отчислений можно свести в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Коли- чество	Балансовая стоимость, руб.		Годовая норма аморти- зации, %	Сумма амортизации за время эксплуатаци и, тыс.руб.	Сумма амортиза- ции, тыс.руб.
		одного объекта	всего			
Выпрямитель сварочный ВДУ-306УЗ	2 шт.	---	-----	10	----	-----
Пост газовой резки	2 шт.	---	-----	11	---	-----
Лебедка с тяговым усилием 100 кН ЛМЭ -10-510	1 шт.	---	-----	15	---	-----
Монтажный блок грузоподъемнос тью 100 кН	1 шт.	---	-----	20	---	-----
Шлифмашинка ИЭ-2031А	2 шт.	---	-----	20	---	-----
Шаблон сварщика УШС- З	1 шт.	---	-----	15	---	-----
Электропечь для прокалки электродов СНО-5,5/5-И 1	1 шт.	---	-----	18	---	-----
Рулетка металлическая	2 шт.	---	-----	12	---	-----
Теодолит 2Т30	1 шт.	---	-----	21	---	-----
Нивелир Н- ЗКЛУ1	1 шт.	---	-----	14	---	-----
Рейка нивелирная РН- З-3000	1 шт.	---	-----	10	---	-----
Штатив	1 шт.	---	-----	12	---	-----
ИТОГО					----	-----

5. В состав прочих затрат включаются:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

- налоги, сборы, отчисления в социальные внебюджетные фонды в порядке, установленном законодательством (земельный налог, экономические платежи, плата за недра и др.);
- платежи по обязательному и добровольному страхованию имущества, учитываемого в составе ОПФ;
- расходы по обслуживанию объектов жилищной и коммунальной сферы (жилой фонд, общежития, детские сады и лагеря, базы отдыха и др.);
- оплата услуг связи, банков, юридических и аудиторских фирм, сторожевой и пожарной охраны, авиационных услуг и др.;
- плата за аренду помещений (площадей) и основных производственных фондов (лизинг);
- уплата процентов за банковский кредит;
- затраты на гарантийный ремонт и обслуживание;
- командировочные расходы;
- расходы по подготовке и переподготовке кадров и др.;

Кроме перечисленных затрат в составе затрат на проведение организационно-технического мероприятия учитываются накладные расходы, связанные с организацией, управлением и обслуживанием производства.

На основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на проведение организационно-технического мероприятия по форме таблицы 4.9.

Таблица 4.9 – Затраты на проведение организационно-технического мероприятия

Состав затрат	Сумма затрат, тыс. руб.	Сумма затрат, %
1. Материальные затраты	42721,36	66,32
2. Затраты на оплату труда	1035,9	1,608
3. Отчисления на социальные нужды	354,28	0,55

4. Амортизационные отчисления	----	-----
5. Прочие затраты	----	----
Итого основные расходы	----	
Накладные расходы (40% от основных расходов)	----	----
Всего затраты на мероприятие	----	100%

4.6 Определение снижения расхода и затрат на оплату электроэнергии на перекачку за счет использования ЧРП

Под снижением расхода электроэнергии на перекачку за счет использования ЧРП понимается разность между фактическим расходом электроэнергии, потребленной за год всеми магистральными насосными агрегатами технологического участка нефтепровода, эксплуатируемого без использования ЧРП и расчетным расходом электроэнергии за тот же период времени при перекачке тех же посуточных объемов нефти при использовании ЧРП магистральных НА.

Потребление электроэнергии за месяц определяется суммированием потребления электроэнергии по всем режимам месяца.

При использовании ЧРП магистральных насосов снижение расхода электроэнергии достигается за счет двух основных факторов [10]:

- исключение потерь в регуляторах давления (РД) в случае использования магистральных насосов с ЧРП для снижения давления на выходе НПС вместо использования РД;

- повышение КПД насосов при снижении их частоты вращения.

Снижение потребляемой мощности и расхода электроэнергии при использовании НА с ЧРП вместо РД достигается за счет исключения потерь давления в РД и за счет повышения КПД НА.

Режимы, в которых используется регулирование давления, могут быть выявлены по КТР путем сравнения давлений в коллекторе и на выходе НМП.

Без использования РД:

$$P_{\text{кол}} = P_{\text{вых}} \cdot \quad (4.6.1)$$

где: $P_{\text{кол}}$ – давление в коллекторе НМП, Па;

$P_{\text{вых}}$ – давление на выходе НМП, Па.

С использованием РД:

$$P_{\text{кол}} > P_{\text{вых}} \cdot \quad (4.6.2)$$

При снижении частоты вращения максимум графика зависимости КПД насоса от подачи смещается в область меньших подач. Вследствие чего КПД насоса при работе с пониженной частотой вращения, как правило, оказывается выше, чем при той же подаче, но при номинальной частоте вращения. В результате механическая мощность, потребляемая насосом, от электродвигателя при тех же значениях подачи снижается на величину

$$\Delta P_{\text{Мех}} = Q_{\text{с}} \cdot \left(\frac{P_{\text{диф.н}}}{\eta_{\text{нер}}} - \frac{P_{\text{диф.р}}}{\eta_{\text{рег}}} \right), \quad (4.6.3)$$

где $Q_{\text{с}}$ – секундная производительность нефтепровода в м³/с;

$\eta_{\text{нер}}$ – КПД насоса при номинальной частоте вращения;

$\eta_{\text{рег}}$ – КПД насоса при пониженной частоте вращения;

$P_{\text{диф.н}}$ – дифференциальное давление в Н/м² при нерегулируемом насосе, равное разности давлений на выходе насоса (в коллекторе $P_{\text{кол}}$) и входе насоса $P_{\text{вх}}$ по КТР:

$$P_{\text{диф.н}} = P_{\text{кол}} - P_{\text{вх}}; \quad (4.6.4)$$

$P_{\text{диф.р}}$ – дифференциальное давление в Н/м² при регулируемом насосе, равное разности давлений на выходе НМП и входе насоса по КТР:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{\text{диф.р}} = P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}}, \quad (4.6.5)$$

где $p_{\text{вх}}$ - давление на входе НПС по КТР, Па.

Снижение мощности, потребляемой НА из электрической сети при использовании ЧРП в качестве РД, равно:

$$\Delta P_{\text{РД}} = Q_{\text{с}} \cdot \left(\frac{P_{\text{диф.н}}}{\eta_{\text{нер}} \cdot \eta_{\text{эд.н}}} - \frac{P_{\text{диф.р}}}{\eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{пч}} \cdot \eta_{\text{эд.р}}} \right), \quad (4.6.6)$$

где $\eta_{\text{эд.н}}$ – КПД электродвигателя при номинальной частоте вращения;

$\eta_{\text{пч}}$ – КПД преобразователя частоты;

$\eta_{\text{эд.р}}$ – КПД электродвигателя при регулировании частоты вращения.

В выражении (4.1.6) $p_{\text{диф.н}} > p_{\text{диф.р}}$, $\eta_{\text{нер}} < \eta_{\text{рег}}$ и $\eta_{\text{эд.н}} < \eta_{\text{эд.р}}$. Поэтому снижение расхода электроэнергии при использовании ЧРП вместо РД происходит вследствие трех факторов: исключения потерь давления в РД, повышения КПД, регулируемого НА и повышения КПД регулируемого электродвигателя. КПД электродвигателя при частоте вращения меньше номинальной, $\eta_{\text{эд.р}}$, принимается равным номинальному значению, так как в соответствии с законами частотного регулирования КПД электродвигателей при частотном регулировании остается неизменным и близким к номинальному значению независимо от нагрузки. Для преобразователя частоты ЧРП Триол КПД принимается по паспортным данным и составляет 0,97.

Потребление мощности из электрической сети одним НА при номинальной частоте вращения определяется по выражению:

$$P_{\text{нер}} = \frac{P_{\text{диф}} \cdot Q_{\text{с}}}{\eta_{\text{нер}} \cdot \eta_{\text{эд}}}, \text{ Вт.} \quad (4.6.7)$$

где $\eta_{\text{нер}}$ – КПД насоса при номинальной частоте вращения;

$\eta_{\text{эд}}$ – КПД электродвигателя при номинальной частоте вращения.

При использовании ЧРП один или несколько насосов будут работать с частотой вращения ниже номинального значения. Потребление мощности из сети насосным агрегатом с ЧРП определяется по выражению:

$$P_{\text{рег}} = \frac{P_{\text{диф}} \cdot Q_c}{\eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{нч}}}, \text{ Вт.} \quad (4.6.8)$$

где $\eta_{\text{рег}}$ – КПД регулируемого насоса при частоте вращения ниже номинального значения;

$\eta_{\text{ПЧ}}$ – КПД преобразователя частоты;

$\eta_{\text{эд.р}}$ – КПД электродвигателя.

Если в выражениях (4.1.7) и (4.1.8) числители одинаковые, то при использовании ЧРП произойдет снижение потребления мощности при условии, что

$$\eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{нч}} > \eta_{\text{нер}} \cdot \eta_{\text{эд}}$$

Фактически, подача и давление насоса в реальных режимах перекачки отличаются от подачи и давления в выражении (4.6.8). Поэтому вместо снижения потребляемой мощности для оценки эффективности ЧРП удобнее использовать снижение расхода электроэнергии.

