

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

Институт электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)

Кафедра электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация процесса нагнетания жидкости при проведении гидродинамических исследований скважин

УДК 62-83-52:622.4:532.001.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Виноградов Алексей Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дементьев Юрий Николаевич	Кандидат технических наук, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко Аркадий Альбертович	Кандидат экономических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук, доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дементьев Юрий Николаевич	Кандидат технических наук, доцент		

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника (бакалавриат)
Кафедра электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Виноградову Алексею Юрьевичу

Тема работы:

**Автоматизация процесса нагнетания жидкости при проведении
гидродинамических исследований скважин**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1655/с от 09.03.2017г
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017г.
--	--------------

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>	Гидродинамическое исследование скважин. Нагрузка реактивная, режим работы периодический. Основное требование к электроприводу запорного клапана – точность, дешевизна. Диаметр трубопровода.
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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></p>	<p>Ознакомление с существующей системой ГДИС; составление функциональной схемы автоматизации процесса нагнетания при ГДИС; расчет и выбор необходимого оборудования; построение имитационной модели; анализ социальной безопасности; оценка технического уровня.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Функциональная схема электропривода.</p> <p>Имитационная модель электропривода.</p> <p>Графики переходных процессов.</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Проектно-расчетная часть</p>	<p>Дементьев Юрий Николаевич</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Фигурко Аркадий Альбертович</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Андрей Александрович</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>06.03.2017г.</p>
--	---------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дементьев Юрий Николаевич	Кандидат технических наук		06.03.2017г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Виноградов Алексей Юрьевич		06.03.2017г.

Реферат

Ключевые слова: Инжект-тест, гидродинамические исследования, асинхронный электродвигатель, скалярное управление,

Объектом изучения являются гидродинамические исследования скважин.

Цель работы – автоматизация процесса нагнетания жидкости при проведении гидродинамических исследований скважин.

В процессе исследования производились: расчет и выбор оборудования, разработка имитационной модели.

В результате исследования выбрано оборудование для автоматизации процесса нагнетания, методом имитационного моделирования получены графики переходных процессов.

Область реализации: добыча углеводородов.

В работе был просчитан экономический эффект, срок окупаемости составляет полтора года.

Оглавление	
Введение	6
1. Технологический процесс	8
1.1 Технологический процесс гидродинамических исследований	8
1.2 Способы автоматизации гидродинамических исследований	11
1.3 Функциональная схема	18
2. Расчет и выбор оборудования. Выбор метода управления асинхронным двигателем	19
2.1 Регулировочный клапан с электроприводом	19
2.1.1 Определение параметров схемы замещения в абсолютных единицах по справочным техническим данным электродвигателя	21
2.1.2. Расчет естественной механической характеристики	25
2.1.3. Расчет искусственных статических характеристик двигателя и нагрузки электропривода при частотном скалярном управлении	29
2.2. Выбор преобразователя частоты	34
2.3. Выбор контроллера	38
2.4. Выбор расходомера и манометра	40
2.5. Выбор метода управления асинхронным двигателем	42
3. Имитационные исследования электропривода в среде MATLAB	47
3.1. Имитационная модель асинхронного двигателя.	47
3.1.1. Математическое описание процессов электромеханического преобразования энергии в АД	47
3.1.2. Математическая модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат статора ,	50
3.2 Имитационная модель одномассовой механической системы с моментом нагрузки реактивного характера	52
3.3 Система управления электропривода клапана	53
3.4 Исследования электропривода запорного игольчатого клапана на имитационной модели	54
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	61
5. Социальная ответственность	79
Заключение	94
Список использованной литературы	95
Приложение	97

Введение

Гидродинамические исследования скважин (ГДИС) – совокупность многообразных мероприятий, обращенных на измерение установленных параметров (температура, давление, дебит, уровень жидкости и др.) и забор проб флюидов пластовых (газа, нефти, воды и газоконденсата) в действующих или остановленных скважинах и их фиксацию во времени. [15]

С помощью интерпретации ГДИС позволит определить фильтрационные и продуктивные характеристики пластов и скважин (продуктивность, давление пластовое или фильтрационные коэффициенты, газовый фактор, обводненность, гидропроводность, проницаемость, пьезопроводность, скин-фактор), а также особенности удаленной зон пласта и околоскважинной. Данные изыскания являются прямым методом нахождения фильтрационных свойств пород горных в условиях их залегания, характера наполнения пласта (газ, нефть, вода) и свойств физических пластовых флюидов (вязкость, плотность, сжимаемость, объёмный коэффициент, давление насыщения). [15]

Цель данной работы является автоматическое управление процессом гидродинамического исследования скважин.

Основываясь на поставленные цели, нужно разрешить следующие задачи:

- Знакомство с существующей системой ГДИС;
- Создание функциональной схемы автоматизации процесса нагнетания при ГДИС;
- Рассчитать и выбрать необходимое оборудование;
- Создание имитационной модели.
- Рассмотрение социальной безопасности;
- Оценка технического уровня.

Предметом изучения представляется модель автоматизации движения нагнетания при гидродинамических изысканиях скважин (инжект–тест) с применением проходного регулирующего клапана.

Теоретической и методологической базой дипломной деятельности представляется диалектико–материалистический путь к исследованию автоматизации научно-технического движения гидродинамических изучений скважин в основании режима «преобразователь частоты – асинхронный двигатель», общенаучные способы изучения, комплексный аспект, исследование и обобщение, статистические исследования, оценки экспертной.

1. Процесс технологический

1.1 Процесс технологический гидродинамических исследований

Пласт угольный представляет собой нетрадиционный коллектор с двойной пористостью трещиновато–пористого типа. Матричная микропористость угля, заключающая на поверхности метан сорбированный, определяется данными проницаемости в 10^{-9} мкм², проницаемость макропористая созданная структурой трещин эндогенной отдельности и слоистости – кливажем. Габариты пустот колеблются от нескольких ангстрем до миллиметров и характеризуют широкий диапазон данных проницаемости углей, достигающих 0,1 мкм². При анализе конкретного геолого–структурного элемента месторождения метанугольного на данные проницаемости оказывают воздействие много факторов, таких как, метаморфизм, напряженно–деформированное состояние массива, физико–механические свойства углей и микрокомпонентный состав. [4]

В обстоятельствах раскрытых гидрогеологических систем, к каковым принадлежит большая часть метанугольных месторождений Кузбасса, пластовое давление близко к гидростатическому.

При понижении давления в угольном пласте вплоть до предельного давления десорбции наступает процедура фазового перехода метана с сорбированного положения в вольное.

Метан диффузным потоком посылается в трещины разного системы с следующей фильтрацией к скважине. Со временем понижая степень вода в скважине ниже более полного результативного слоя, создается депрессионная углубление, в границах какой главным флюидом в слоях представляется газ.

Следовательно фильтрационные характеристики обнаруженных пластов угля устанавливают область воздействия скважины, динамику выхода скважины в наибольшие дебиты и, равно как результат, используемые технологические процессы исследования месторождений. [4]

Формулировка проницаемости угольных пластов и анализ состояния примерно глубинного места в абсолютно всех стадиях поисково–разведочных трудов и исследования метаноугольных месторождений представляется одной с ключевых геолого–промысловых вопросов. Преимущественным способом извлечения нужной данных о фильтрационных свойствах угольных пластов представлены гидродинамические изучения скважин (ГДИС). [4]

Сведения, приобретенные при гидродинамических изысканиях, применяются равно как исходные с целью гидродинамического прогнозирования, дают возможность подбирать технологические процессы интенсификации притока газа и реализовывать подбор рационального режима деятельность научно-технического оборудования скважины в этапы изучения и эксплуатации скважины. [4]

При изыскании огромного числа объектов в разведывательных скважинах принципиально подобрать наилучший способ ГДИС, что даст возможность обрести в короткие сроки правильные значения фильтрационных данных результативных горизонтов. В первичных стадиях исследования месторождений вплоть до вызова притока флюида с угольных пластов, если главная система трещинных каналов заполнена пластовый жидкостью успешным способом изучения фильтрационных данных угольных пластов представляется инжект–тест. Целью предоставленной заметки представляется анализ специфик выполнения гидродинамических изучениях в репрессии в средне– и низкопроницаемых коллекторах, а кроме того формирование вероятных альтернатив автоматизации движения нагнетания, что же повысит результативность и достоверность инъекционного теста. [4]

Инжект–тест реализуется нагнетанием воды в слой в течении установленного этапа времени и следующим закрытием скважины и регистрацией кривой перемены забойного давления. В академических работах иностранные эксперты подмечают, что же рядом проведении подобных тестирований микрофильтрационный течение в концепции трещин является монофазным, трактовка подобных изучений существенно упрощается

согласно сопоставлению с технологиями ГДИС рядом многофазном струе, что принимают во внимание условные фазовые проницаемости.[4] Модель компоновки находящийся под землей оснащения, применяемого рядом проведении инжект–теста, показана в рисунке 1.

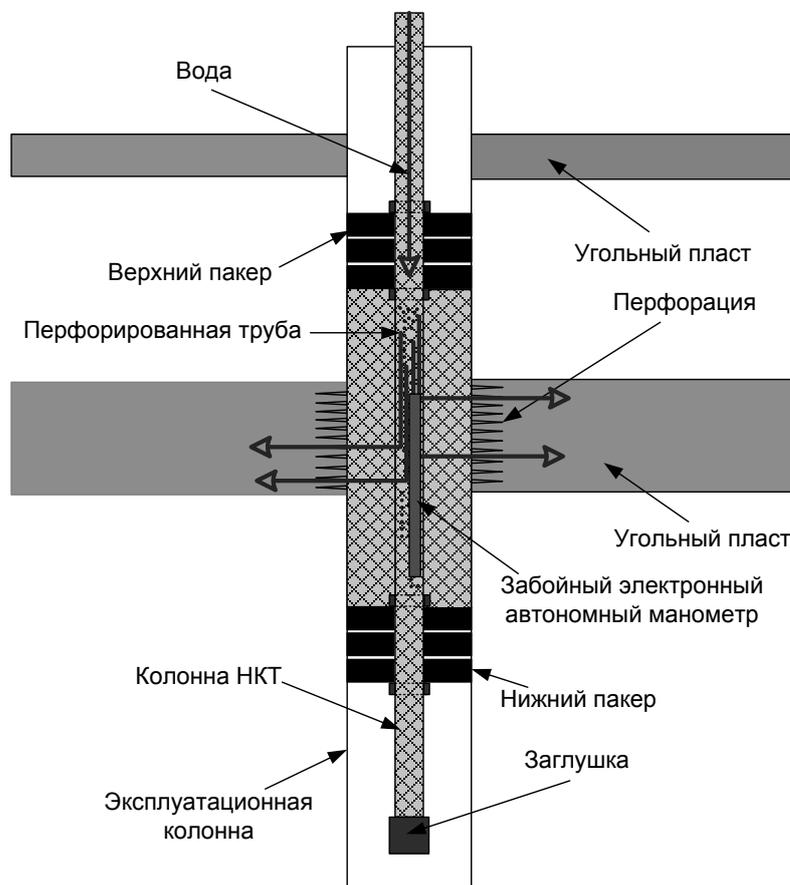


Рисунок 1 –Компоновки оборудования подземного, применяемого при проведении инжект–теста

1.2 Способы автоматизации гидродинамических исследований

С целью исполнения точной интерпретации гидродинамических изысканий проводимых в скважинах следует обладать достоверные входные характеристики, характеризующие физические характеристики горного массива вмещающего угольные пласты и фильтрующиеся в нем флюиды. Около планировании ГДИС следует узнать период нагнетания воды в угольный слой, момент регистрации кривой падения давления, затраты воды около закачке. [4]

При точном воссоздании гидродинамических действий, совершающихся в пласте в период проверки, подразумевается, что же слой представляется горизонтальным с стабильной мощностью, безграничным согласно длине, гомогенным и нетензорным согласно собственной текстуре и без патологий (экранов, сбросов и т.д.) в области изучения. [4]

Первым шагом рядом планировании инжект–теста представляется анализ времени воздействия размера ствола скважины.

Следует заметить, что же в случае если потребление воды выбран верно и достаточно удерживается непрерывным, в таком случае устьевое давление в скважине около проведении проверки достаточно быть избыточным, что же ликвидирует модификация коэффициента воздействия ствола скважины, а наиболее суть упростит дальнейшую интерпретацию информации ГДИС. [4]

В этап скачки рядом формировании возмущения в прискважинной области следует осуществлять непрерывный наблюдение устьичного и забойного давления и содействовать непрерывный потребление воды. Потому как угольные пласты владеют невысокой проницаемостью и высокой сжимаемостью порово–трещинного места (в границах с $1,5 \cdot 10^{-4}$ 1/кПа до $5 \cdot 10^{-5}$ 1/кПа), в таком случае в том числе и незначимая накачивание воды в изучаемый предмет приводит к выявлению трещинных каналов в следствии что, совершается модификация быстроты фильтрации струи воды в концепции скважина–пласт и наблюдаются перемены в труде насосного оснащения. [4]

Имеющиеся методы выполнения инъект–теста, применяемые в нынешнее период подразумевают деятельность оператора, что необходимо в процесс долгого времени с поддержкой вентиля содействовать нужный расход и влияние в концепции. Т.к. прежде заключения таких вопросов в открытой литературе никак не рассматривались, с целью автоматизации движения нагнетания около гидродинамических изучениях авторами находились изобретены схемы с применением мехатронных участков, что дают возможность с высочайшей правильностью заавтоматизировать процедура инъектирования. Осмотрим автоматизацию движения нагнетания детальнее. [4]

Один с элементарных заключений автоматизации гидродинамических изучениях скважин в репрессии представляется эксплуатацию контролируемого насоса высочайшего давления. Модель автоматизации показана в рисунке 2.