Произведём расчёт разницы давления, создаваемого насосным агрегатом в режиме “прямой пуск”, без частотного регулирования по (4.6.4):

Режим I:

$$P_{\text{диф.н(Н-1,2)}} = P_{\text{кол.}} - P_{\text{вх}} = \text{-----} = 2,6 \text{ МПа}$$

Режим II:

$$P_{\text{диф.н(Н-1)}} = \text{-----} = 2,6 \text{ МПа}$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$p_{\text{диф.н(H-5)}} = \text{-----} = 4,6 \text{ МПа}$$

Режим III:

$$p_{\text{диф.н(H-4,5)}} = \text{-----} = 4,5 \text{ МПа}$$

Произведём расчёт разницы давления, создаваемого насосным агрегатом в режиме с использованием частотного регулирования по (4.6.5):

Режим I:

$$p_{\text{диф.р(H-1,2)}} = p_{\text{вых.}} - p_{\text{вх}} = \text{-----} = 0,45 \text{ МПа}$$

Режим II:

$$p_{\text{диф.р(H-1)}} = \text{-----} = 1,3 \text{ МПа}$$

$$p_{\text{диф.р(H-5)}} = \text{-----} = 1,3 \text{ МПа}$$

Режим III:

$$p_{\text{диф.р(H-4,5)}} = \text{-----} = 2,2 \text{ МПа}$$

Рассчитаем потребление мощности из электрической сети одним насосным агрегатом в режиме “прямой пуск” по выражению (4.6.7):

Режим I:

$$Q_{\text{с(H-1,2)}} = \frac{Q_{\text{ч}}}{3600} = \text{-----} = 0,071944 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$P_{\text{нер(H-1,2)}} = \frac{P_{\text{диф.н}} \cdot Q_{\text{с}}}{\eta_{\text{нер}} \cdot \eta_{\text{эд}}} = \text{-----} = 288798,97 \text{ Вт}$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Режим II:

$$Q_{c(H-1)} = \text{-----} = 0,0555 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$P_{\text{нер}(H-1)} = \text{-----} = 260465,88 \text{ Вт}$$

$$Q_{c(H-5)} = \text{-----} = 0,13889 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$P_{\text{нер}(H-5)} = \text{-----} = 906001,3 \text{ Вт}$$

Режим III:

$$Q_{c(H-4,5)} = \text{-----} = 0,113889 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$P_{\text{нер}(H-4,5)} = \text{-----} = 742843,49 \text{ Вт}$$

Рассчитаем потребление мощности из электрической сети одним насосным агрегатом на режиме с частотной регуляцией по выражению (4.6.8):

Режим I:

$$P_{\text{рег}(H-1,2)} = \frac{P_{\text{диф.р}} \cdot Q_c}{\eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{нч}}} = \text{-----} = 49936,62 \text{ Вт}$$

Режим II:

$$P_{\text{рег}(H-1)} = \text{-----} = 111591,6 \text{ Вт}$$

$$P_{рег(Н-5)} = \text{-----} = 263962,7 \text{ Вт}$$

Режим III:

$$P_{рег(Н-4,5)} = \text{-----} = 367302,78 \text{ Вт}$$

4.7 Определение расхода и затрат на оплату электроэнергии для эксплуатируемого нефтепровода при нерегулируемом электроприводе (без использования ЧРП)

Определяется суммарное значение электроэнергии, потребленной всеми насосами технологического участка за год:

$$W_{э.эН} = \sum W_i, \quad (4.7.1)$$

где W_i – электроэнергия, потребленная в i -ом режиме по сведениям о соблюдении режимов, кВт·ч.

Используя данные из журнала наработки насосных агрегатов НМП -----, в течении 365 суток суммарное количество времени простоя (остановки работы НМП) составило 30 суток. Работа НМП в режиме I составила 20% от суммарного времени работы, в режиме II – 30%, в режиме III – 50%.

Соответственно, из 335 суток работы НМП, время работы составляет:

- В режиме I: 67 суток, равное 1608 часов;
- В режиме II: 100,5 суток, равное 2412 часов;
- В режиме III: 167,5 суток, равное 4020 часов.

Таким образом, расход электроэнергии в год в режиме работы “прямой пуск” составит:

В режиме I:

$$W_{\text{г. эн. Реж I}} = \text{-----} = 928777487,52 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = 928777,49 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

В режиме II:

$$W_{\text{г. эн. Реж II}} = \text{-----} = 2813518838,16 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = \\ = 2813518,83 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

В режиме III:

$$W_{\text{г. эн. Реж III}} = \text{-----} = 5972461659,6 \text{ Вт} \cdot \text{ч} = \\ = 5972461,65 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

Суммарное потребление составит:

$$\sum W_{\text{г. эн. нер}} = W_{\text{г. эн. Реж I}} + W_{\text{г. эн. Реж II}} + W_{\text{г. эн. Реж III}} = 928777,49 + 2813518,83 + \\ 5972461,65 = 9714757,97 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

Определяются затраты на оплату электроэнергии, потребленной всеми насосами технологического участка эксплуатируемого нефтепровода за каждый из режимов перекачки, по формуле:

$$Z_{\text{эн,г}} = \sum (C \cdot W_{\text{г.эн}}), \quad (4.7.2)$$

где C – приведенный тариф на оплату электрической энергии;

$W_{\text{г.эн}}$ – электроэнергия, потребленная насосными агрегатами, по данным сведений о соблюдении режимов, $\text{кВт} \cdot \text{ч}$.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

Таблица 4.10 – Тарифы на электроэнергию и мощность

Составляющие тарифа электроэнергии и мощности	Электроэнергия руб/кВт·ч	Мощность руб/кВт
средневзвешенная цена покупки	-----	-----
услуги по передаче	-----	-----
сбытовая надбавка	-----	-----
стоимость инфраструктуры	-----	
Тариф	-----	-----

$$Z_{\text{эн.г рд}} = \text{-----} = \text{----- руб/год}$$

4.8 Определение расхода и затрат на оплату электроэнергии для плана – графика при работе НМП с использованием ЧРП

Определение снижения расхода электроэнергии в режимах с использованием ЧРП вместо использования РД производится по формуле:

$$\Delta W_{\text{рд},i} = Q_c \cdot \left(\frac{P_{\text{диф.н}}}{\eta_{\text{нер}} \cdot \eta_{\text{эд}}} - \frac{P_{\text{диф.р}}}{\eta_{\text{рег}} \cdot \eta_{\text{пч}} \cdot \eta_{\text{эд}}} \right) \cdot T, \quad (4.8.3)$$

где $\eta_{\text{нер}}$ – КПД насоса при номинальной частоте вращения по (3.3.9);

$\eta_{\text{рег}}$ – КПД насоса при пониженной частоте вращения по (3.3.12);

$\eta_{\text{пч}}$ – КПД преобразователя частоты, для ЧРП Триол принимается 0,97;

$\eta_{\text{эд}}$ – КПД электродвигателя при номинальной частоте вращения (табл. 2.1);

$P_{\text{диф.н}}$ – дифференциальное давление в Н/м² при нерегулируемом насосе по (4.6.4), равное разности давлений на выходе НМП (в коллекторе $p_{\text{кол}}$) и входе НПС $p_{\text{вх}}$ по КТР:

$$P_{\text{диф.н}} = P_{\text{кол}} - P_{\text{вх}} ;$$

$P_{\text{диф.р}}$ – дифференциальное давление в Н/м² при регулируемом насосе по (4.6.5), равное разности давлений на выходе НМП и входе НМП по КТР:

$$P_{\text{диф.р}} = P_{\text{вых}} - P_{\text{вх}} ;$$

$p_{\text{вых}}$ – давление на выходе НМП по КТР, Па;

$p_{\text{вх}}$ – давление на входе НМП по КТР, Па;

T – время наработки в режиме, час.

Для режима I:

$$\Delta W_{p\partial} = \text{-----} = 384090,65 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{год}}$$

Так как в работе находятся одновременно два насосных агрегата, результат умножается в два раза:

$$\Delta W_{p\partial} \cdot 2 = \text{-----} = 768181,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$$

Для режима II:

Насос ЦНС 300–300:

$$\Delta W_{p\partial} = \text{-----} = 359816,99 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{год}}$$

Насос ЦНС 500–560:

$$\Delta W_{p\partial} = \text{-----} = 1548597,044 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{год}}$$

Для режима III:

$$\Delta W_{p\partial} = \text{-----} = 3019347,27 \frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{год}}$$

Суммарное снижение потребляемой мощности будет равно:

$$\sum W_{p\partial} = \text{-----} =$$

$$= \text{-----} \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$$

Далее определяется расход электроэнергии при использовании ЧРП вместо РД по формуле

$$W_{\text{чрп}} = W_{\text{ср}} - \Delta W_{\text{рд}}. \quad (4.8.4)$$

где $W_{\text{ср}}$ – расход электроэнергии в режиме с использованием РД, кВт·ч/год.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

$$W_{чрп} = \text{-----} = 4018815,36 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

Таким образом, отношение снижения потребляемой электроэнергии из сети будет равно:

$$W_{\text{сниж}} = \frac{W_{\text{ср}}}{W_{\text{чрп}}}, \quad (4.8.5)$$

$$W_{\text{сниж}} = \text{-----} = 2,417$$

Из данного соотношения очевидно снижение потребляемой электроэнергии более чем в два раза.