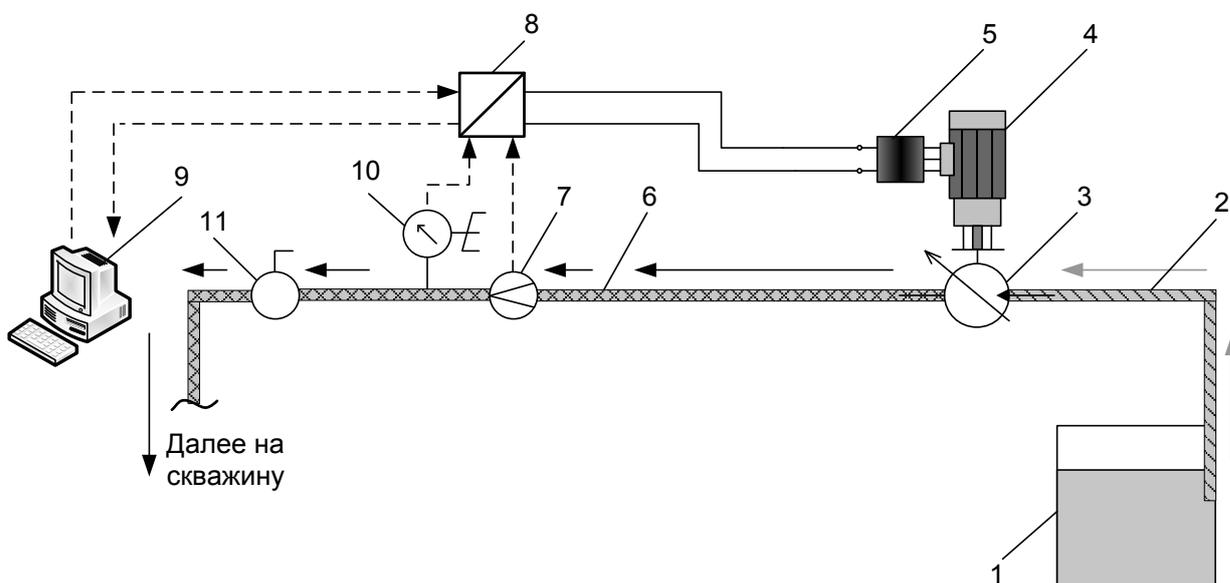


Рисунок 2 – Схема автоматики процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях скважин методом репрессии с применением регулируемого насоса высокого давления

С емкости 1 точно по трубопроводу невысокого давления 2 вода подводится к регулируемому насосу высочайшего давления 3, приводимого в передвижение асинхронным мотором (АД) 4, темп которого регулируется преобразователем частоты 5. Затем точно по трубопроводу высочайшего давления 6 раствор следует через счетчик 7 в скважину. Сведения с расходомера 7 сбиваются, обрабатываются предрешаемым логичным контроллером 8, в котором создается поручение с целью преобразователя частоты 5. С целью зрительного отражения данных в реалистичном времени, и журнал информации в установленном формате, применяется индивидуальный ЭВМ 9. В последствии свершения в скважине требуемого давления снимаемого электрическим манометром 10, инжекторный коллектор прикрывается рядом поддержки шаровидного крана 11. Процедура инжeksiрования окончена. [4]

Эта модель представляется легкой и логичной с одной стороны, однако она имеет значимым минусом. Имеющиеся общепромышленные насосы никак не сумеют гарантировать небольшое потребление рядом высочайшем давлении. Потребление обязан отмечаться расходомером 7 и быть 50–300 л/час рядом давлении наиболее 10 МПа. Планирование сильно контролируемого электропривода насоса высочайшего давления представляется трудозатратной и несостоятельной проблемой. [4]

В рисунке 3 показана модель автоматизации гидродинамических исследований скважин способом инжeksiрования с применением проходного регулирующего клапана. Модель функционирует последующим способом. [4]

Из емкости 1 согласно трубопроводу невысокого давления 2 раствор подводится к неконтролируемому насосу высочайшего давления 3, затем согласно трубопроводу высочайшего давления 4 раствор подводится к тройнику 5, делящему раствор в 2 струи действующий и сбросный. [4]

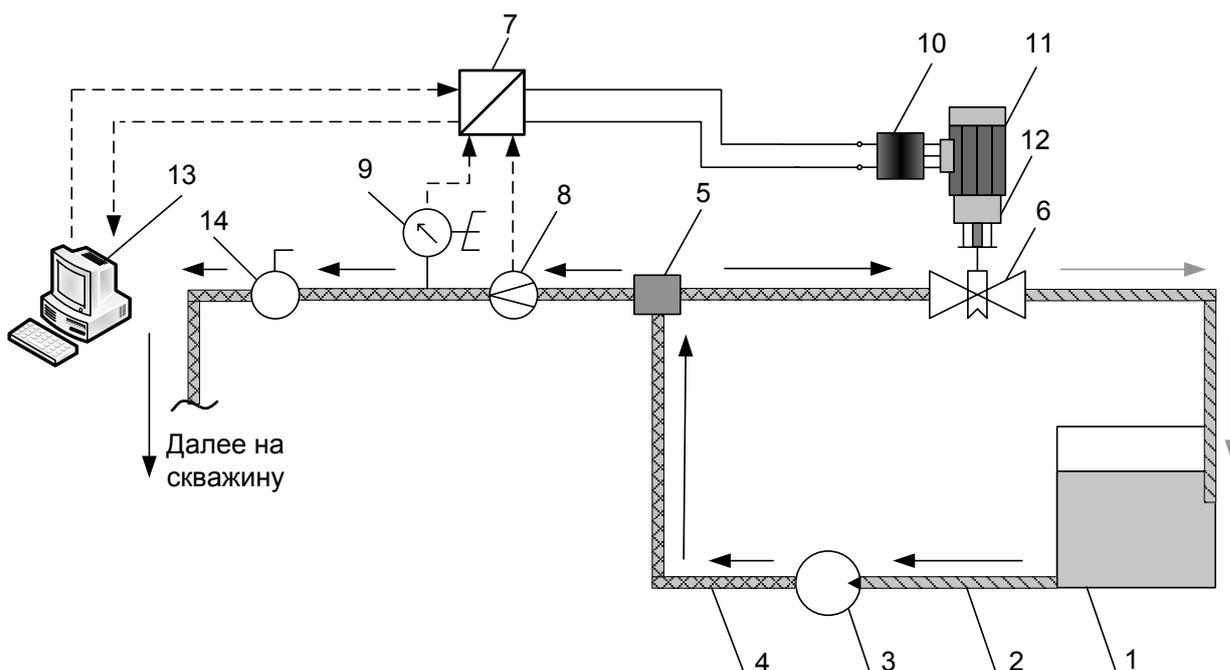


Рисунок 3 – Схема автоматизации процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях скважин (инжект–тест) с использованием проходного регулировочного клапана

Действующий поток воды после этого тройника посылается При помощи расходомер в скважину. Таким (образом равно как эффективность нерегулируемого насоса более необходимого расхода нагнетания воды в скважину, в таком случае Элемент воды следует по части возвратному трубопроводу При помощи проходной корректировочный вентиль 6 в резервуар 1. Подобным способом, меняя число скидываемой воды, допускается поддерживать потребление нагнетания воды в скважину в установленном степени. [4]

Надзор расхода нагнетания воды поступающей в скважину, гарантирует закономерно вытекающий регулятор 7, опираясь в сведений получаемых с расходомера 8 и измерителя давления 9. Сигналы снимаются, обрабатываются, и создается поручение в устройство частоты 10, что в собственную очередность правит асинхронным мотором 11. Затем мотор При помощи понизительный регулятор 12 крутит шток регулирующего клапана 6, для того наиболее меняя число проходящей воды. С целью зрительного

отражения данных в действительном времени, и журнал информации, применяется индивидуальный эвм 13. [4]

После достижения в скважине требуемого давления снимаемого электрическим манометром 9, инжекторный коллектор прикрывается около поддержки шаровидного крана 14. [4]

Предложенная схема обладает рядом недостатков, таких как низкий КПД системы,

Порекомендованная модель владеет вблизи минусов, подобных равно как небольшой КПД системы, т.к. бóльшая часть жидкости, отдаваемая насосом 3 сливается обратно в резервуар 1.

Расходомер 8 обязан быть верным устройством, дающий определять незначительный расходование 50–300 л/час рядом высочайшем давлении (наиболее 10 МПа). Тем не менее, приведенная модель дает возможность с высочайшей правильностью осуществлять процедура инжектирования, а электро– и оборудование, нужное с целью осуществлении представляется недорогим. [4]

Для вывода дорогого расходомера, что подключен в трубопроводе высочайшего давления, допускается модифицировать схему, посредством перенесения расходомера в сбросной коллектор. Модифицированная модель показана в рисунке 4. Эта модель дает возможность эксплуатировать наиболее недорогой дебитомер 8, что достаточно определять наиболее большой потребление с наименьшим давлением, однако сведение о действительном расходе воды, прибывающей в скважину станем распознавать непрямо. Непрямое определение расхода ряд сократит достоверность движения нагнетания. [4]

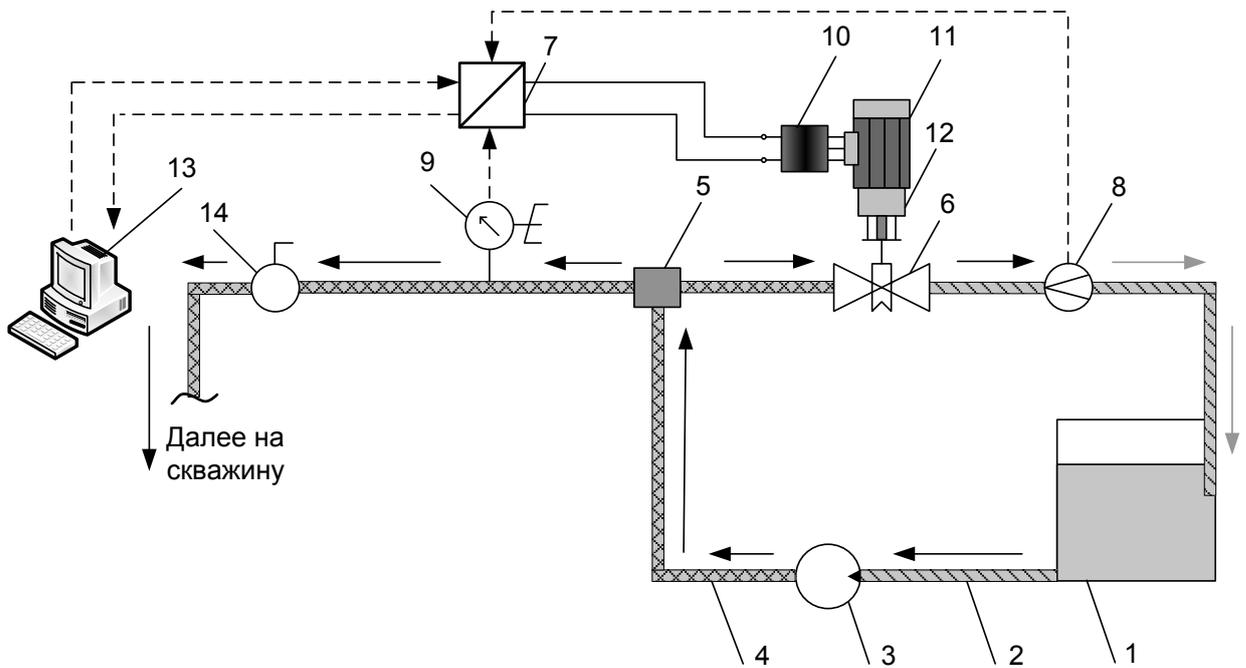


Рисунок 4 – Схема автоматизации процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях скважин (инжект–тест) с использованием проходного регулировочного клапана

В рисунке 5 показана модель автоматизации гидродинамических изысканий скважин нагнетанием с внедрением регулирующего трехходового клапана. Деталь 5 и корректировочный вентиль 6 (изображение 4) соединены в 1 приборе – многоходовый вентиль 5 (изображение 5), что регулирует распределение струи воды в действующий и сбросовый. Этот автоматический участок упрощает схему автоматизации движения инжектирования в полном, однако представляется дорогим и уступает схемам, пригнанным в рисунках 3 и 4. [4]

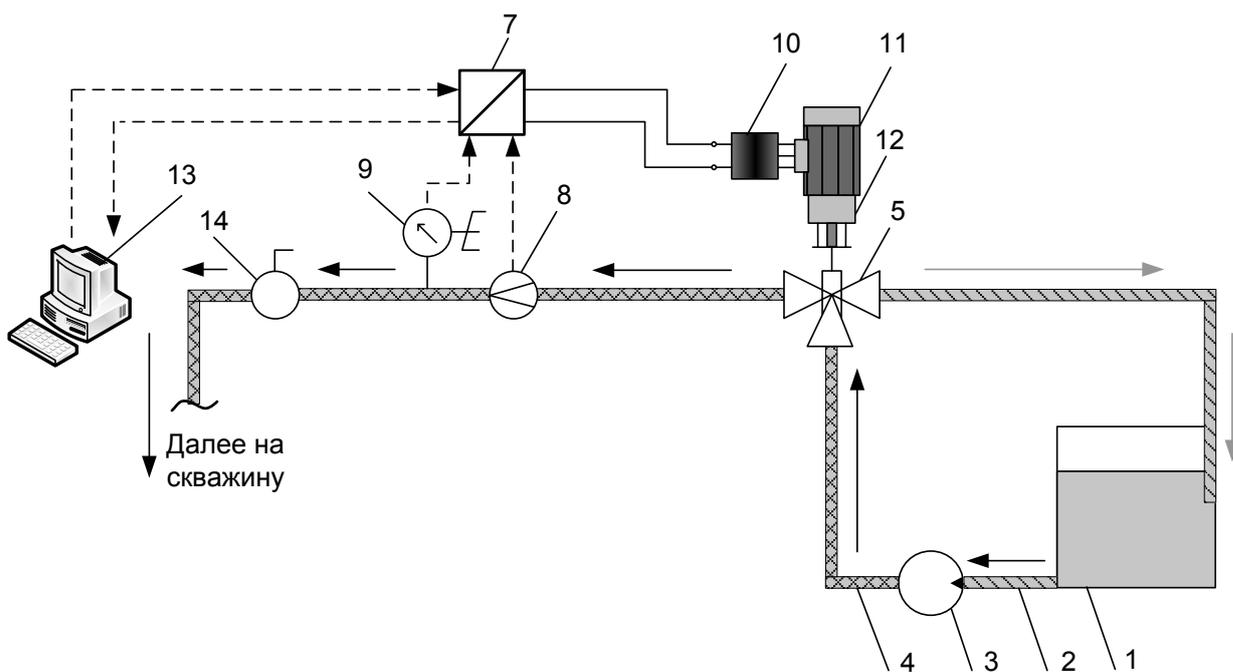


Рисунок 5 – Схема автоматизации процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях скважин (инжект–тест) с использованием регулирующего трехходового клапана

1.3 Функциональная схема

В предоставленной дипломной работе существовала подобрана модель автоматизации движения нагнетания рядом гидродинамических изысканиях скважин с применением проходного регулирующего клапана. Многофункциональная модель подобный системы показана в рисунке 6.