В соответствии с тарифом, затраты на покупку электроэнергии в режиме работы НМП без использования ЧРП (режим “прямой пуск”) будет равна:

$$З_{рд} = W_{\text{ср}} \cdot T, \quad (4.8.6)$$

где T – тариф на покупку электроэнергии, руб/кВт·ч

$$З_{рд} = \text{-----} = \text{-----} \text{ руб /год}.$$

Произведем расчёт затрат на покупку электроэнергии при использовании ЧРП:

$$З_{чрп} = W_{\text{чрп}} \cdot T, \quad (4.8.7)$$

$$З_{чрп} = \text{-----} = \text{-----} \text{ руб/год}.$$

Снижение затрат на покупку электроэнергии будет равно:

$$\Delta Z = З_{рд} - З_{чрп} \quad (4.8.8)$$

$$\Delta Z = \text{-----} = \text{-----} \text{ руб/год}.$$

4.9 Оценка экономической эффективности мероприятия

Экономическая эффективность от проведения конкретных мероприятий может быть определен как отношение затрат на строительство площадки силовых частотно-регулируемых приводов и снижения затрат на покупку электроэнергии.

$$\mathcal{E} = \frac{Z_m}{\Delta Z}, \quad (4.9.1)$$

Где Z_m – затраты на мероприятие по строительству площадки ЧРП

$\mathcal{E} = \text{-----} = \text{----- года}$

Таким образом, в долгосрочной перспективе строительство площадки и установка частотных силовых приводов является выгодным мероприятием и имеет сроки окупаемости примерно ---- месяцев.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Характеристика опасностей имеющих в производстве и особые требования безопасности

----- является взрывопожароопасным производством.

Для предотвращения аварий, неполадок, несчастных случаев и обеспечения нормальных условий труда необходимо соблюдать нормы и требования технологического регламента, действующих инструкций по рабочим местам, правила безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии.

К опасностям производственных процессов относятся:

- пропуски нефти и нефтяного газа при разгерметизации трубопроводов, оборудования с последующим загоранием или взрывом;
- физическое воздействие вредных веществ, обращающихся в производстве (наркотическое воздействие паров органики);
- термические ожоги при загорании нефтепродуктов;
- поражение электрическим током при неисправности электрооборудования;
- механические травмы при обслуживании и ремонте оборудования и трубопроводов с нарушением правил техники безопасности.

Наиболее опасные места на производстве:

1. Трубопроводы нефтяного газа;
2. Блок подачи деэмульгатора;
3. Колодцы, люки, низкие места, прямки, где возможно скопление взрывоопасных смесей углеводородов с воздухом. При попадании человека в приямок, колодец и т.п. возможно удушье;
4. Печи -----;
5. -----;

					Энергоэффективность транспортировки нефти при использовании частотных силовых преобразователей на центробежных насосах		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Чулик К.Е..				Социальная ответственность	Лит.	Лист
Руковод.	Рудаченко А.В.						
Консульт.	Гуляев М.В.					78	108
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.					ТПУ гр. 3-2Т00	

6. -----;

7. -----.

5.2 Основные мероприятия по обеспечению безопасного ведения технологического процесса и защиты организма работающих

Для обеспечения безопасной работы ----- предусмотрено следующее:

- технологическое оборудование расположено на наружной установке;
- расположение оборудования обеспечивает свободный доступ к нему и удобное обслуживание;
- аппараты и трубопроводы выполнены герметичными;
- обеспечено отсутствие постоянных выбросов в атмосферу;
- освобождение аппаратов от жидких продуктов производится в резервуар, дренажные и аварийную емкости;
- управление технологическим процессом автоматизировано и осуществляется централизованно из помещения операторной;
- выбор материала оборудования и средств контроля и автоматики выполнен с учетом взрыво- и пожароопасности производства;
- исполнение электрооборудования по взрывозащите соответствует категории и группе взрывоопасной смеси;
- в соответствии с нормами и в зависимости от характеристики помещений и наружных установок выполнено рабочее и аварийное освещение;
- для обеспечения нормальных санитарных условий труда в помещениях выполнена вентиляция;
- для защиты от статического электричества оборудование и трубопроводы заземлены.

Для безопасного ведения технологического процесса на ---- необходимо следить за:

1. Уровнем жидкости в сепараторах, электродегидраторах.
2. Уровнем жидкости в дренажных емкостях.

					Социальная ответственность	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Давлением на входном коллекторе.
4. Давлением в аппарате и нефтепроводах.
5. Средствами КИП и А.
6. Исправностью насосных агрегатов.
7. Герметичностью трубопроводов и арматуры.
8. Наличием углеводородов на технологической площадке.
9. Исправностью вентиляторных установок.

5.3 Охрана труда и техника безопасности

Создание безопасных и здоровых условий труда на производстве предусматриваются уже в процессе проектирования.

В таблице 5.1 приведены токсикологические свойства перекачиваемой продукции, ее характеристика, характер воздействия на организм человека.

Таблица 5.1 – Токсические свойства нефти

Перекачиваемая продукция	Характер воздействия на организм человека	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Санитарная характеристика производства по СанПи 2.09.04-87*
1 Товарная нефть	Общетоксичный, sensibilizing. Возможно отравление парами летучих составляющих при чистке закрытых емкостей	300	3	2 г

Основными профилактическими мероприятиями, исключающими контакт обслуживающего персонала с вредными веществами, являются:

- полная герметизация процесса перекачки нефти;
- выбор оборудования из условия максимального возможного давления в нем;
- контроль и управление технологическим процессом из операторной.

Для нормальной и безопасной работы насосной магистральной перекачки нефти необходим постоянный контроль за техническим и коррозионным состоянием предохранительных клапанов, задвижек, трубопроводов.

Очень важным мероприятием для предупреждения аварий и травматизма являются техническое обслуживание и техническая диагностика оборудования и трубопроводов.

С помощью современных методов неразрушающего контроля, таких как магнитный, акустико-эмульсионный, можно выявить и прогнозировать развитие микротрещин на самой ранней стадии их появления - монтаже и испытании оборудования и трубопроводов на прочность и герметичность.

Обслуживающий персонал должен проходить инструктаж по пожарной безопасности, технике безопасности и производственной санитарии.

Все оборудование, аппаратура и запорные устройства должны иметь четко обозначенные номера, соответствующие технологической схеме.

При текущем обслуживании оборудования и ремонтных работах запрещается применять инструменты из неомедненной стали. Используемый инструмент должен быть изготовлен из материала, не дающего искр; ударный и режущий инструмент при работе необходимо смазывать консистентными смазками.

Запорную арматуру на трубопроводах необходимо систематически смазывать и она должна легко открываться. Запорную арматуру следует открывать и закрывать медленно во избежание гидравлического удара. При этом запрещается применять ломы, трубы и т.д.

Предохранительные клапаны необходимо проверять на работоспособность путем приоткрывания с помощью устройства для ручного открывания ПК.

В случае разлива на территории объекта нефти необходимо срочно принять меры, исключаящие ее воспламенение. Места разлива засыпать песком с последующей уборкой или промыть водой.

					Социальная ответственность	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Запрещается курение возле насосной внешней перекачки и подземных емкостей. Курение допускается в специально отведенных местах, согласованных с пожарной охраной.

Работу на площадке насосной магистральной перекачки работники должны выполнять в диэлектрических перчатках и обуви.

При включении и отключении электропусковых приборов надо пользоваться диэлектрическими подставками и диэлектрическими перчатками.

При работе в загазованной зоне следует применять фильтрующие противогазы. Применение фильтрующих противогазов разрешается только в атмосфере, содержащей не менее 18% свободного кислорода и не более 0,5% вредных веществ.

Персонал, обслуживающий проектируемое оборудование должен иметь закрепленный за ним противогаз, содержать его в исправности и уметь пользоваться им.

Необходимо осуществлять контроль за состоянием воздушной среды с учетом состояния атмосферы: как при сильных и слабых ветрах, так и в штиль. Данные контроля необходимы для выявления возможных мест загазованности.

Рабочие должны быть ознакомлены с перечнем газоопасных мест. Газоопасные места должны быть обозначены предупреждающими знаками.

5.4 Производственный шум

Установка ----- имеет ряд производственных помещений, в которых наблюдается повышенный уровень шума. К таким помещениям относятся:

- Насосная магистральной перекачки;
- Насосная внутренней перекачки;
- ----- печей -----.

					Социальная ответственность	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 для данного типа помещений предусматриваются допустимые уровни звукового давления, указанные в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Так как шум имеет широкополосный постоянный характер, принимается поправка в 0 дБА в соответствии с утверждённым стандартом. Перечисленные выше производственные зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026.

На производстве с периодичностью 1 год проводится измерение шума на рабочих местах, в соответствии с ГОСТ 12.1.050 и ГОСТ 23941.

5.5 Индивидуальные средства защиты работающих

К средствам индивидуальной защиты относятся: спецодежда, спецобувь, средства защиты рук (перчатки), очки, беруши, противогазы. Применение средств индивидуальной защиты предусматривается отраслевыми правилами техники безопасности, а выдача этих средств регламентирована отраслевыми нормами.

Спецодежда разделяется на группы для защиты от: пониженных температур; повышенных температур; механических воздействий;

					Социальная ответственность					Лист
										83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

электрического тока; электростатических зарядов; электрических и электромагнитных полей; пыли; токсических веществ; шумового воздействия.

Спецодежда для защиты от нефти и нефтепродуктов изготавливается по ГОСТ 12.4.111-82* из хлопчатобумажных, льняных и смешанных тканей. На местах, которые подвергаются наибольшему воздействию нефтепродуктов, накладываются усиливающие детали из основного материала или накладки из материалов с пленочным покрытием. Применяются также рабочие фартуки из парусины, различных видов эластискожи и винилискожи, материала с пленочным покрытием и других материалов, не накапливающих статического электричества.

Спецобувь должна обеспечивать защиту ног от травм, воздействия агрессивных веществ, нефти, нефтепродуктов, от низких температур, перегрева и ожогов, пылящих и загрязняющих веществ.

Для защиты от нефти применяются: сапоги резиновые по ГОСТ 12265-78*, изготавливаемые из каучука СКМ-40 и поливинилхлорида; сапоги юфтевые с кирзовыми голенищами по ГОСТ 12.4.137-84*; полусапоги юфтевые типа «конверт» и галоши нефтеморозостойкие.

Спецодежда выдается работникам согласно типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам.

Расчетное количество и наименование указано в разделе проекта «Управление производством, предприятием, организация условий и охрана труда рабочих и служащих», шифр 1760-00-00-УПП, арх. № 27429.

Кроме того, работникам выдаются следующие средства индивидуальной защиты:

- фильтрующий противогаз марки "М" или "А";
- противозумные наушники;
- защитные очки;
- защитная каска;
- подшлемник под каску;

					Социальная ответственность	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- переносной многокомпонентный газоанализатор типа СГГ;
- перчатки диэлектрические;
- пояс предохранительный.

К работам допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие противопоказаний по здоровью.

Рабочие основных профессий допускаются к самостоятельной работе после обучения, стажировки на рабочем месте, проверки знаний, проведением производственного инструктажа и при наличии удостоверения, дающего право допуска к определенному виду работ.

Проверка знаний по безопасному ведению работ у рабочих проводится ежегодно. Проверка знаний у руководящих работников и специалистов не реже одного раза в три года.

5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможный сценарий аварии:

- Пожар в насосной магистральной перекачки нефти.

Возможное развитие аварии:

- Перегрев стенок оборудования, трубопроводов и арматуры с потерей механической прочности, их разрыв и разрушение, дополнительное истечение продукта и увеличение масштабов аварии.

Возможные последствия аварии:

- Интоксикация людей попавших в зону влияния вредного воздействия нефтяного газа и нефти.
- Попадание персонала и оборудования в зону термического поражения
- Травмирование персонала
- Повреждение оборудования.

Опасные факторы:

- Токсическое действие нефтяного газа и паров нефти
- Тепловое излучение
- Токсическое действие продуктов горения нефти

					Социальная ответственность	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Избыточное давление ударной волны
- Обломки, осколки

Признаки аварии:

- 1 Срабатывание пожарной сигнализации.
- 2.Визуально при обходе (дым, открытый огонь).
3. Появление запаха дыма.

Мероприятия по ликвидации аварии:

При поступлении сигнала от ручного пожарного извещателя с площадки насосной магистральной перекачки произойдет срабатывание АСПТ в автоматическом режиме (в случае отказа срабатывания системы АСПТ в автоматическом режиме включить систему из операторной). При получении сигнала «Пожар» системой АСУ ПА произойдет остановка ----- (закрытие электрозадвижки, остановка насосов ЦНС №1-8). Продублировать дистанционно из операторной остановку электродвигателя насоса, отсечь насос от технологической схемы. Сообщить о происшествии диспетчеру пожарной службы. Сообщить в региональную инженерно-техническую службу о необходимости остановки фонда скважин. Ответственный руководитель и производственный персонал принимают меры по ликвидации пожара первичными средствами пожаротушения до прибытия пожарной охраны. По прибытии подразделения пожарной охраны информируют руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, количестве и пожароопасных свойствах веществ и материалов. Ограждают аварийную зону, выставляют предупреждающие знаки. Персонал ----- действует под руководством ответственного руководителя. Проводит поиск пострадавших и эвакуирует их из опасной зоны, оказывает им первую помощь, при необходимости поддерживает жизнеспособность. Встречает подразделение пожарной охраны и сопровождает кратчайшим путем к месту аварии.

Мероприятия по спасению людей:

– Оповещение людей, находящихся на объекте, об аварии.

					Социальная ответственность	Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– Вывод людей из опасной зоны. Для выхода из опасной зоны использовать средства индивидуальной защиты: противогазы фильтрующие.

Спасение пострадавших:

- Отыскать пострадавших и эвакуировать из очага поражения,
- Оказать первую медицинскую помощь и доставить в медицинское учреждение.
- Предупредить и эвакуировать людей, не занятых ведением технологического процесса и не участвующих в ликвидации аварии.
- Ограничить доступ на территорию ---- людей и транспорта (кроме специального).
- Пожарная охрана прибывает к месту аварии, производит предварительное развертывание сил и средств для ликвидации возможного пожара. При угрозе жизни людей производит их спасение.

5.7 Основные меры оказания первой помощи

Первая доврачебная помощь при отравлениях углеводородными газами состоит в следующем:

- пострадавшего при проявлении признаков отравления необходимо немедленно вынести на свежий воздух;
- расстегнуть ему одежду;
- если пострадавший в бессознательном состоянии, начать делать ему искусственное дыхание;
- срочно позвонить в медсанчасть и вызвать скорую помощь.

Первая доврачебная помощь при поражении человека током состоит из двух этапов:

- освободить пострадавшего от действия током;
- оказать медицинскую помощь.

Пострадавшего можно освободить от действия тока несколькими способами:

- отключения соответствующей части электроустановки;

					Социальная ответственность	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- перерубить провод (при напряжении до 1000 В) топором с деревянной рукояткой;
- оттянуть пострадавшего от токоведущей части за одежду, если она сухая;
- отбросить от него провод с помощью деревянной палки.

Меры первой помощи пострадавшему зависят от его состояния. Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или продолжительное время находился под током, ему необходимо обеспечить полный покой до прибытия врача или срочно доставить в лечебное учреждение.

При отсутствии сознания, но сохранившемся дыхании, нужно удобно положить пострадавшего на подстилку, расстегнуть одежду, обеспечить приток свежего воздуха. Следует дать понюхать нашатырный спирт, растереть и согревать тело.

При отсутствии признаков жизни нельзя считать пострадавшего погибшим и до прибытия врача оказывать помощь, делать искусственное дыхание и массаж сердца.

5.8 Противопожарные мероприятия

Нефть представляет собой смесь углеводородов переменного состава.

Товарная нефть является легковоспламеняющейся жидкостью с температурой вспышки – (-18°C), самовоспламенения ~233 °C.

Индивидуальные углеводороды, входящие в состав нефтяных паров, имеют следующие концентрационные пределы воспламенения, % (по объему):

пропан	2.1 – 9.5;
бутан	1.9 - 9.1;
пентан	1.4 – 7.8;
гексан	1.2 – 7.5.

В таблице 5.2 приведены взрывопожароопасные свойства товарной нефти.

					Социальная ответственность	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5.2 – Взрывопожароопасные свойства товарной нефти

Наименование вещества	Относительная плотность паров газов по воздуху	Категория и группа взрывоопасной смеси по ГОСТ Р 51330.5-99	Температура, °С			Пределы взрываемости, % объем		Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом*м	Минимальная энергия зажигания, мДж	Скорость выгорания, кг/(м²*с)
			вспышки	воспламенения	самовоспламенения	нижний	верхний			
Нефть товарная (ЛВЖ)	1,55 (по пропану)	ПА-Т3	менее -18	-	~200-300	~2,1 (по пропану)	~9,5	10 ¹⁰ -10 ¹⁵	0,25 (по гексану)	10,3·10 ⁻² (по гексану)

В таблице 5.3 приведены категории проектируемых производственных сооружений, классификация взрывоопасных зон.

Таблица 5.3 – Взрывопожарная и пожарная опасность проектируемых производственных помещений и наружных установок

Наименование помещений, наружных установок и оборудования	Категория помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности по НПБ 105-03	Классификация взрывоопасных зон		
		по ПУЭ		По ПБ 08-624-03
		Класс зоны	Категория и группа взрывоопасных смесей	
Насосная магистральная перекачки	A _н	2-й класс (В-1а)	ПА-Т3	1

5.9 Требования к мерам пожарной безопасности

К требованиям пожарной безопасности относятся:

- выполнение защиты насосного оборудования и технологических трубопроводов от статического электричества;
- постоянный контроль загазованности внутреннего помещения НМП стационарными газоанализаторами СТМ–10, количество и расположение которых определено проектной документацией;
- обеспечена автоматическая система пожаротушения с подачей огнетушащей вспененной смеси воды и спецреагента;
- контроль наружной площадки на загазованность предусматривается периодически переносными газоанализаторами типа СГГ-20Н;
- технологические трубопроводы проложены надземно на несгораемых опорах;
- соединения трубопроводов выполнены сваркой, фланцевые соединения используются в местах установки арматуры и в местах присоединения к оборудованию.

Основные требования, которые предъявляются к системам пожарной защиты: быстрое обнаружение очага пожара. Далее необходимо пожар локализовать с последующим контролируемым выгоранием или тушением.

На территории ----- функционирует система водо- и пенотушения. Тушение НМП и трубопроводов предусматривается воздушно-механической пеной средней кратности. Охлаждение строительных конструкций от деформации при воздействии высоких температур и ликвидация очагов возгорания осуществляется с помощью передвижной пожарной техники специализированным персоналом (ДПД, ПЧ -----).