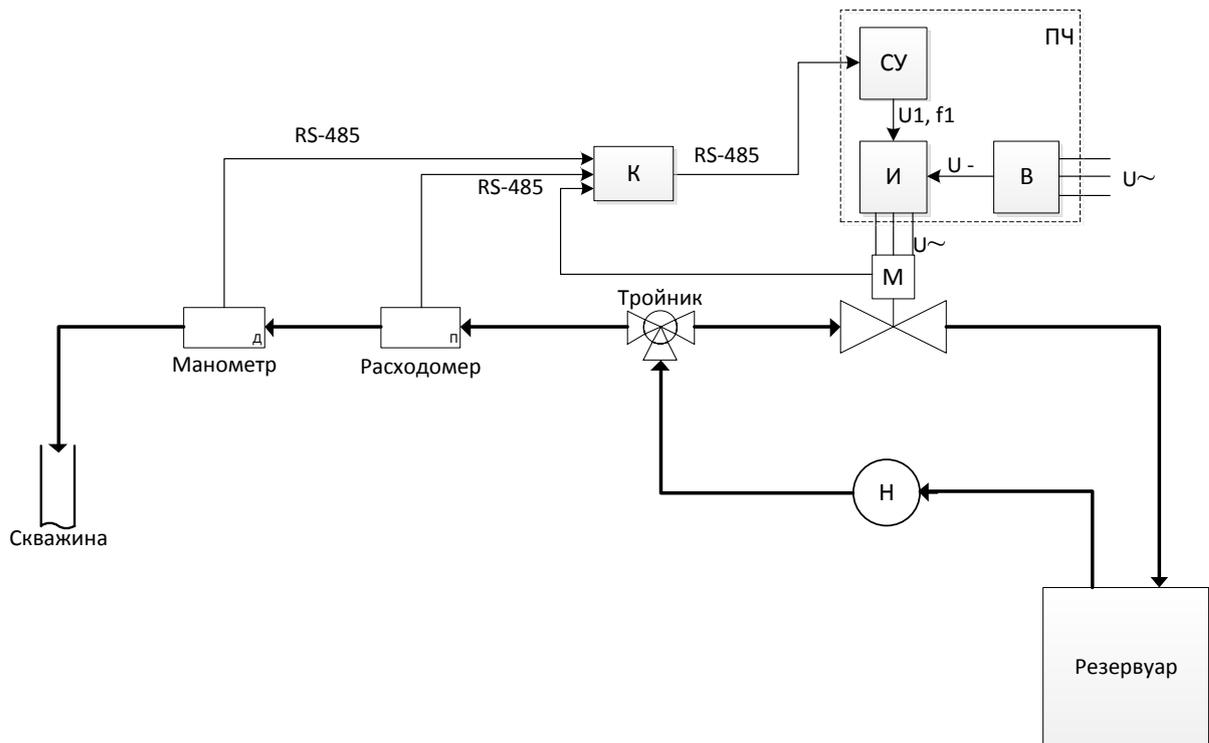


Рисунок 6 – Функциональная схема автоматизации процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях скважин с использованием проходного регулировочного клапана

Насос Н подает воду с резервуара в скважину. При помощи тройника, счетчик и манометр. Следует содействовать непрерывное влияние и потребление вода. В управляющее устройство К зачисляются информация с расходомера, манометра и крайних выключателей иглообразного клапана. В случае если совершается расхождение контролируемой величины в незначительное роль управляющее устройство подает знак в конвертор частоты ПЧ и мотор М запускается около пониженной частоте. В случае если ведь следует поменять место иглы клапана в огромное значимость мотор действует при увеличенной частоте.

2. Расчет и выбор оборудования. Выбор метода управления асинхронным двигателем

2.1 Регулирующий клапан с электроприводом

Для реализации данной схемы выбран игольчатый регулирующий клапан с электроприводом марки ПЭМ-А16. Привод изображен на рисунке 7. Параметры данного привода приведены в таблице 1.

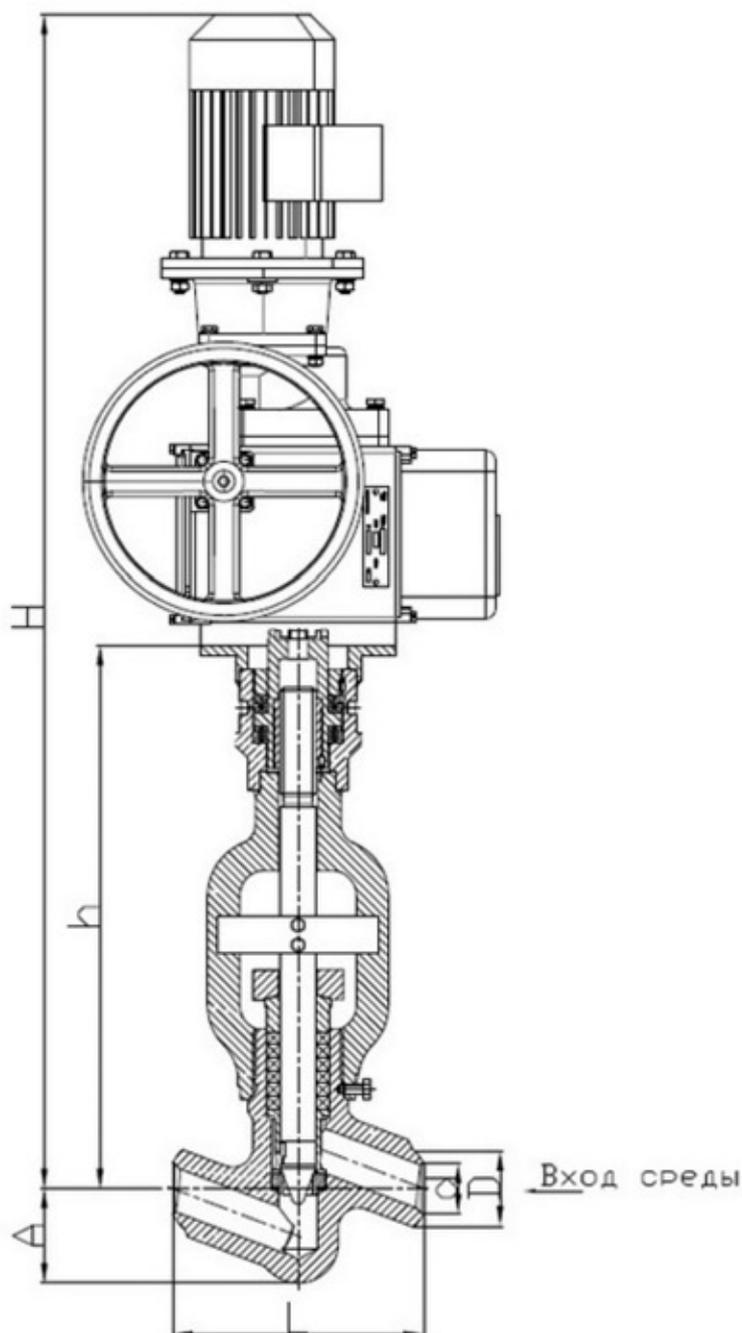


Рисунок 7 – Игольчатый регулирующий клапан с электроприводом марки ПЭМ-А16

Таблица 1 – Параметры электропривода марки ПЭМ–А16

Диапазон настройки крутящего момента на выходном валу, Н·м	Частота вращения выходного вала, об/мин	Число оборотов выходного вала, необходимое для закрытия (открытия) арматуры, об		Передаточное число от маховика ручного привода к выходному валу	Мощность электродвиг ателя кВт, не более	Масса, кг
		мин.	макс.			
70–110	24 ± 4,8	10	45	56	0,25	22

Назначение привода

Приводы изготавливаются для работы в кратковременном режиме работы при максимальной нагрузке продолжительностью не более 5% полного хода выходного вала. [6]

Длительный режим работы для приводов допускается при нагрузке на выходном валу не более 60% от максимального момента.

Приводы предназначены для дистанционного и местного управления запорно-регулирующей трубопроводной арматурой, устанавливаемой в закрытых помещениях и на открытых площадках под навесом.

Приводы устанавливаются непосредственно на трубопроводной арматуре или на промежуточных конструкциях с любым расположением привода в пространстве, определяемым положением трубопроводной арматуры.

Приводы позволяют осуществлять:

- открытие и закрытие прохода арматуры с дистанционного пульта управления и остановку запорного устройства арматуры в любом промежуточном положении;

- автоматическое отключение двигателя при достижении заданного крутящего момента на выходном валу привода или при заедании подвижных частей арматуры;

– автоматическое отключение электродвигателя при достижении запорным устройством арматуры крайних положений («Открыто», «Закрыто»);

– сигнализацию на пульте управления о положении рабочего органа запорного устройства арматуры и о срабатывании ограничителей крутящего момента;

– указание положения рабочего органа запорного устройства арматуры на шкале местного указателя;

– указание положения рабочего органа запорного устройства арматуры по выходному сигналу; [6]

2.1.1 Определение параметров схемы замещения в абсолютных единицах по справочным техническим данным электродвигателя

В электроприводе марки ПЭМ–А16 используется асинхронный электродвигатель марки АИР63В6. Справочные данные двигателя приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Справочные данные двигателя

Тип электродвигателя	n_n , об/мин	n_0 , об/мин	f_{1n} , Гц	z_p	$P_{дв.н}$, кВт	U_{1n} , В
АИР63В6	860	1000	50	3	0,25	220

Продолжение таблицы 2

I_n , А	M_n , Нм	s_n , о.е.	s_k , о.е.	$\cos \varphi_n$, о.е.	$\cos \varphi_{0,75}$, о.е.	η_n , о.е.
1,036	2,776	0,14	0,842	0,62	0,52	0,59

Продолжение таблицы 2

$\eta_{0,75}$, о.е.	$J_{дв}$, кгм ²	m_n	m_k	$m_{мин}$	k_i	Степень защиты
0,59	0,0022	2	2,2	1,6	4	IP55

Так как в справочной литературе отсутствуют параметры схемы замещения электродвигателя в относительных единицах, то они в абсолютных единицах могут быть определены по справочным техническим данным двигателя по приведенным ниже выражениям. [9]

Номинальный ток двигателя

$$I_{1n} = \frac{P_{двн}}{3 \cdot U_{1\phiн} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} = \frac{250}{3 \cdot 220 \cdot 0.62 \cdot 0.59} = 1.036, \text{ А} \quad (2.1)$$

Ток холостого хода двигателя

$$I_0 = I_{1n} \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{I_{1p^*}}{I_{1n}}\right)^2 - \left[\frac{p^* \cdot (1 - s_n)}{(1 - p^* \cdot s_n)}\right]^2}{1 - \left[\frac{p^* \cdot (1 - s_n)}{(1 - p^* \cdot s_n)}\right]^2}} = 1.036 \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{0.926}{1.036}\right)^2 - \left[\frac{0.75 \cdot (1 - 0.14)}{(1 - 0.75 \cdot 0.14)}\right]^2}{1 - \left[\frac{0.75 \cdot (1 - 0.14)}{(1 - 0.75 \cdot 0.14)}\right]^2}} = 0.791, \text{ А} \quad (2.2)$$

где

$$I_{1p^*} = \frac{p^* \cdot P_{двн}}{3 \cdot U_{1\phiн} \cdot (\cos \varphi_{p^*} \cdot \eta_{p^*})} = \frac{0.75 \cdot 250}{3 \cdot 220 \cdot (0.52 \cdot 0.59)} = 0.926, \text{ А} - \text{ток фазы статора при}$$

частичной нагрузке;

p^* – степень загрузки;