Во избежание развития небольших аварий в аварии с тяжелыми последствиями, технический персонал должен быть готов к устранению небольших поломок, разгерметизации фланцевых соединений, свищей в трубопроводах и т.д. Для этой цели на объекте необходимо иметь аварийный

					Социальная ответственность	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

неснижаемый запас слесарного инструмента, комплект соответствующего размера ключей, пассатижей и т.д.

Для ликвидации небольших загораний обслуживающий персонал до прибытия передвижных средств пожаротушения должен использовать первичные средства пожаротушения, находящиеся в пожарных щитах.

В случае пожара персонал должен оценить сложившуюся ситуацию и действовать согласно “Плану ликвидации аварии”, с учетом технологического и технического состояния оборудования.

5.10 Первичные средства пожаротушения

Первичные средства пожаротушения предназначены для ликвидации небольших очагов пожара в помещениях и на открытых площадках.

Количество и состав первичных средств определен на основании требований ППБ 01-03. Нормы комплектации пожарных щитов приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Нормы комплектации пожарных щитов ЩП-В немеханизированным инструментом и инвентарем

№ п/п	Наименование первичных средств пожаротушения, немеханизированного инструмента и инвентаря	Нормы комплектации
1	Огнетушители:	
	порошковые (ОП) вместимостью, л/массой огнетушащего состава, кг	
	10/9	1 ⁺⁺
	5/4	2 ⁺
2	Лом	1

Продолжение таблицы 5.4

3	Ведро	1
4	Асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала)	1
5	Лопата штыковая	1
6	Лопата совковая	1
7	Ящик с песком	1

Примечания:

1. Знаком "++" обозначены рекомендуемые к оснащению объектов огнетушители, знаком "+" - огнетушители, применение которых допускается при отсутствии рекомендуемых и при соответствующем обосновании.

5.11 Экологическая безопасность

Эксплуатация проектируемых объектов в нормальном режиме работы не будет сопровождаться загрязнением атмосферного воздуха.

Загрязнение атмосферного воздуха может произойти в следующих случаях:

1. При незапланированном закрытии (прикрытии) секучей задвижки на узле подключения к магистральному нефтепроводу ----- и несрабатывании блокировки на отключение насосов перекачки нефти в нефтепровод;

2. При незапланированном закрытии (прикрытии) промежуточной задвижки (крана) на нефтепроводе «-----» и несрабатывании блокировки на отключение насосов перекачки нефти;

3. При незапланированном закрытии задвижки на нефтепроводе после точки подключения по ходу нефти (на магистральном нефтепроводе).

					Социальная ответственность	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Предохранительные клапаны устанавливаются для обеспечения сброса нефти при незапланированном закрытии задвижки на нефтепроводе после точки подключения по ходу нефти и (или) повышении давления более норматива.

Для приема сброса нефти с предохранительных клапанов устанавливаются подземные емкости объемом $V=---$ м³ типа --- -----.

Требуемый объем рассчитан на прием аварийного сброса в течение пяти минут при максимальной перекачке нефти.

Откачка нефти из емкостей осуществляется погружными электронасосными агрегатами НВ-Е-50/50 во взрывозащищенном исполнении через существующий коллектор возврата нефти в существующие резервуары -----.

Для исключения повышения давления в аварийных емкостях при сбросе нефти, на них устанавливаются дыхательные клапаны типа КДС-1500 со встроенными огнепреградителями. Производительность дыхательных клапанов выбрана по максимальному объему вытесняемых паров из емкостей нефтью при аварийном сбросе: при объемной скорости поступления нефти в емкости $\sim -----$ м³/час. Объём паров, вытесняемых из емкостей в течение пяти минут, составит $\sim ----$ м³. Количество загрязняющих веществ (углеводородов по пропану), загрязняющих атмосферу, составит ----- г/сек или ---- т/год (при аварийном сбросе нефти в ёмкости один раз в квартал).

Технические мероприятия, предусмотренные проектом для предотвращения загрязнения атмосферного воздуха:

- использование труб из материалов, соответствующих климатическим условиям района строительства;
- подземная укладка трубопроводов;
- герметизированная система транспорта нефти;
- контроль сварных соединений трубопроводов и оборудования;

					Социальная ответственность	Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- защита трубопроводов от почвенной коррозии изоляцией;
- использование труб повышенной коррозионной стойкости;
- герметичность затвора задвижек по классу А ГОСТ 9544-93;
- аварийные подземные емкости комплектуются насосными агрегатами с торцовыми уплотнениями, электродвигателями во взрывозащищенном исполнении;
- на дыхательных линиях подземных емкостей установлены дыхательные клапана с огнепреградителями.

					Социальная ответственность	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В ходе выполнения работы были разработаны меры по модернизации существующей схемы откачки нефти с ----- в систему магистральных нефтепроводов ----- до требований ----- «Регламента - -----» -----.

В ходе разработки ключевых вопросов был обоснован выбор основного оборудования для площадки ЧРП. Также разработаны решения касающиеся выбора месторасположения площадки ЧРП. Было однозначно доказано что применение силовых устройств регулирования частоты вращения электродвигателей является значимым мероприятием для увеличения экономического эффекта в долгосрочной перспективе.

					Заключение	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованных источников

1. Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ. Методические указания по выполнению практических работ для студентов очного обучения направления 130500. Томск: Изд-во. ТПУ, 2012 – 41 с.;
2. Основные задачи при проектировании и эксплуатации магистральных нефтепроводов: учеб. пособие.– Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005.– 81 с.;
3. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: Учебник для вузов / А. А. Коршак, А. М. Нечваль; Под ред. А. А. Коршака. — СПб.: Недра, 2008. — 488 с.;
4. -----
5. Шабанов В.А., Хакимов Э.Ф., Шарипова С.Ф. Анализ коэффициента полезного действия магистральных насосов эксплуатируемых нефтепроводов при использовании частотно регулируемого электропривода в функции регуляторов давления // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело". 2013. №1. С. 324-333. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Shabanov/Shabanov_16.pdf
6. Шабанов В.А., Кабаргина О.В., Павлова З.Х. Оценка эффективности частотного регулирования магистральных насосов по эквивалентному коэффициенту полезного действия // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. №6. С.24-29. URL: http://ogbus.ru/authors/Shabanov/Shabanov_8.pdf
7. Технологический регламент ----- версия -----, 2014 г.;
8. Валиев М.А., Кутуков С.Е., Шабанов В.А. Анализ использования электроэнергии при решении технологических задач перекачки нефти // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2003. №1. URL: http://ogbus.ru/authors/Valiev/Valiev_1.pdf

					Список использованных источников	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

9. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций / Акбердин А.М., Гумеров А.Г. — СПб.: Недра, 2001. — 470 с.;
- 10.ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»;
- 11.ПУЭ «Правила устройства электроустановок»;
- 12.НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- 13.ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»;
- 14.СНиП 3.05.05-84 «Технологическое оборудование и технологические трубопроводы»;
- 15.ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов»;
- 16.ВНТП 3-85 «Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений»;
- 17.РД 39-132-94 «Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов»;
- 18.РД 09-364-00 «Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах»;
- 19.СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве»;
- 20.РД 75.000.00-КТН-079-10 «Руководство по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и сооружений нефтеперекачивающих станций»;
- 21.РД 39-132-94 «Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов»;
- 22.ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»;
- 23.ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации;
- 24.РД 08.00-60.30.00-КТН-016-1-0 «Руководство по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и сооружений

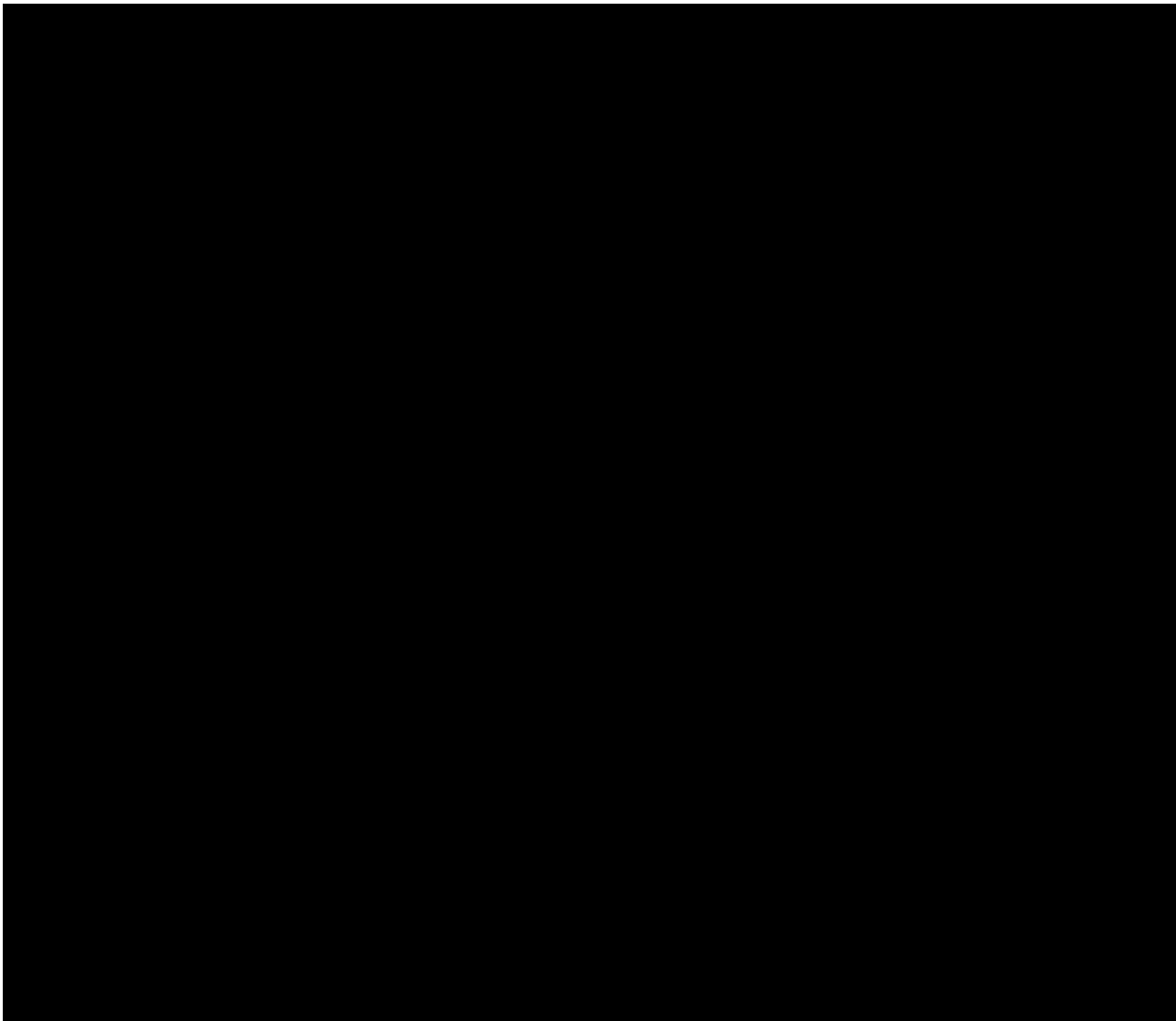
					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

- нефтеперекачивающих станций»;
- 25.ВНТП 3-85 «Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений»;
- 26.«Методическому указанию по определению выбросов загрязняющих веществ из резервуаров» (государственный комитет РФ по охране окружающей среды). 1997 г. Москва.
- 27.Расчетные показатели для определения продолжительности строительства. Том 1. Расчетные показатели (графики) для определения продолжительности строительства предприятий, зданий и сооружений. Ассоциация "Стройнормирование". ЦНИИОМТП Госстроя СССР.-М.: АПП ЦИТП, 1991 - 80 с.
- 28.-----
- 29.-----

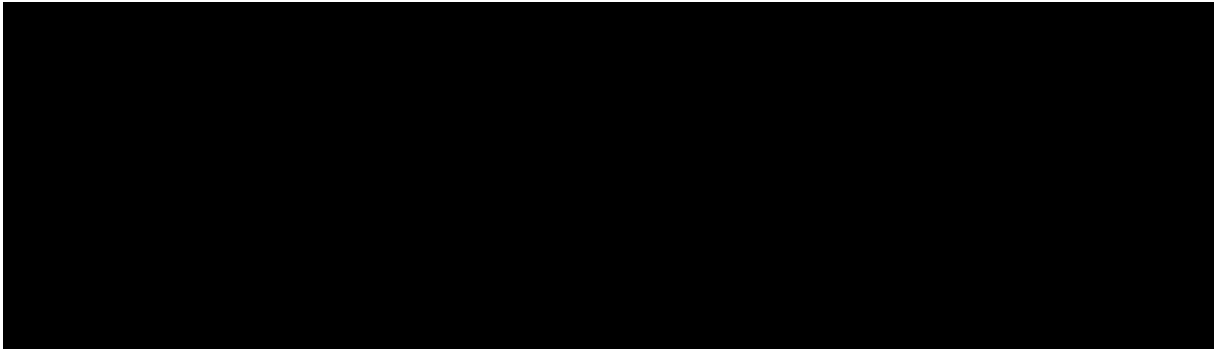
					Список использованных источников	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