η_{p^*} , $\cos \varphi_{p^*}$ – КПД и коэффициент мощности в режиме частичной загрузки. При отсутствии данных об энергетических показателях при частичной нагрузке могут быть использованы их усредненные значения для низковольтных асинхронных электродвигателей. [9]

Приведенное к обмотке статора активное сопротивление обмотки ротора в номинальном режиме

$$R_2' = \frac{3 \cdot U_{1\phiн}^2 \cdot (1 - s_n)}{2 \cdot m_k \cdot P_{двн} \cdot C_1^2 \cdot \left(\beta + \frac{1}{s_k}\right)} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0.14)}{2 \cdot 2.2 \cdot 250 \cdot 1.095^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{0.842}\right)} = 43.237, \text{ Ом} \quad (2.3)$$

где

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{\text{фн}}} = 1 + \frac{0.791}{2 \cdot 4 \cdot 1.036} = 1.095 \text{ – коэффициент, характеризующий}$$

соотношение $(X_\mu + X_{1\sigma}) / X_\mu$;

$$s_k = s_n \cdot \frac{m_k + \sqrt{m_k^2 - [1 - 2 \cdot s_n \cdot \beta \cdot (m_k - 1)]}}{1 - 2 \cdot s_n \cdot \beta \cdot (m_k - 1)} =$$
$$= 0.14 \cdot \frac{2.2 + \sqrt{2.2^2 - [1 - 2 \cdot 0.14 \cdot 1 \cdot (2.2 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0.14 \cdot 1 \cdot (2.2 - 1)} = 0.842 \quad (2.4)$$

– критическое скольжение;

$\beta = 0.6 \div 2.5$ – коэффициент, характеризующий соотношение активных сопротивлений статора и ротора. Значение коэффициента β рекомендуется

принимать, ориентируясь на соотношение сопротивлений $\frac{R_1'}{R_2}$, приводимых в

справочных данных для двигателей, соответствующей мощности и синхронной скорости. В общем случае для двигателей с малым значением номинального скольжения следует выбирать $\beta \geq 1$, а для двигателей с повышенным скольжением – $\beta \leq 1$. [9]

Активное сопротивление обмотки статора в номинальном режиме

$$R_1 = R_2' \cdot \beta \cdot C_1 = 43.237 \cdot 1 \cdot 1.095 = 47.365, \text{ Ом} \quad (2.5)$$

Индуктивное сопротивление короткого замыкания в номинальном режиме

$$X_{\text{кн}} = R_2' \cdot \gamma \cdot C_1 = 43.273 \cdot 0.641 \cdot 1.095 = 30.368, \text{ Ом}, \quad (2.6)$$

$$\text{где } \gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{s_k}\right)^2 - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0.842}\right)^2 - 1^2} = 0.641 \text{ – коэффициент,}$$

характеризующий соотношение

$$X_{\text{кн}} / R_2'.$$

Индуктивное сопротивление рассеяния обмотки статора в номинальном режиме

$$X_{1\sigma} = 0.42 \cdot X_{\text{кн}} = 0.42 \cdot 30.368 = 12.754, \text{ Ом}. \quad (2.7)$$

Индуктивность обмотки статора, обусловленная потоком рассеяния, в номинальном режиме

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1н}} = \frac{12.754}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0.041, \text{ Гн.} \quad (2.8)$$

Приведенное к обмотке статора индуктивное сопротивление рассеяния обмотки ротора в номинальном режиме

$$X'_{2\sigma} = 0.58 \cdot \frac{X_{кн}}{C_1} = 0.58 \cdot \frac{30.368}{1.095} = 16.078, \text{ Ом.} \quad (2.9)$$

Приведенная индуктивность обмотки ротора, обусловленная потоком рассеяния, в номинальном режиме

$$L'_{2\sigma} = \frac{X'_{2\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1н}} = \frac{16.078}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0.051, \text{ Гн.} \quad (2.10)$$

Индуктивное сопротивление контура намагничивания (главное индуктивное сопротивление)

$$X_{\mu} = \frac{E_1}{I_0} = \frac{181,771}{0,791} = 229.869, \text{ Ом,} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} \text{где } E_1 &= \sqrt{(U_{1\text{фн}} \cdot \cos \varphi_n - I_{1\text{фн}} \cdot R_1)^2 + (U_{1\text{фн}} \cdot \sin \varphi_n - I_{1\text{фн}} \cdot X_{1\sigma})^2} = \\ &= \sqrt{(220 \cdot 0.62 - 1.036 \cdot 47.365)^2 + (220 \cdot 0.78 - 1.036 \cdot 12.754)^2} = 181.771, \text{ В} \end{aligned} \quad (2.12)$$

– ЭДС ветви намагничивания, наведенная потоком воздушного зазора (главным полем), в номинальном режиме, В. [9]

Результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре

$$L_m = \frac{X_{\mu}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1н}} = \frac{229.869}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0.732, \text{ Гн.} \quad (2.13)$$

Проверка адекватности расчетных параметров двигателя:

При найденных параметрах рассчитываются значения номинального электромагнитного момента двигателя:

$$M_{эм.н}^* = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 43.237}{\omega_0 \cdot s_n \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_n} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_n \cdot X_\mu} \right)^2 \right]} = 3.048, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad ; \quad (2.14)$$

$$M_{эм.н}^{**} = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{(L_m + L_{2\sigma})} \cdot \Psi_{2н} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1н}^2 - I_0^2} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 3 \cdot \frac{0.7317}{(0.7317 + 0.051)} \cdot 0.818 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{1.036^2 - 0.791^2} = 3.015, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad ; \quad (2.15)$$

$$\text{где } \Psi_{2н} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_m = \sqrt{2} \cdot 0.791 \cdot 0.7317 = 0.818, \text{ Вб.} \quad (2.16)$$

Должны выполняться условия:

$$M_{дв.н} < M_{эм.н}^* \leq 1.1 \cdot M_{дв.н}; \quad M_{эм.н}^{**} \approx M_{эм.н}^*$$

В результате расчета будут определены параметры двигателя, ток холостого хода I_0 и номинальное значение потокосцепления ротора $\Psi_{2н}$. [9]

2.1.2. Расчет естественной механической характеристики

Таблица 3 – Расчетные параметры двигателя

β	$R_1, \text{ Ом}$	$X_{1\sigma}, \text{ Ом}$	$L_{1\sigma}, \text{ Гн}$	$L_m, \text{ Гн}$	$R'_2, \text{ Ом}$	$X'_{2\sigma}, \text{ Ом}$
1	47,365	12,754	0,041	0,7317	43,237	16,078

Продолжение таблицы 3

$L'_{2\sigma}, \text{ Гн}$	$X_{кн}, \text{ Ом}$	$L_1, \text{ Гн}$	$L'_2, \text{ Гн}$	$\sigma, \text{ о.е.}$	$R_{1\sigma}, \text{ Ом}$	$T_{1\sigma}, \text{ с}$
0,051	30,368	0,7727	0,7827	0,11476	85,151	0,00104

Продолжение таблицы 3

$T_2, \text{ с}$	$I_{01}, \text{ А}$	$\psi_{2н}, \text{ Вб}$	$M_{эм.н}, \text{ Нм}$	$M_{с.дв}, \text{ Нм}$	$M_{эм.к}, \text{ Нм}$	
0,01810	0,791	0,818	3,048	0,472	6,615	

Естественная механическая характеристика $M_{эм}(s)$ электродвигателя для частоты $f_{1н} = 50$ Гц рассчитывается по выражению

$$M_{эм}(s) = \frac{3 \cdot U_{1фн}^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R'_2}{s \cdot X_\mu} \right)^2 \right]}, \quad (2.17)$$

где $M_{эм}$ – электромагнитный момент двигателя, Н·м.

По результатам расчета строится механическая характеристика $\omega(M_{эм})$ (рисунок 1), где значения угловой скорости вращения двигателя находятся по выражению

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s), \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Параметры характерных точек на естественной механической характеристике двигателя:

– значение электромагнитного номинального момента при номинальном скольжении s_H

$$M_{эм}(s_H) = M_{эм.н} = \frac{3 \cdot U_{1фн}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_H \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_H} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_H \cdot X_\mu} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 43.237}{104.72 \cdot 0.14 \cdot \left[30.368^2 + \left(47.365 + \frac{43.237}{0.14} \right)^2 + \left(\frac{47.365 \cdot 43.237}{0.14 \cdot 229.869} \right)^2 \right]} = 3.048, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мс

– значение критического скольжения

$$s_k = R_2' \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{R_1'}{X_\mu} \right)^2}{R_1'^2 + X_{кн}^2}} = 43.237 \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{47.365}{229.869} \right)^2}{47.365^2 + 30.368^2}} = 0.785 ;$$

– значение электромагнитного критического момента при критическом скольжении

$$M_{эм}(s_k) = M_{эм.к} = \frac{3 \cdot U_{1фн}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_k \cdot \left[X_{кн}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_k} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s_k \cdot X_\mu} \right)^2 \right]} ;$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 43.237}{104.72 \cdot 0.785 \cdot \left[30.368^2 + \left(47.365 + \frac{43.237}{0.785} \right)^2 + \left(\frac{47.365 \cdot 43.237}{0.785 \cdot 229.869} \right)^2 \right]} = 6.615, \text{ Н} \cdot \text{м}$$

– значение момента от сил трения двигателя

$$\Delta M_{с. дв} = M_{эм.н}^* - M_{дв.н}, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

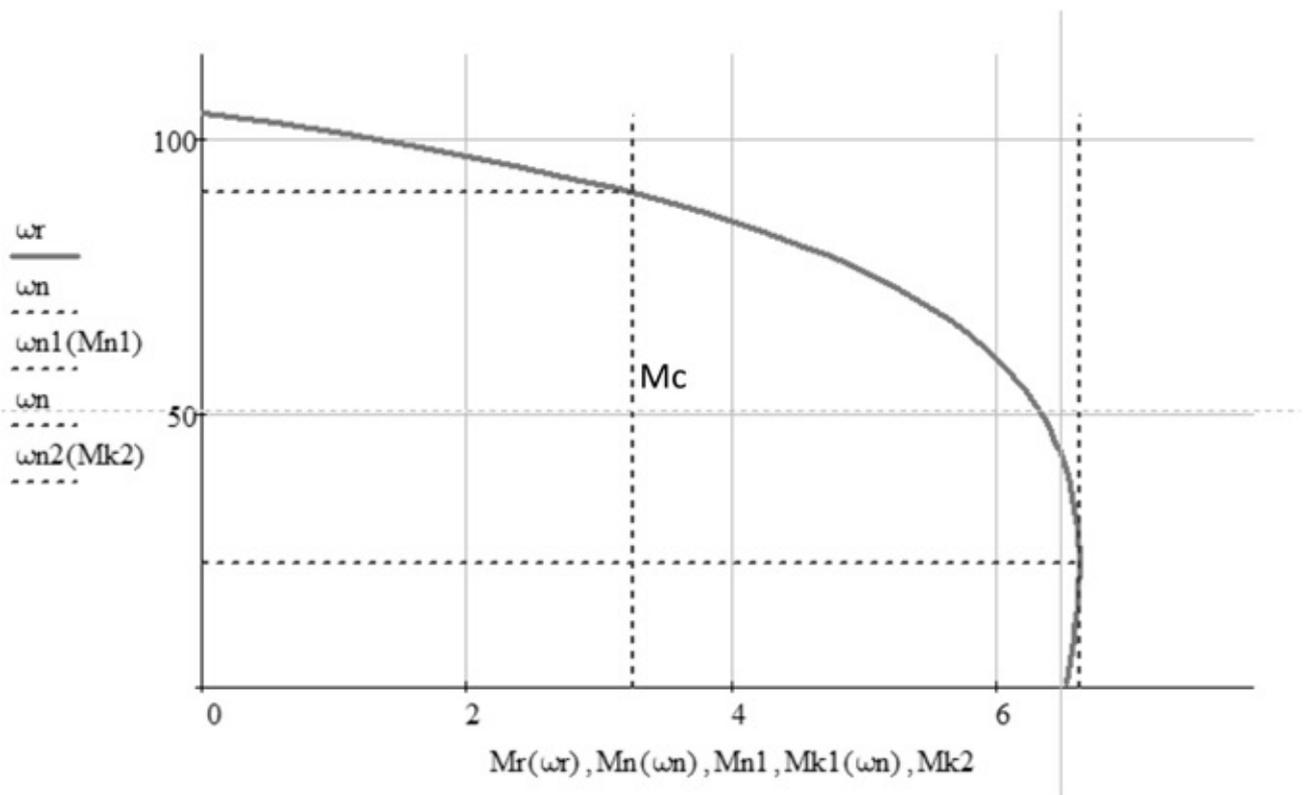


Рисунок 8 – Естественная механическая характеристика

Естественные электромеханические характеристики $I_1(s)$ и $I_2'(s)$ электродвигателя рассчитывается для частоты $f_{1H} = 50$ Гц по выражению

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^{*2} + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0^* \cdot I_2'(s) \cdot \sin \varphi_2(s)}, \quad (2.21)$$

где $I_1 = I_{1\phi}$ – действующее значение фазного тока двигателя, А;

$$I_2'(s) = \frac{U_{1\phi H}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu}\right)^2}}, \quad (2.22)$$

– приведенный к обмотке статора ток ротора, А;

$$I_0^* = \frac{U_{1\phi H}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X_\mu)^2}} = \frac{220}{\sqrt{47,365^2 + (12,754 + 229,869)^2}} = 0,89, \text{ А}, \quad (2.23)$$

– действующее значение тока холостого хода, А;

$$\sin \varphi_2(s) = \frac{X_{KH}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_{KH})^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu}\right)^2}}. \quad (2.24)$$

По результатам расчета строятся электромеханические характеристики $\omega(I_1)$ и $\omega(I'_2)$ (рисунок 9), где значения угловой скорости вращения двигателя находятся по выражению

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s), \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (2.25)$$

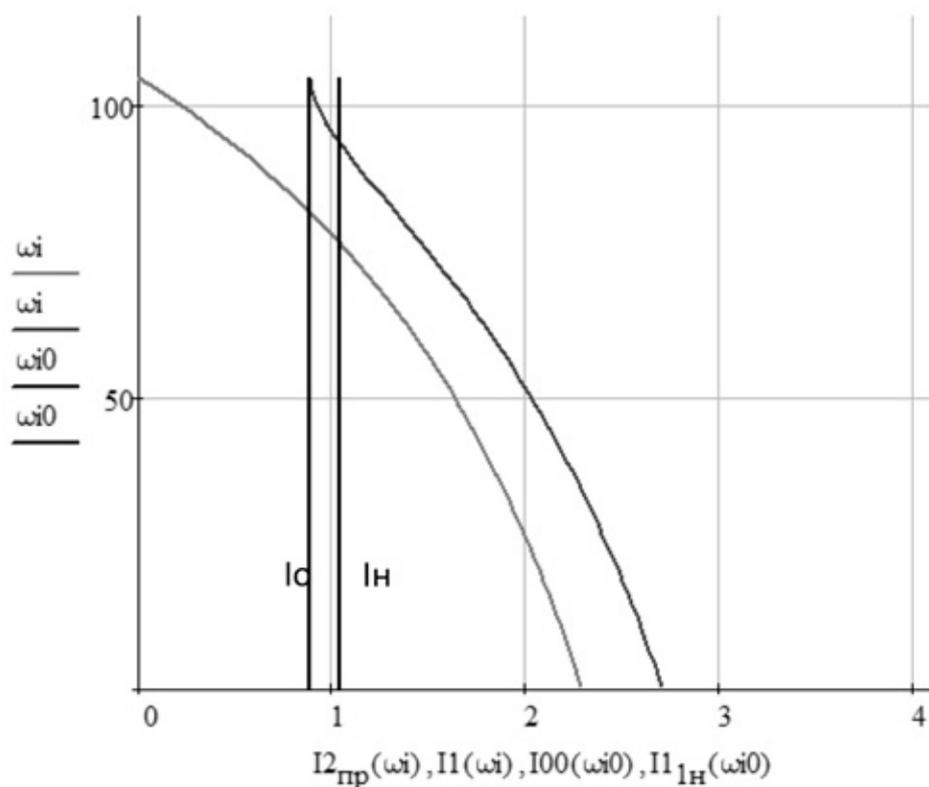


Рисунок 9 – Естественная электромеханическая характеристика

2.1.3. Расчет искусственных статических характеристик двигателя и нагрузки электропривода при частотном скалярном управлении

При скалярном управлении необходимо рассчитать и построить семейство механических и электромеханических характеристик электродвигателя в диапазоне частот от $f_{\text{мин}}$ до $f_{\text{макс}}$. Минимальное значение частоты следует принять 3–5 Гц, а максимальная частота определяется исходя из заданного значения максимальной скорости электропривода

$$f_{\text{макс}} = f_{\text{н}} \cdot \frac{\omega_{\text{эп.макс}}}{\omega_{\text{н}}}, \text{ Гц.} \quad (2.26)$$

Рассчитать и построить семейство механических характеристик $M_{\text{эм}}(s)$ электродвигателя в выбранном диапазоне частот f_1 . Искусственная механическая характеристика $M_{\text{эм}}(s)$ электродвигателя для частоты f_1 рассчитывается по выражению

$$M_{\text{эм}}(s) = \frac{3 \cdot (U_{\text{лфн}} \cdot \frac{f_1}{f_{\text{н}}})^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \left(\frac{f_1}{f_{\text{н}}} \right) \cdot s \cdot \left[\left(X_{\text{кн}} \cdot \frac{f_1}{f_{\text{н}}} \right)^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\mu}} \cdot \frac{f_{\text{н}}}{f_1} \right)^2 \right]}, \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.27)$$

По результатам расчета строится механическая характеристика $\omega(M_{\text{эм}})$ для частоты f_1 , где значение угловой скорости вращения двигателя находится по выражению

$$\omega = \omega_0(f_1) \cdot (1 - s), \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (2.28)$$

На полученное семейство механических характеристик $\omega(M_{\text{эм}})$ нанести следующие значения или зависимости от скорости электромагнитных моментов двигателя:

- номинального $M_{\text{эм.н}}$;
- минимальной нагрузки $M_{\text{с эм.мин}}(\omega) = M_{\text{с мин}}(\omega) + \Delta M_{\text{с дв}}$;

– максимальной нагрузки $M_{с эм.макс}(\omega) = M_{с макс}(\omega) + \Delta M_{с дв}$;

– желаемое значение максимального электромагнитного момента двигателя

$$M_{эм.макс}(\omega) = M_{эп.макс}(\omega) + \Delta M_{с дв}, \quad (2.29)$$

где $M_{эп.макс}(\omega)$ – желаемое значение максимального момента электропривода, выбирается из условия $M_{эп.макс}(\omega) = (1.5 \div 2) \cdot M_{дв.н}$ [9]

Рассчитать и построить семейство электромеханических характеристик $I_1(s)$ электродвигателя в выбранном диапазоне частот f_1 . Искусственные электромеханические характеристики $I_1(s)$ и $I_2'(s)$ электродвигателя для частоты f_1 рассчитываются по выражениям:

$$I_1(s) = \sqrt{I_0^{*2} + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0^* \cdot I_2'(s) \cdot \sin \varphi_2(s)}, \quad (2.30)$$

где

$$I_2'(s) = \frac{U_{1фн} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{кн}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu} \cdot \frac{f_{1н}}{f_1}\right)^2}} \quad (2.31)$$

– приведенный к обмотке статора ток ротора, А;

$$I_0^* = \frac{U_{1фн} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X_\mu)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)^2}}, \quad (2.32)$$

– действующее значение тока холостого хода, А;

$$\sin \varphi_2(s) = \frac{X_{кн} \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_{кн})^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu} \cdot \frac{f_{1н}}{f_1}\right)^2}}. \quad (2.33)$$

По результатам расчета строятся электромеханические характеристики $\omega(I_1)$ для частоты f_1 , где значения угловой скорости вращения двигателя находятся по выражению

$$\omega = \omega_0 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1н}}\right) \cdot (1-s), \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (2.34)$$

На полученное семейство электромеханических характеристик $\omega(I_1)$ нанести значения или зависимости от скорости следующих токов:

- номинального тока двигателя $I_{1фн}$;
- длительно допустимого тока двигателя

$$I_{1ф \text{ длит. доп}}(\omega) = \begin{cases} I_{1фн} \cdot \left[k + (1-k) \cdot \frac{2 \cdot \omega}{\omega_{дв.н}} \right] & \text{при } \omega \leq 0.5 \cdot \omega_{дв.н}; \\ I_{1фн} & \text{при } \omega > 0.5 \cdot \omega_{дв.н}, \end{cases} \quad (2.35)$$

где k коэффициент ухудшения теплоотдачи при неподвижном ротор;

- номинального тока инвертора $I_{и.н}$;
- максимального тока инвертора $I_{и.макс}$.

На семействе механических характеристик $\omega(M_{эм})$ выбрать значения частот f_1 , для которых не выполняется условие

$$M_{эм.к}(f_1) \geq M_{эм.макс}.$$

Для этих частот подобрать значения напряжения двигателя

$$U_{1ф}(f_1) = U_{1фн} \cdot \frac{f_1}{f_{1н}} + \Delta U_{1ф}(f_1), \text{ где } \Delta U_{1ф} \approx R_1 \cdot I_{1ф}, \quad (2.36)$$

обеспечивающие требуемый максимальный электромагнитный момент двигателя. При этих значениях напряжения двигателя рассчитать новые механические характеристики и нанести их на семейство механических характеристик $\omega(M_{эм})$. [9]

С учетом подобранных значений $U_{1\phi}(f_1)$ рассчитать новые электромеханические характеристики двигателя и нанести их на семейство электромеханических характеристик $\omega(I_1)$.

На семействе механических характеристик $\omega(M_{эм})$ построить расчетную зависимость от скорости длительно допустимого момента электродвигателя $M_{эм.длит.доп}(\omega)$, соответствующую зависимости длительно допустимого тока двигателя от скорости $I_{1\phi.длит.доп}(\omega)$. Проверить выполнение условия правильного выбора двигателя по мощности

$$M_{эм.длит.доп} \geq M_{сэм.макс} \quad (2.37)$$

во всем диапазоне регулирования скорости. [9]

Выбрать постоянное значение максимального тока электропривода (действующего значения фазного тока) $I_{эп.макс} = I_{1\phi.макс}$ из условия

$$I_{эп.макс} < I_{и.макс} \quad (2.38)$$

На семействе электромеханических характеристик $\omega(I_1)$ построить зависимость кратковременного допустимого тока электродвигателя

$$I_{эп.макс}(\omega) = \text{const}.$$

На семействе механических характеристик $\omega(M_{эм})$ построить расчетную зависимость от скорости максимального электромагнитного момента $M_{эм.макс}(\omega)$, соответствующую выбранному постоянному значению максимального тока электропривода $I_{эп.макс}(\omega) = \text{const}$. Проверить выполнение условий правильного выбора двигателя по мощности:

$$M_{эм.макс}(\omega) < M_{эм.к}; \quad (2.39)$$

$$M_{эм.макс}(\omega) = (1.5 \div 2) \cdot M_{эм.н} \quad (2.40)$$

во всем диапазоне регулирования скорости. [9]