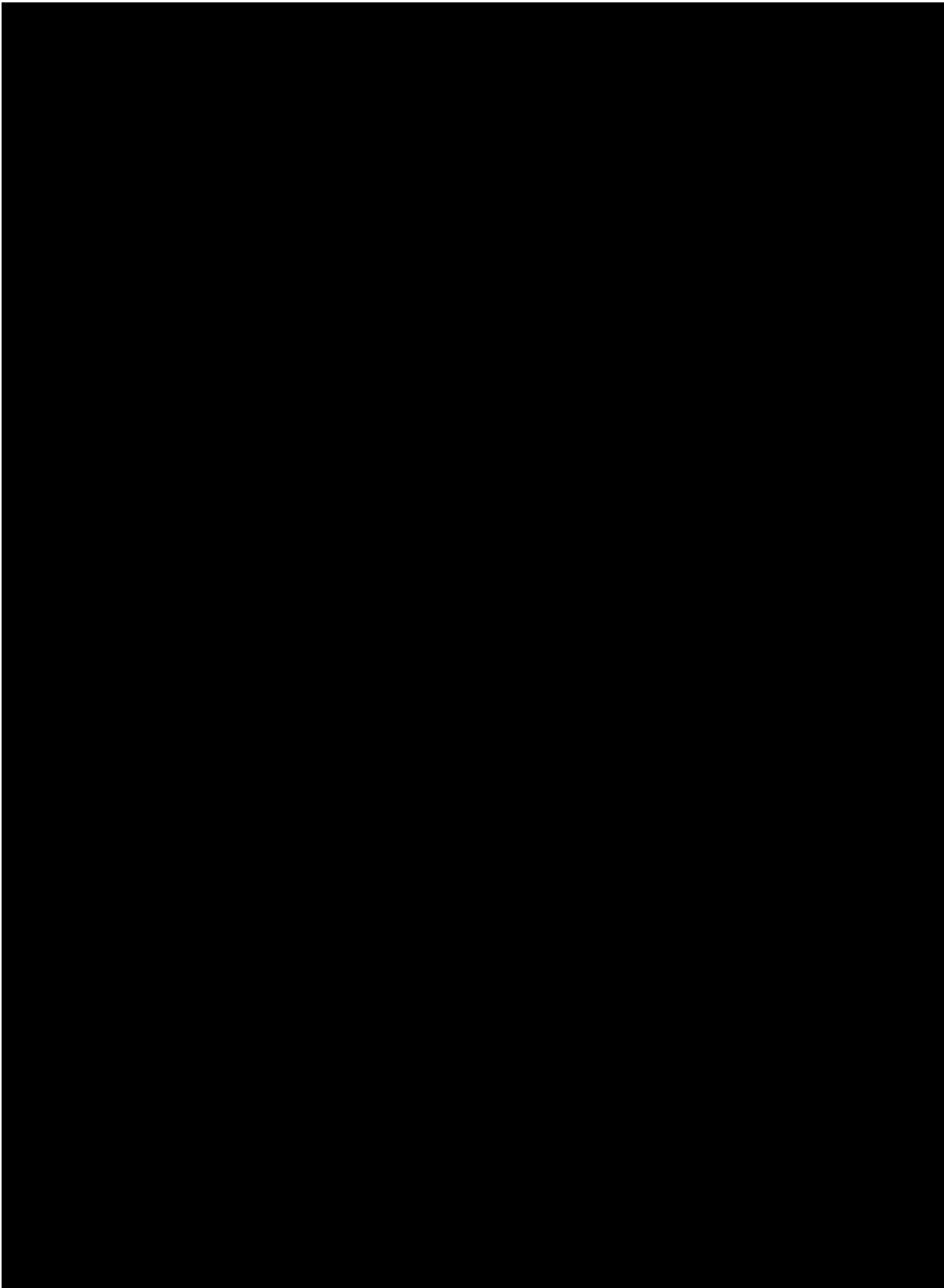
Приложение 1

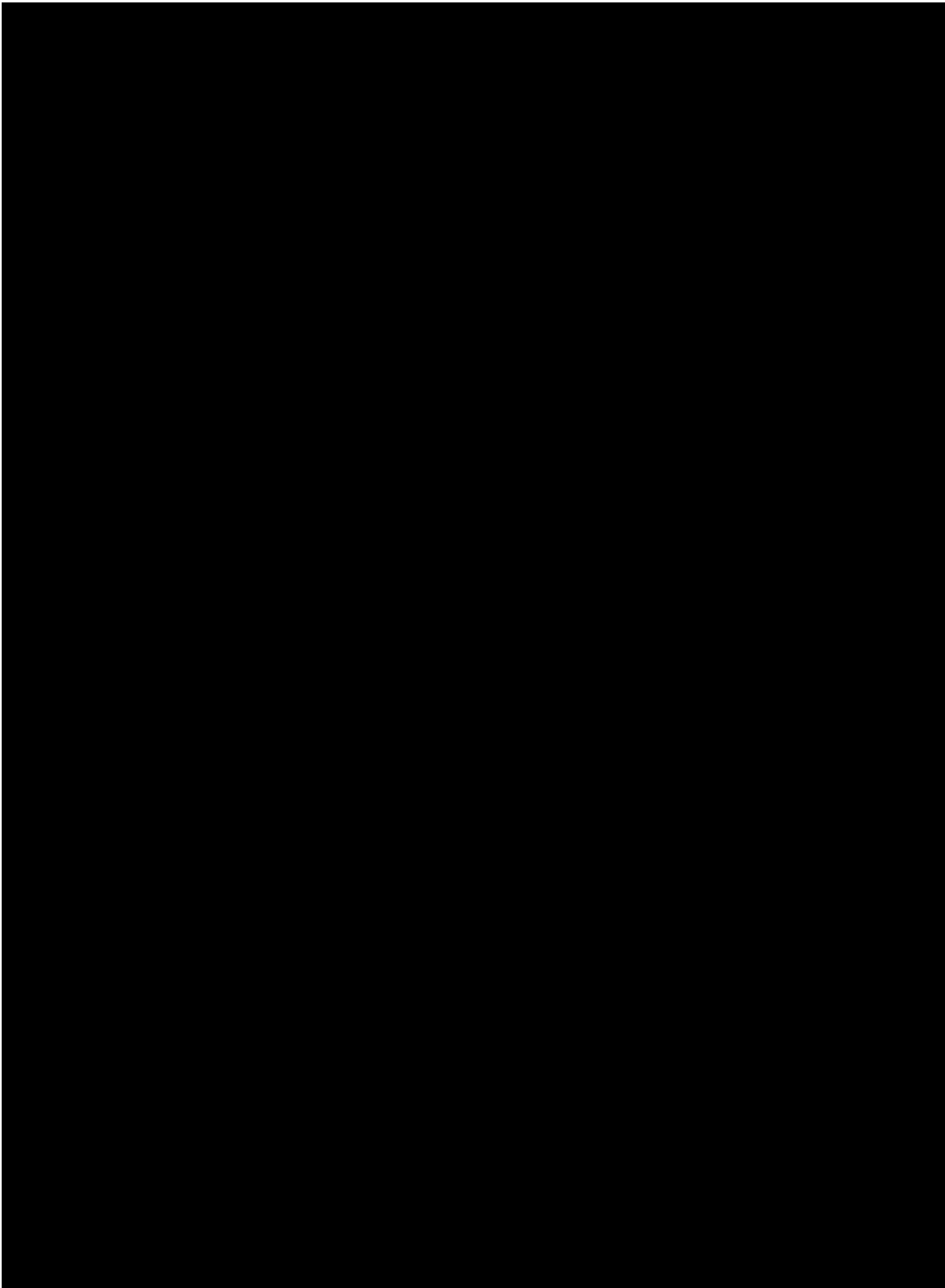
Обзорная карта-схема места проведения работ