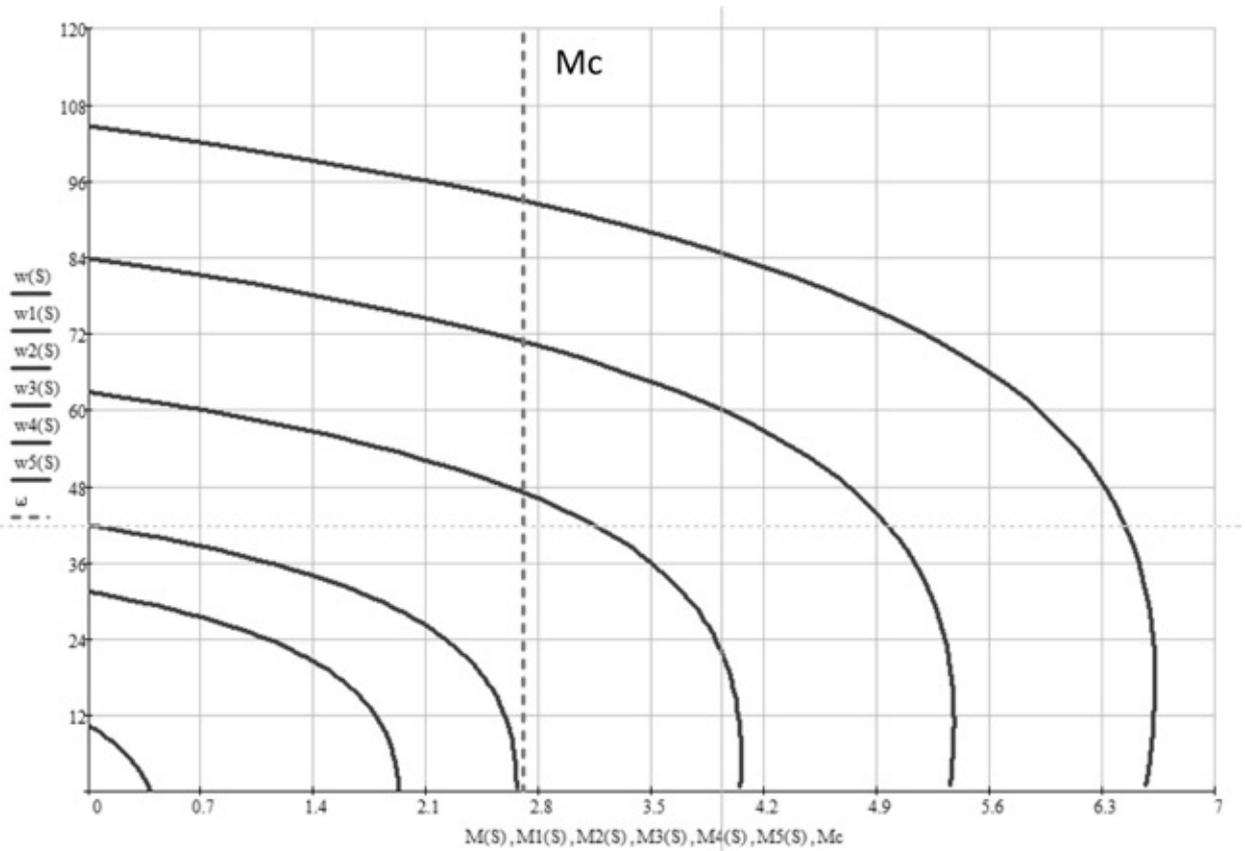


Рисунок 10 – Семейство механических характеристик

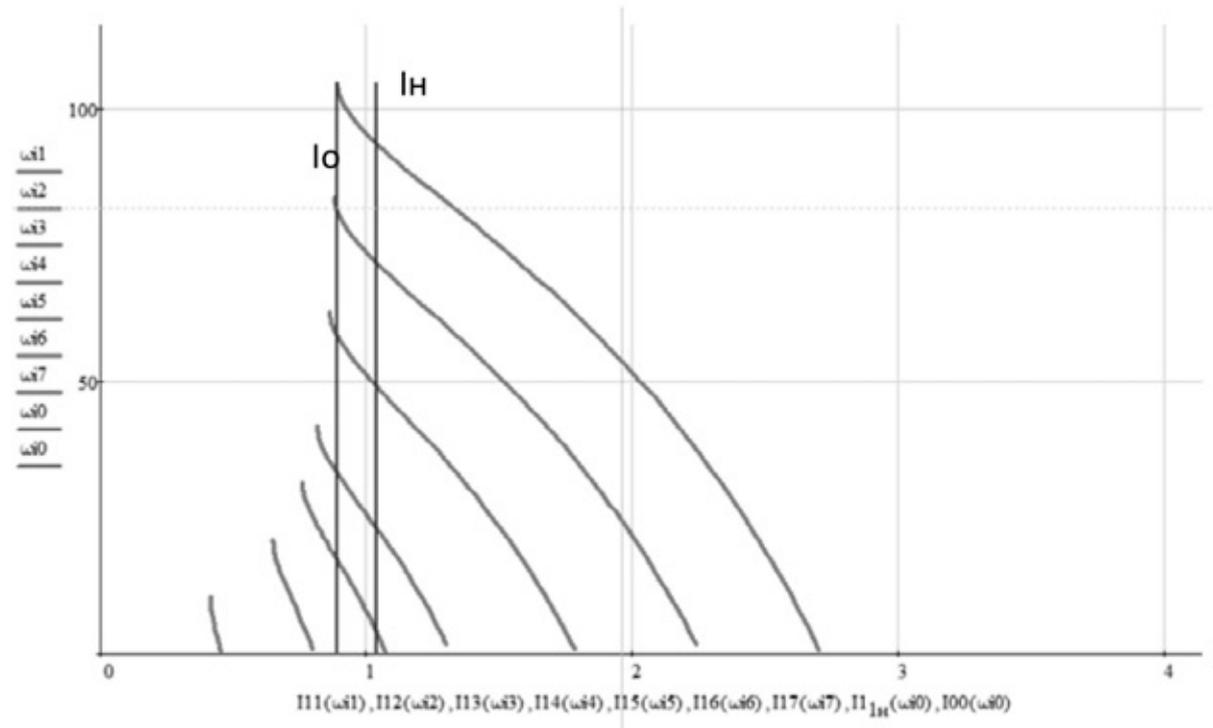


Рисунок 11 – Семейство электромеханических характеристик

2.2. Выбор преобразователя частоты

Для данной системы нужен преобразователь частоты управление которым можно осуществлять при помощи цифрового сигнала.

Выбираем преобразователь частоты – HYUNDAI N700E-370HF представлен на рисунке 12. Схема электрических соединений частотного преобразователя HYUNDAI N700E-370HF представлена на рисунке 13.

Частотный преобразователь предназначен для трехфазных асинхронных двигателей с питанием от 380 до 480В, общепромышленного назначения для точных и тяжелых типов задач. Производитель – Корея. [11]



Рисунок 12 – преобразователь частоты – HYUNDAI N700E-370HF
Параметры преобразователя представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры преобразователя частоты HYUNDAI N700E–370HF

Пылевлагозащита	IP20
Мощность двигателя, не более (кВт)	37
Номинальный ток двигателя, не более (А)	75
Номинальное входное напряжение (В)	3–фазы 380–480В ($\pm 10\%$) 50/60 Гц
Номинальное выходное напряжение (В)	3–фазы 380–480В (Соответствует входному напряжению)
Диапазон выходных частот (Гц)	0,1 – 400 Гц
Разрешение по частоте	Цифровая установка : 0.01 Гц, Аналоговая установка : макс. частота / 1 000
Метод управления	ШИМ система модуляции пространственного вектора
Характеристика напряжение/частота	Вольт./частотное управление (постоянный вращающий момент, сниженный вращающий момент), свободное вольт/частотное управление
Цифровой интерфейс/протокол	порт RS485/ Modbus
Перегрузочная способность	150%/ 60 сек
Пусковой вращающий момент	150% при 0,5 Гц
Динамическое торможение (кратковременное)	Тормозной прерыватель BRD–VZ3– 370H и тормозной резистор RB– 11P2–HD–12
Минимальное значение тормозного резистора (Ом)	12

Продолжение таблицы 4

Время ускорения/замедления	0.1~3600. сек (линейные/нелинейные значения установки)
Торможение постоянным током	Торможение активируется при заданной частоте или при подаче внешнего управляющего сигнала (Мощность торможения, время, частота программируются произвольно).
ПИД–управление	ПИД–регулятор встроен
Дистанционное управление	1. Съемная панель управления, вынос 1,5 – 3 метра 2. Цифровой оператор ОРЕ–N7 с функцией копирования (опционально), вынос 1,5 – 3 метра 3. Клеммы цепи управления 4. Порт RS485 (RJ45)
Аналоговая входная команда	Входное напряжение: пост. тока 0 ~ +10В, – 10 ~ +10В (Входное сопротивление 10 Ом), Входной ток: 4~20мА (входное сопротивление 250 Ом)

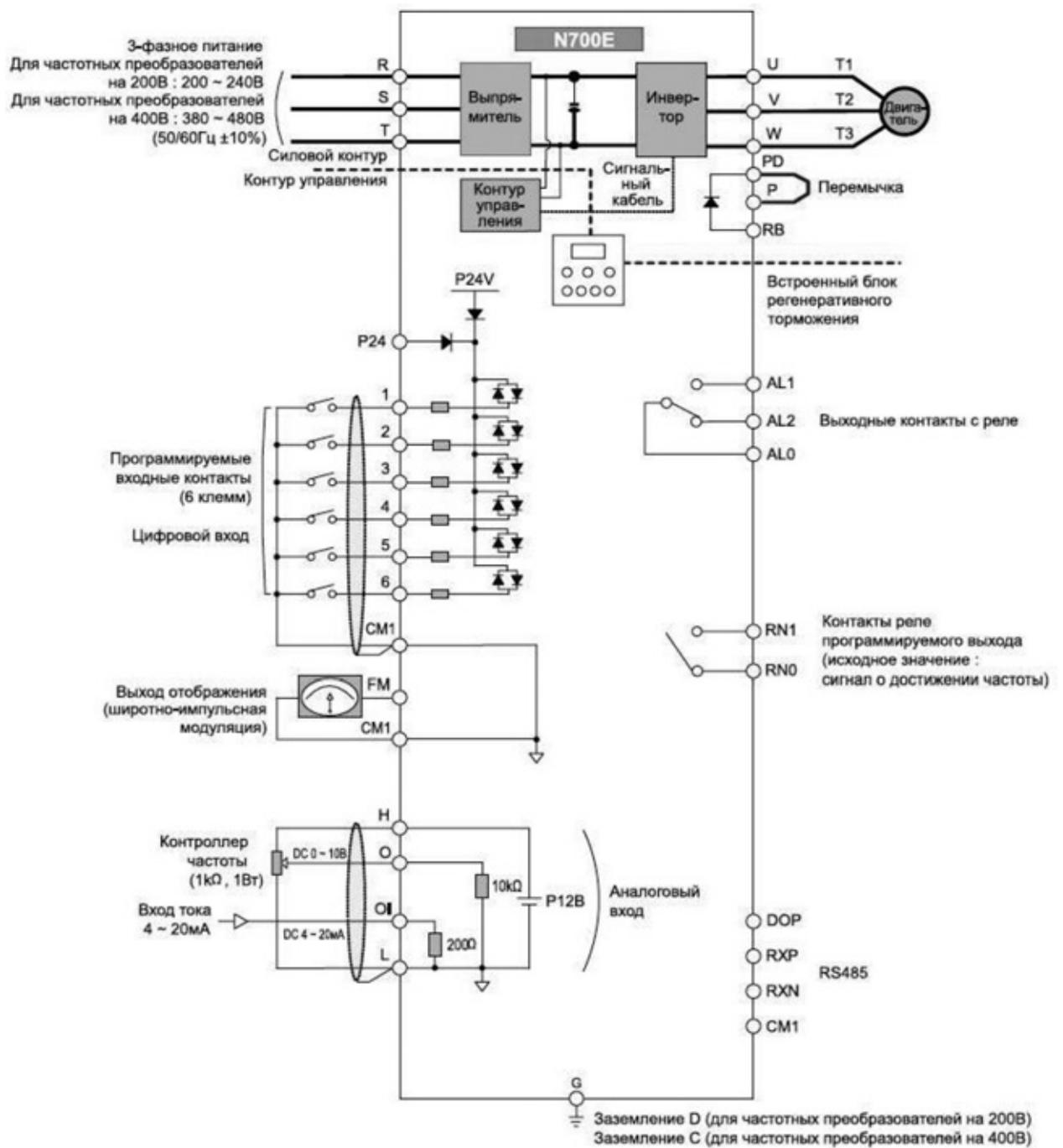


Рисунок 13 – Схема электрических соединений частотного преобразователя HYUNDAI N700E-370HF

2.3. Выбор контроллера

Контроллер необходим для задания сигнала преобразователю частоты, а также контроллер используется в качестве регуляторов положения иглы клапана. На входы контроллера поступают сигналы от манометра, расходомера и датчика положения иглы. Для данных целей выбран контроллер марки Schneider Modicon M238, изображенный на рисунке 14.



Рисунок 14 – Контроллер марки Schneider Modicon M238

Встроенный ведущий CANopen позволяет создавать простые и адаптируемые архитектуры. 8 входов для быстродействующих счетчиков до 100кГц, 4 выхода РТО/ШИМ, 2 последовательных порта RS232/RS485 для подключения ЧМИ или других периферийных устройств. [5]

Логический контроллер Modicon M238 поддерживается и программируется программным обеспечением для программирования SoMachine, которое предоставляет следующие языки программирования согласно стандарту МЭК 61131-3:

- Instruction List (IL), язык списка инструкций;
- Structured Text (ST), язык структурированного текста;

- Функциональный блок Diagram (FBD), язык функциональных блоковых схем;
- Sequential Function Chart (SFC), язык последовательных функциональных блоков;
- Ladder Diagram (LD), язык многоступенчатых схем;
- Continuous Function Chart (CFC), язык непрерывных функциональных блоков.

Логический контроллер Modicon M238 может управлять максимум семью задачами (одна главная задача (MAST) и до шести других задач).

Питание контроллера Modicon M238 может быть следующим:

- 24 В пост. тока;
- 100...240 В пер. тока.

Контроллер Modicon M238 с питанием переменным током имеет следующие характеристики:

- 14 дискретных входов, в т.ч. 8 быстродействующих;
- 10 дискретных выходов, в т.ч. 6 релейных. [5]

2.4. Выбор расходомера и манометра

Так как при инжект–тесте необходимо поддерживать постоянный расход и давление выбираем одноканальный расходомер марки US–800 и цифровой манометр марки ДМ5002Г.

Таблица 5 – Параметры расходомера US800 [7]

	Стандартно	Специсполнение
Температура жидкости, °С	–40...+150	–40...+200
Давление жидкости в трубопроводе, МПа	до 1.6	2.5, 4.0, 6.0, до 20
Температура окр. среды в месте установки УПР, °С	–40...+60	
Температура окр. среды в месте установки Эл. блока, °С	+5...+50	
Степень защиты Эл.блока / УПР	IP65 / IP67	IP65 / IP68
Длина соединительных кабелей, м	до 500	до 1000
Длина прямолинейных участков (Ду 15–2000 мм однолучевые)	до 10 / после 3	
Длина прямолинейных участков (Ду 100–2000 мм двухлучевые)	до 5 / после 1	
Число знакомест для индикации	9	
Напряжение питания прибора	187...242 В АС	12–24–36 V DC
		бесперебойное питание от аккумулят. до 1 мес
Максимальная потребляемая мощность, Вт	не более 8	
Полный средний срок службы, лет	25	
Межповерочный интервал, год	4	

Таблица 6 – Параметры манометра ДМ5002Г [8]

Модификация: ДМ5002Г	цифровая индикация текущего значения давления с преобразованием в унифицированный токовый выходной сигнал и сигнализация повышения или понижения давления установленных граничных значений
Диаметр	100 мм
Класс точности	в зависимости от предела измерения 0,15; 0,2; 0,25; 0,5
Предел измерений, кгс/см ² ДМ5002	от 0 до 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600
ДМ5002	от –1 до 0
ДМ5002 По заказу приборы поставляются в единицах измерения кПа, МПа	от –1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24
Степень защиты	IP54
Рабочая температура окружающей и измеряемой среды	–40...+50°C
Предел допускаемой погрешности, %	0,25; 0,15; 0,1
Корпус	Алюминиевый сплав
Средний срок службы	8 лет
Выходной сигнал для ДМ5002Г– постоянный ток	постоянный ток 4–20 мА
Сопротивление нагрузки приборов (линия связи – трёхпроводная): с выходным сигналом 4–20 мА	не более 600 Ом
Напряжение питания	24 В, 36 В
Потребляемая мощность приборов не более:	4, 2 ВА

2.5. Выбор метода управления асинхронным двигателем

Для данной системы был выбран скалярный метод управления.