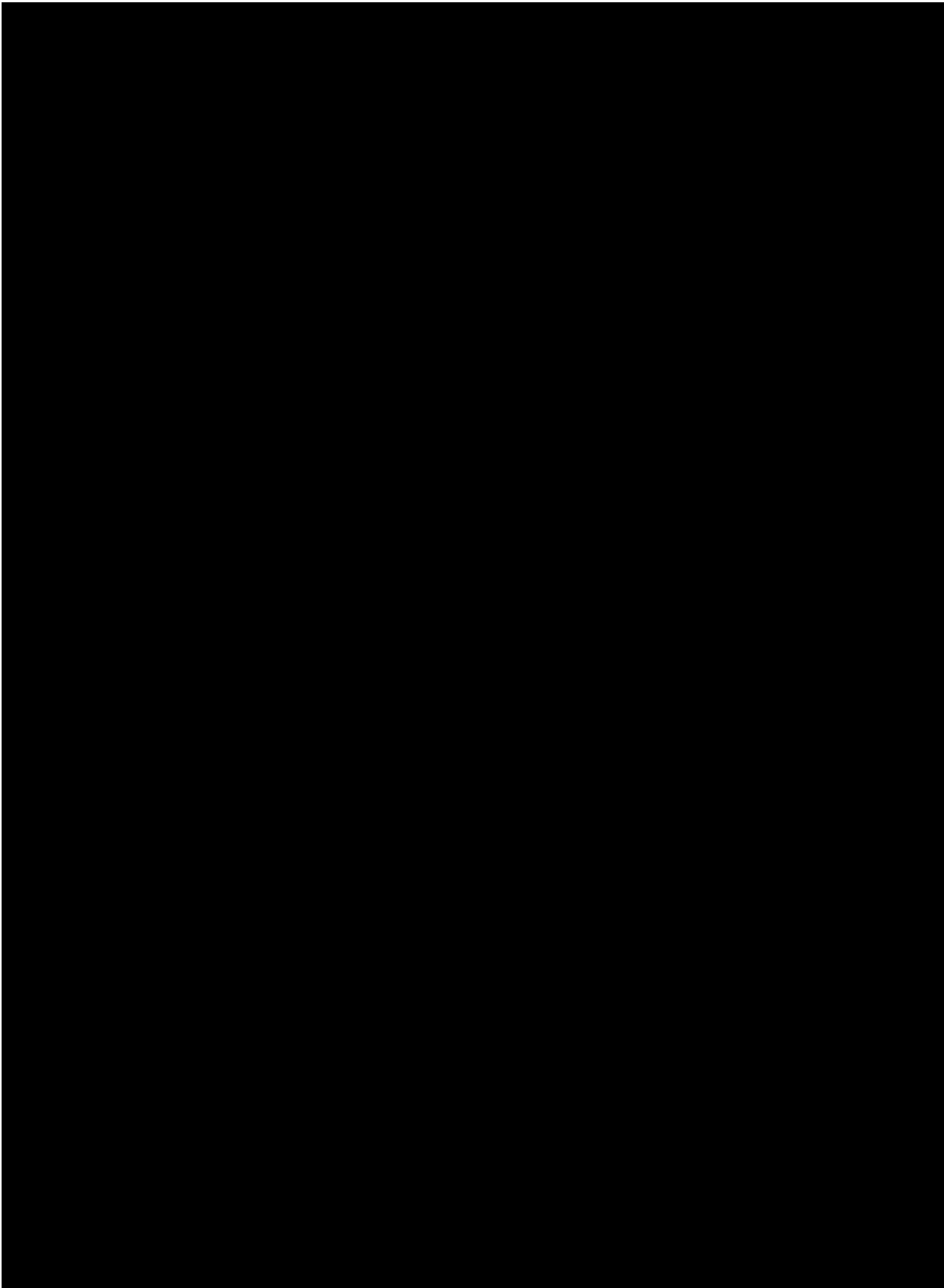


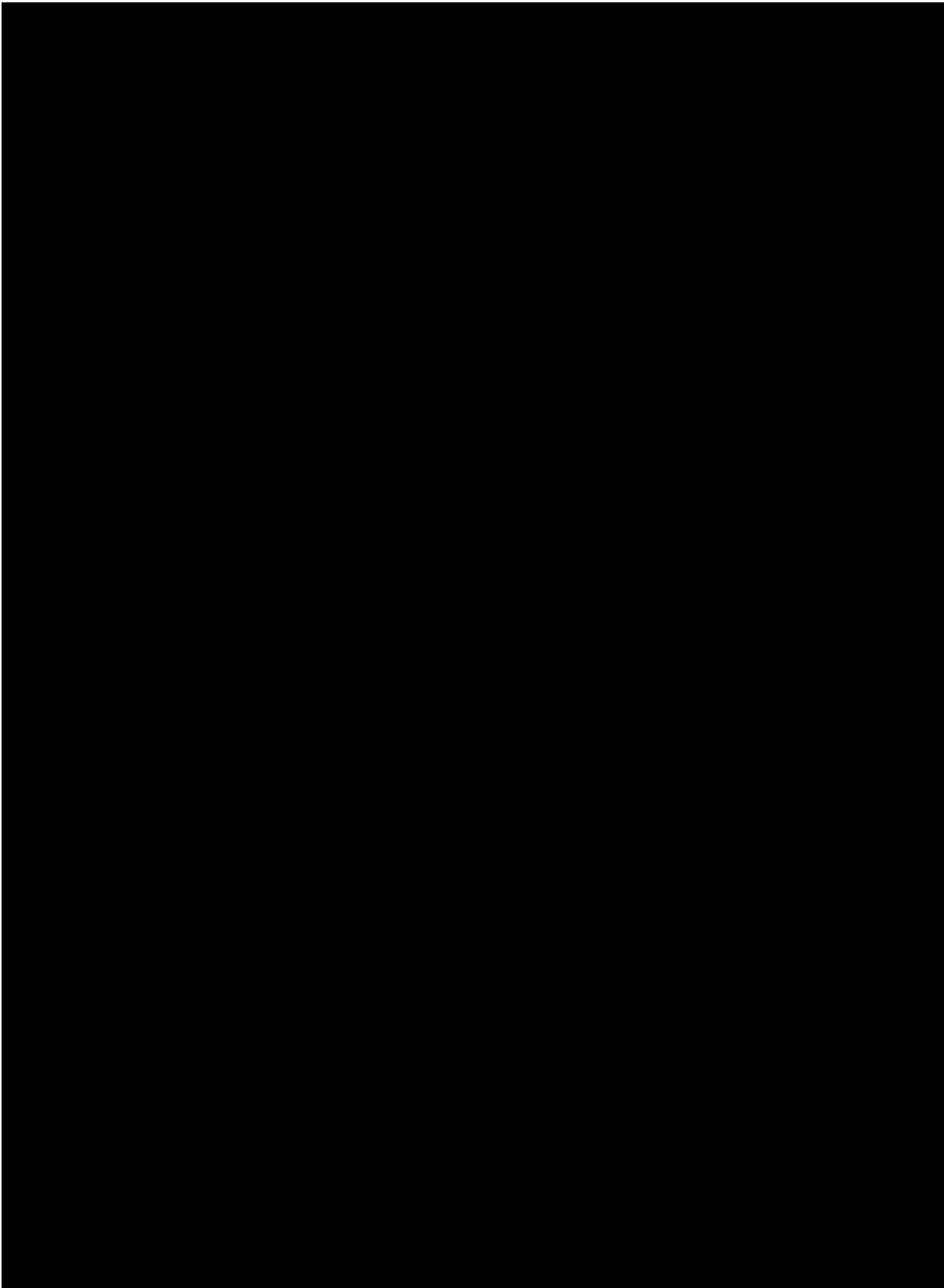
Условные обозначения





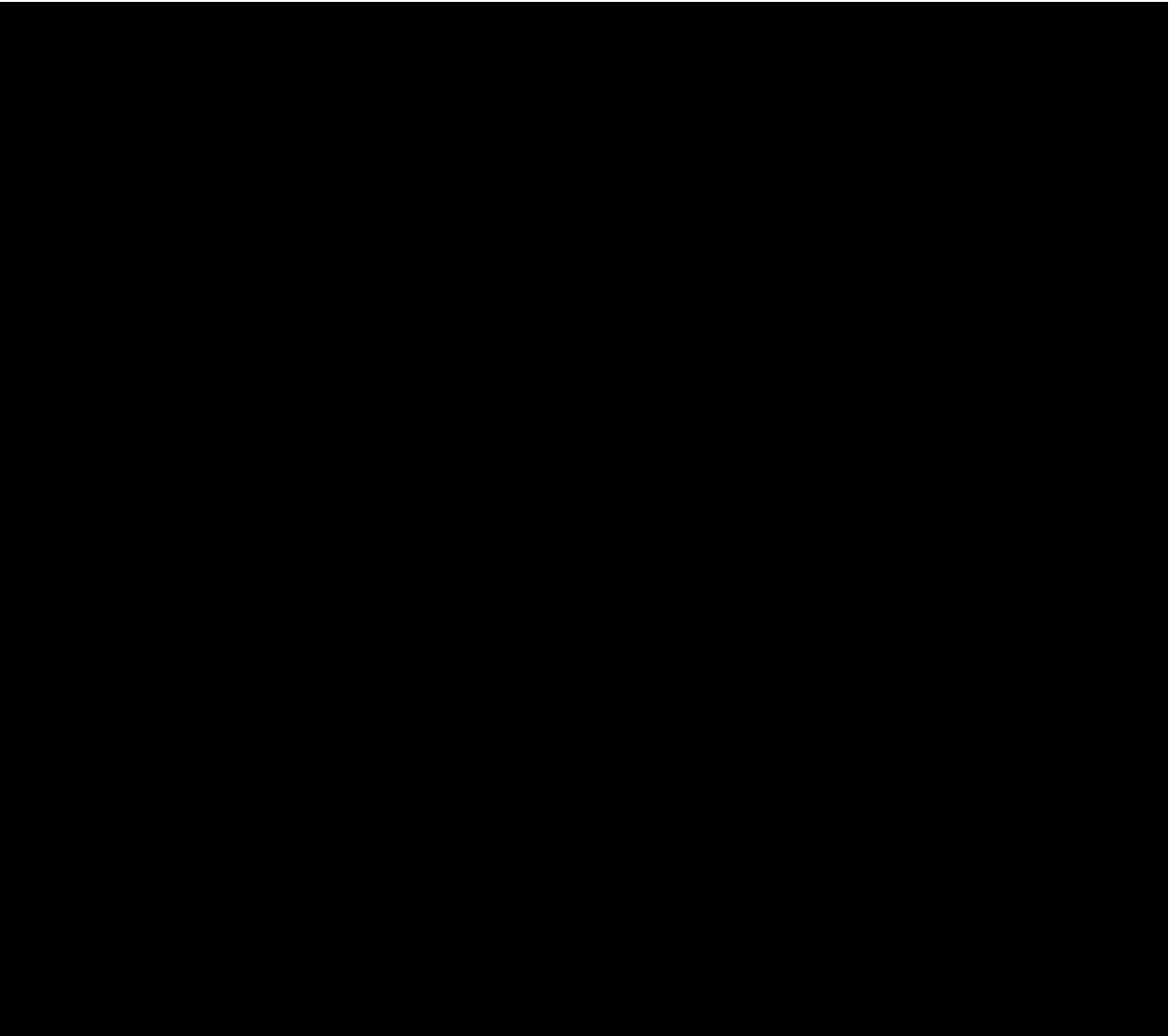






Приложение 3

Ситуационный план



Приложение 4

Лист 1 листов 2

Таблица 6. Нормы технологического режима.

№	Наименование стадий процесса, аппараты, показатели режима	номер позиции прибора на схеме	Единицы измерения	Допускаемые пределы технологических параметров	Требуемый класс точности или погрешность измерительных приборов	примечание
НАСОСНАЯ МАГИСТРАЛЬНАЯ ПЕРЕКАЧКИ						
1	Давление нефти на нагнетании Н-1	PISA-1-SP1	МПа	При работе с ЧРП Триол ----- «прямой пуск» -----	±1,5	1р/2ч с записью в реж. журнале
2	Давление нефти на нагнетании Н-2	PISA - 2-SP1	МПа	При работе с ЧРП Триол ----- «прямой пуск» -----	±1,5	1р/2ч с записью в реж. журнале
3	Давление нефти на нагнетании Н-3	PISA-3-SP1	МПа	При работе с ЧРП Триол ----- «прямой пуск» -----	±1,5	1р/2ч с записью в реж. журнале
4	Давление нефти на нагнетании Н-4	PISA-4-SP1	МПа	При работе с ЧРП Триол ----- «прямой пуск» -----	±1,5	1р/2ч с записью в реж. журнале
5	Давление нефти на нагнетании Н-5	PISA-5-SP1	МПа	При работе с ЧРП Триол ----- «прямой пуск» -----	±1,5	1р/2ч с записью в реж. журнале
6	Давление нефти на приеме Н-1	PISA-1-SP2	КПа	-----	±1,5	

Приложение 4

Лист 2

Продолжение таблицы 6

7	Давление нефти на приеме Н-2	PISA-2-SP2	КПа	-----	±1,5	
8	Давление нефти на приеме Н-3	PISA-3-SP2	КПа	-----	±1,5	
9	Давление нефти на приеме Н-4	PISA-4-SP2	КПа	-----	±1,5	
10	Давление нефти на приеме Н-5	PISA-5-SP2	КПа	-----	±1,5	
11	Температура подшипников насоса и подшипников электродвигателя, температура линии разгрузки насоса	TISA-1-B1, 1-B2, 1-B3, 1-B4, 2-B1, 2-B2, 2-B3, 2-B4, 3-B1, 3-B2, 3-B3, 3-B4, 4-B1, 4-B2, 4-B3, 4-B4, 5-B1, 5-B2, 5-B3, 5-B4, 1-B7, 2-B7, 3-B7, 4-B7, 5-B7	°C	не более 70	±1°C	1 раз в час с записью в сменном журнале
12	Температура сальников насоса	TISA-1-B5, 1-B6, 2-B5, 2-B6, 3-B5, 3-B6, 4-B5, 4-B6, 5-B5, 5-B6,	°C	не более 80	±1°C	1 раз в час с записью в сменном журнале
13	Уровень утечек с сальников насоса	LSA-1-LE1, 2-LE1, 3-LE1, 4-LE1, 5-LE1.	мм	Не более 130	±5,0мм	постоянно
14	Перепад давления на фильтрах насоса	PDISA-1-SP3, 2-SP3, 3-SP3, 4-SP3, 5-SP3.	КПа	Не более 25	±1,5	1р/2ч с записью в реж. журнале
15	Давление в трубопроводе «Нефть» от насосной магистральной перекачки	PISA-2711	МПа	Не более 3,2	±0,5%	1р/2ч с записью в реж. журнале

Приложение 5

Технологическая схема подключения объектов нефтедобычи
к магистральным нефтепроводам на НПС



					Приложение 5	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определение выбросов загрязняющих веществ от технологического оборудования магистральной насосной перекачки

В производственном помещении магистральной насосной установлены пять центробежных насосов ЦНС с торцевым уплотнением вала.

Время работы насосов – ----- ч/год.

Максимальный разовый выброс углеводородов, г/с, от одной единицы технологического оборудования насосной определяется по формуле:

$$M_{сек} = \frac{Q}{3,6} ,$$

где $Q = 0,06$ – удельное выделение загрязняющих веществ через торцевые уплотнения, кг/час;

$$M_{сек} = 0,06 / 3,6 = 0,01667 \text{ г/с};$$

Так как в работе НМП постоянно находятся не менее двух насосных агрегатов, результат следует увеличить вдвое. $2 \cdot M_{сек} = 0,03334 \text{ г/с};$

Годовые (валовые) выбросы от одной единицы оборудования (т/год) определяют по формуле:

$$M_{год} = \frac{Q \cdot T}{10^3} ,$$

где $T = 8040$ – время работы насосов, ч/год.

$$M_{год} = \text{-----} = 0,26805 \text{ т/год} ,$$

Таким образом, максимальный разовый и валовый выбросы углеводородов с учетом одновременной работы двух насосов составят 0.03334 г/с и 0,268 т/год соответственно.