Наиболее эффективные возможности управления АД обеспечиваются одновременным использованием в качестве управляющего воздействия в канале регулирования скорости – частоты f_1 , а в канале регулирования потока – напряжения U_1 . [16]

В начале прошлого века академик Костенко М.П. предложил оригинальный способ регулирования скорости вращения АД. Для идеализированного двигателя (принимая $R_1 = 0$) справедлива следующая зависимость

$$\frac{U_1}{U_{1Н}} = \frac{f_1}{f_{1Н}} \sqrt{\frac{M_C}{M_H}}. \quad (2.41)$$

На основании сформулированного выражения можно регулировать скорость и момент, развиваемый АД. [16]

Широкое распространение получили способы частотного управления, основанные на законе поддержания постоянства соотношения между U_1 и f_1 . На рисунках 15 и 16 представлены варианты интерпретаций различных законов управления:

$$\text{а) для } \frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}, \quad \text{б) для } \frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const} \quad \text{и} \quad \text{в) для } \frac{U_1}{f_1} = \text{const}.$$

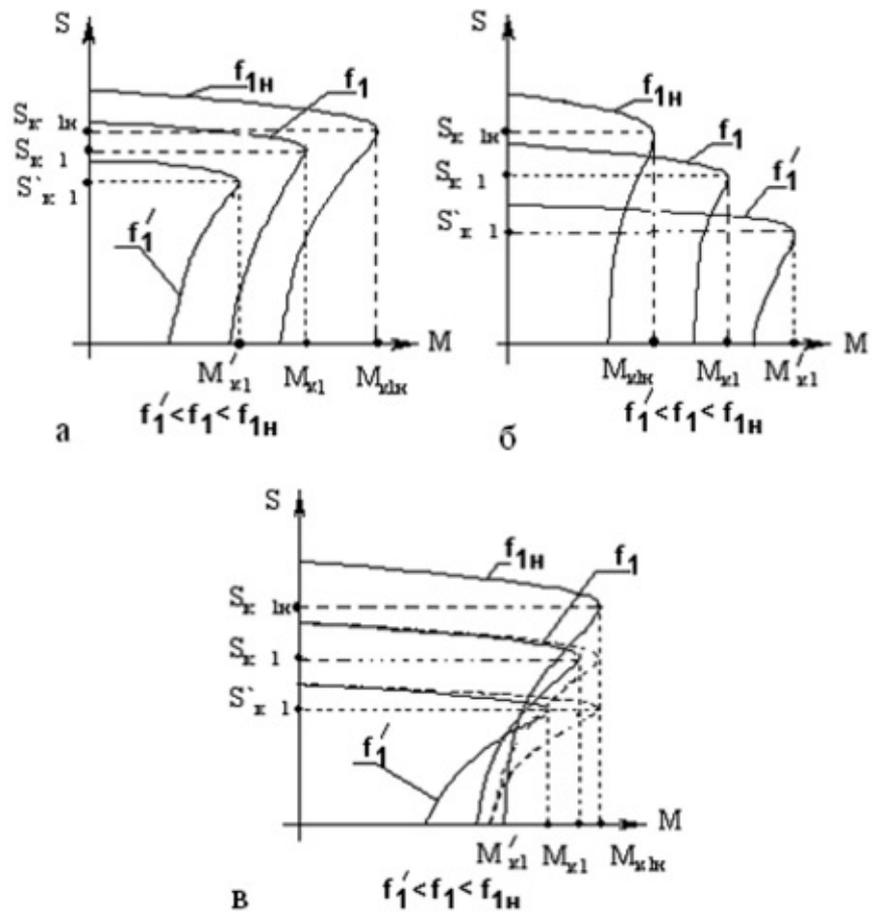


Рисунок 15 – Механические характеристики для различных законов частотного управления АД

При законе регулирования $U_1/f_1^2 = \text{const}$ можно получить семейство характеристик для механизмов, имеющих вентиляторную характеристику, когда момент, развиваемый АД увеличивается прямо пропорционально квадрату частоты приложенного напряжения, рисунок 15 (а). При этом способе достигается получение больших моментов на высоких скоростях. [10]

При использовании закона $U_1/\sqrt{f_1} = \text{const}$ получаем семейство характеристик для механизмов, работающих с постоянной мощностью $P = \text{const}$. В данном случае критический момент АД обратно пропорционален частоте приложенного напряжения, рисунок 15(б). Применение этого закона позволяет получить характеристики с высоким пусковым моментом. [10]

Закон регулирования $U_1/f_1 = \text{const}$ теоретически предполагает получение семейства характеристик с постоянным моментом, рисунок 15 (в), пунктирные линии. В реальных условиях при малых частотах падение

напряжения на активном сопротивлении статора R_1 приводит к нарушению оптимальности регулирования. Для обеспечения требуемой точности следует компенсировать падение напряжения на активном сопротивлении в статорной цепи. [10]

На практике при создании скалярных систем частотного управления выполняют линеаризацию зависимостей между частотой и напряжением. Рисунок 16 показывает реализацию скалярной системы частотного управления для трёх законов регулирования. На рисунке 16(а) представлена аппроксимация закона $U_1/f_1^2 = \text{const}$, на рисунке 16(б) – $U_1/\sqrt{f_1} = \text{const}$ и на рисунке 16(в) – $U_1/f_1 = \text{const}$ соответственно.

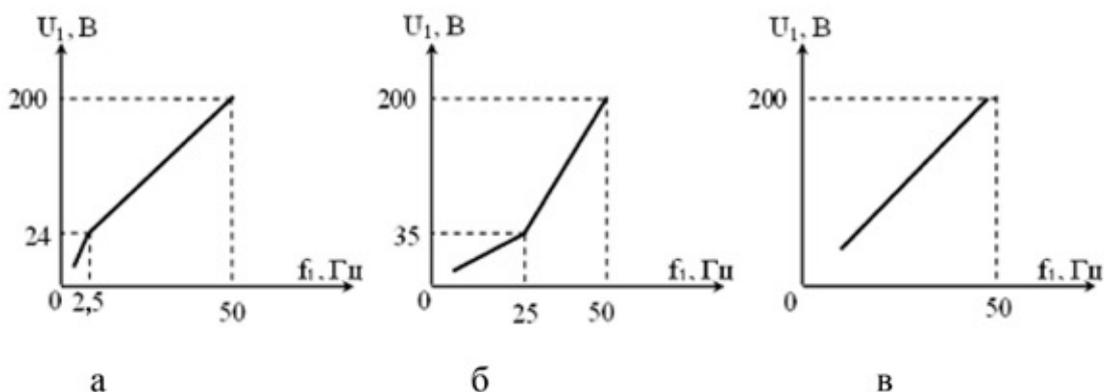


Рисунок 16 – Практическая реализация законов частотного управления скоростью

Упрощенная функциональная схема скалярной системы частотного регулирования скорости с промежуточным звеном постоянного тока приведена на рисунке 17. Заданная частота поступает на вход устройства управления УУ, которое в соответствии с принятым законом регулирования скорости, током нагрузки и номинальным скольжением двигателя формирует частоту f_1 и амплитуду напряжения U_1 . Информация о частоте и амплитуде напряжения подаётся на ШИМ (широтно-импульсный модулятор) – преобразователь, генерирующий выходные сигналы для инвертора И. Сформированное таким образом переменное напряжение подаётся на АД, который развивает требуемую угловую скорость. Дополнительную точность регулирования частоты вращения получают введением импульсного датчика

скорости ИДС, устанавливаемого на валу двигателя, на рисунок 17 (показано пунктиром). Контур обратной связи по скорости позволяет с высокой точностью поддерживать заданную скорость АД $\Omega_{зад}$, компенсируя скольжение и влияние нагрузки на вал двигателя. [16]

Электроприводы со скалярными системами частотного управления среди частотно-регулируемых электроприводов переменного тока отличаются относительной простотой и дешевизной. Но наряду с положительными качествами имеется ряд недостатков: низкие динамические показатели, отсутствие возможности точного регулирования момента на валу АД. [10]

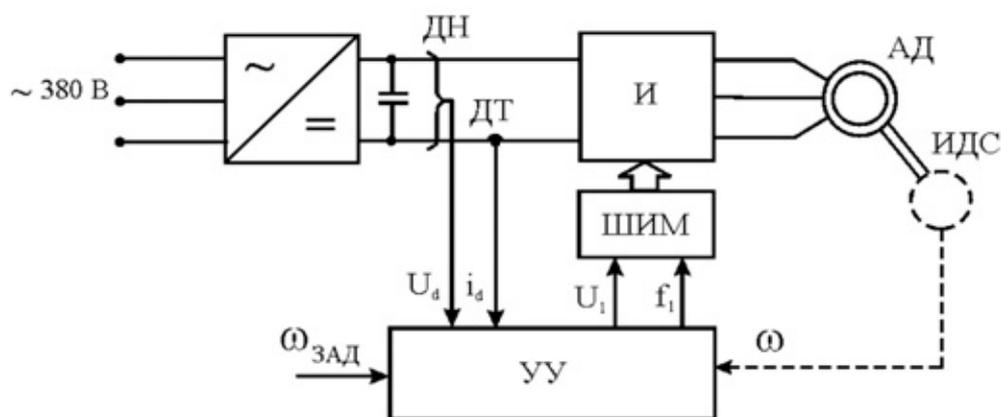


Рисунок 17 – Упрощенная функциональная схема скалярной системы частотного управления АД

3. Имитационные исследования электропривода в среде MATLAB

3.1. Имитационная модель асинхронного двигателя.

3.1.1. Математическое описание процессов электромеханического преобразования энергии в АД

При описании электромагнитных процессов мы получаем систему дифференциальных уравнений высокого порядка. В теории электромеханического преобразования энергии существуют различные методы упрощения исходных уравнений. Наиболее распространенным из них является представление электрической машины в виде идеализированного двухфазного электромеханического преобразователя. В идеализированной машине в воздушном зазоре имеем круговое поле, а высшие гармоники отсутствуют. Методы перехода от исходной трехфазной машины к идеализированной хорошо разработаны в общей теории электромеханического преобразования энергии – на них останавливаться не будем. Отметим лишь, что в результате преобразований мы получим идеализированную машину, имеющую две обмотки на роторе и две обмотки на статоре, расположенные по ортогональным осям α и β . Для такой машины справедлива система уравнений:

$$\begin{aligned}u_{\alpha}^s &= r_{\alpha}^s i_{\alpha}^s + \frac{d}{dt} L_{\alpha}^s i_{\alpha}^s + \frac{d}{dt} M_{\alpha}^r; \\0 &= \frac{d}{dt} M_{\alpha}^s + r_{\alpha}^r i_{\alpha}^r + \frac{d}{dt} L_{\alpha}^r i_{\alpha}^r + L_{\beta}^r \omega_p i_{\beta}^r + M \omega_p i_{\beta}^s; \\0 &= -M \omega_p i_{\beta}^s - L_{\alpha}^r \omega_p i_{\alpha}^r + r_{\beta}^r i_{\beta}^r + \frac{d}{dt} L_{\beta}^r i_{\beta}^r + \frac{d}{dt} M_{\beta}^s; \\u_{\beta}^s &= \frac{d}{dt} M_{\beta}^r + r_{\beta}^s i_{\beta}^s + \frac{d}{dt} L_{\beta}^s i_{\beta}^s; \\M_s &= \frac{m}{2} M (i_{\beta}^s i_{\alpha}^r - i_{\alpha}^s i_{\beta}^r),\end{aligned}\tag{3.1}$$

где $u_{\alpha}^s, u_{\beta}^s$ – напряжения на обмотках статора;

$i_{\alpha}^s, i_{\alpha}^r, i_{\beta}^s, i_{\beta}^r$ – токи в обмотках статора и ротора по осям α и β ;

$L_{\alpha}^s, L_{\alpha}^r, L_{\beta}^s, L_{\beta}^r$ – полные индуктивности обмоток статора и ротора по осям α и β ;

m – число фаз двигателя;

M – электромагнитный момент двигателя. [12]

Полная индуктивность каждой обмотки может быть записана уравнением:

$$L = M + L_{\delta}$$

где M – взаимная индуктивность между обмотками ротора и статора по осям α и β ;

L_{δ} – индуктивность рассеяния обмотки.

Для упрощения описания математических процессов осуществляют преобразования исходных уравнений. В частности, если в первых четырех уравнениях системы (3.1) провести замену $d/dt \leftrightarrow j\omega$, получим систему уравнений двигателя в установившемся режиме:

$$\begin{aligned} U_{\alpha}^s &= r_{\alpha}^s I_{\alpha}^s + j\omega L_{\alpha}^s I_{\alpha}^s + j\omega M I_{\alpha}^r; \\ 0 &= j\omega M I_{\alpha}^s + r_{\alpha}^r I_{\alpha}^r + j\omega L_{\alpha}^r I_{\alpha}^r + L_{\beta}^r \omega_p I_{\beta}^r + M \omega_p I_{\beta}^s; \\ 0 &= -M \omega_p I_{\beta}^s - L_{\alpha}^r \omega_p I_{\alpha}^r + r_{\beta}^r I_{\beta}^r + j\omega L_{\beta}^r I_{\beta}^r + j\omega M I_{\beta}^s; \\ U_{\beta}^s &= \omega M I_{\beta}^r + r_{\beta}^s I_{\beta}^s + j\omega L_{\beta}^s I_{\beta}^s. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Так как рассматривается симметричная машина, целесообразно параметры обмоток обозначить $L_s = L_{\alpha}^s = L_{\beta}^s, R_s = r_{\alpha}^s = r_{\beta}^s, L_r = L_{\alpha}^r = L_{\beta}^r, R_r = r_{\alpha}^r = r_{\beta}^r$, а также ввести понятия $x_s = \omega L_s, x_r = \omega L_r$ – сопротивление взаимной индукции. Кроме того, обозначим результирующие векторы напряжений U_s, U_r и токов $I_s, I_r, I_0 = I_s + I_r$. Тогда от четырех уравнений напряжений (3.2), если обратиться к обобщающим векторам напряжений, токов и сопротивлений, можно перейти к двум уравнениям:

$$\begin{aligned} U_s &= R_s I_s + jx_s I_s + jx_0 I_0; \\ 0 &= -R_r I_r - jx_r I(1-v) - jx_0 I_0(1-v), \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\text{где } v = \frac{\omega_p}{\omega}.$$

Введем понятие скольжение ротора относительно поля статора $s = \frac{\omega - \omega_p}{\omega}$ и ЭДС холостого хода $E_0 = -jx_0 I_0$. Тогда систему уравнений

асинхронной машины можно представить в виде:

$$\begin{aligned} U_s &= -E_0 + R_s I_s + jx_s I_s; \\ 0 &= E_0 s - R_r I_r - jx_r I_r s; \\ I_0 &= I_s + I_r. \end{aligned} \tag{3.4}$$

Обозначим $z_s = R_s + jx_s, z_r = R_r + jx_r$, разделим второе уравнение системы (3.4) на s и с учетом того, что $\frac{R_r}{s} = R_r + R_r \cdot \frac{1-s}{s}$, получим

$$\begin{aligned} U_s &= -E_0 + I_s z_s; \\ 0 &= E_0 s - R_r I_r - jx_r I_r s; \\ I_0 &= I_s + I_r. \end{aligned} \tag{3.5}$$

Полученные процессы описывают электромагнитные процессы асинхронного двигателя в установившемся режиме. [12] По ним строятся векторные диаграммы и схемы замещения двигателя. В частности, если перейти к приведённым параметрам роторной цепи, систему уравнений (3.5) можно представить в виде

$$\begin{aligned} U_1 &= -E_1 + I_1 z_1; \\ 0 &= E_2 - jI_2 x_2 - I_2 \frac{r_2'}{s}; \\ I_0 &= I_s + I_r. \end{aligned} \tag{3.6}$$

3.1.2. Математическая модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат статора α, β

В модели асинхронного электропривода с частотным скалярным управлением используются следующая модель асинхронного электродвигателя:

– двухфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат статора α, β , структурная схема которого представлена на рисунке 18 [9];

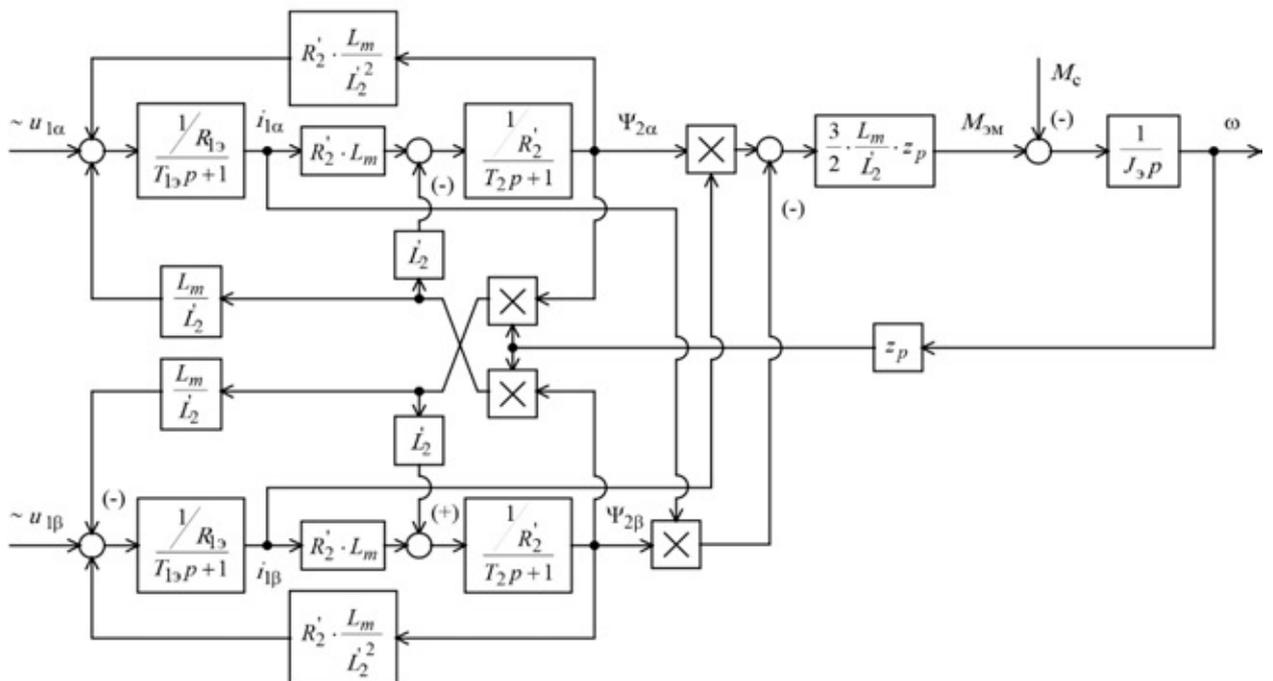


Рисунок 18 – Структурная схема двухфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат статора α, β

Расчет параметров схемы осуществляется следующим образом:

Индуктивность статора:

$$L_1 = L_{1\sigma} + L_m = 0.041 + 0.7317 = 0.7727 \text{ Гн.} \quad (3.7)$$

Индуктивность ротора:

$$L_2' = L_{2\sigma}' + L_m = 0.051 + 0.7317 = 0.7827 \text{ Гн.} \quad (3.8)$$

Эквивалентное сопротивление:

$$R_{1\sigma} = R_1 + R'_2 \cdot \frac{L_m^2}{L_2'^2} = 47.365 + 43.237 \cdot \frac{0.7317^2}{0.7827^2} = 85.151 \text{ Ом.} \quad (3.9)$$

Постоянные времени:

$$T_{1\sigma} = \frac{\sigma \cdot L_1}{R_{1\sigma}} = \frac{0.11476 \cdot 0.7727}{85.151} = 0.00104 \text{ с.} \quad (3.10)$$

$$T_2 = \frac{L_2'}{R_2'} = \frac{0.7827}{43.237} = 0.0181 \text{ с.} \quad (3.11)$$

где $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2'} = 1 - \frac{0.7317^2}{0.7727 \cdot 0.7827} = 0.11476.$ (3.12)

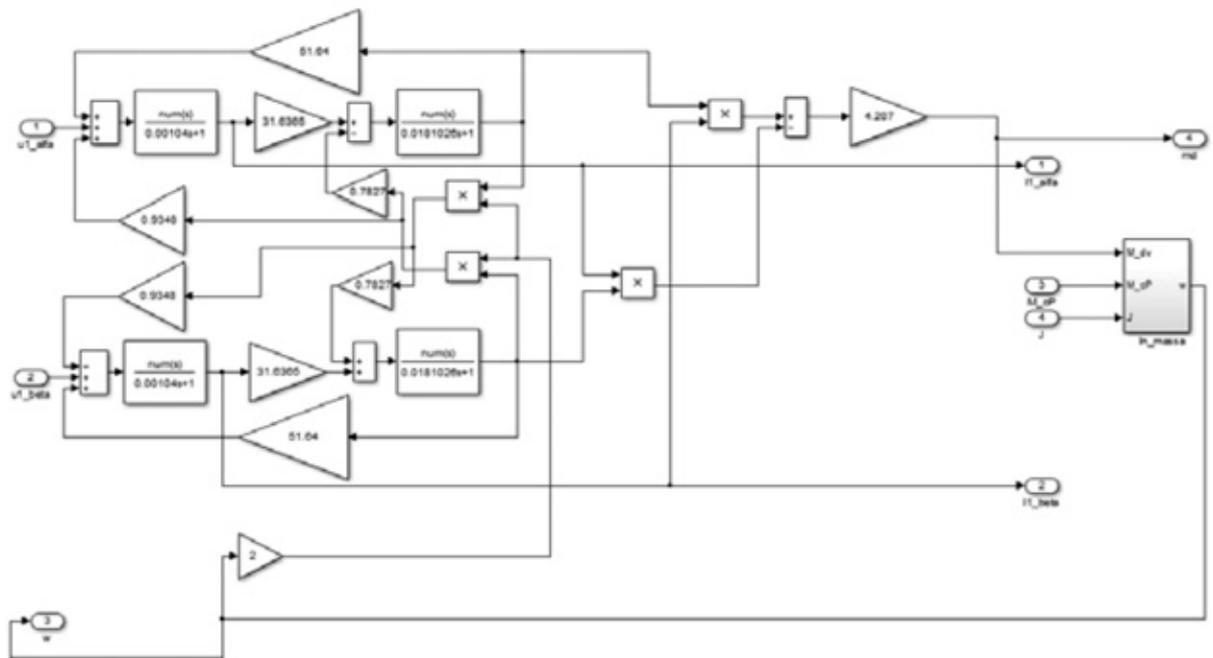


Рисунок 19 – Модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат статора α, β в среде MATLAB

3.2 Имитационная модель одномассовой механической системы с моментом нагрузки реактивного характера

Имитационная модель блока одномассовой механической системы с моментом нагрузки реактивного характера, используемая при моделировании систем электропривода, представлена на рисунке 20.

На схеме приняты следующие дополнительные обозначения:

$M_{ЭМ}$ – электромагнитный момент двигателя, Н · м ;

$M_{СР}$ – статический момент реактивного характера, Н · м ;

$J_э$ – эквивалентный момент инерции движущихся масс, кг · м² ;

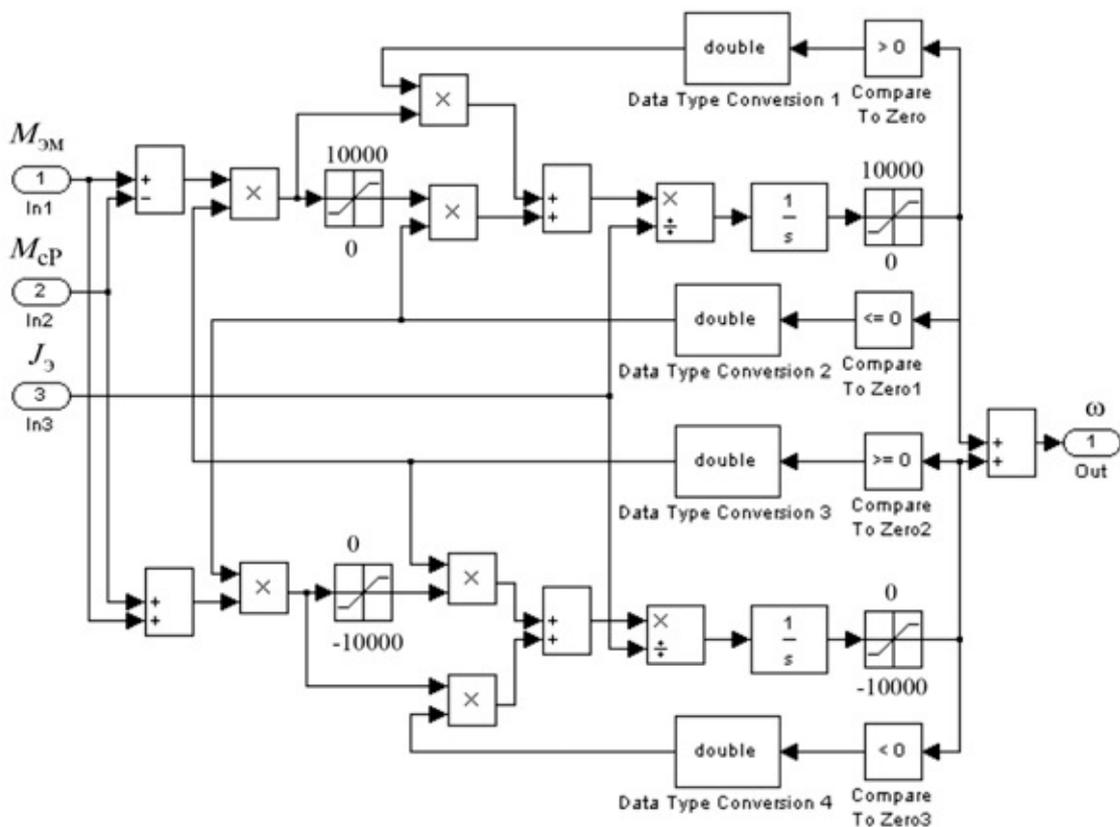


Рисунок 20 – Имитационная модель блока одномассовой механической системы с моментом нагрузки реактивного характера

Статический момент нагрузки имеет переменный характер нагрузки, так как сила, воздействующая на иглу клапана равна:

$$F = S \cdot P \tag{3.13}$$

Где P – давление воды, оказываемое на иглу,

S – площадь, на которую оказывается давление.

Из выражения видно, что при одном и том же давлении сила действующая на иглу закрытого клапана будет выше силы действующей на иглу открытого клапана, так как площадь S уменьшится.

3.3 Система управления электропривода клапана

Модель системы управления представлена на рисунке 21.

К системе управления относятся два регулятора положения иглы клапана. Работа регуляторов основана на отрицательной обратной связи. Первый регулятор работает при задании перемещения иглы на не большие расстояния, а именно до 10% от всей величины. При работе этого регулятора двигатель работает при максимальной частоте в 5 Гц. Второй регулятор работает на перемещения иглы на расстояния более 10% включительно. Система сама определяет какой регулятор войдет в работу при помощи переключателя Switch.

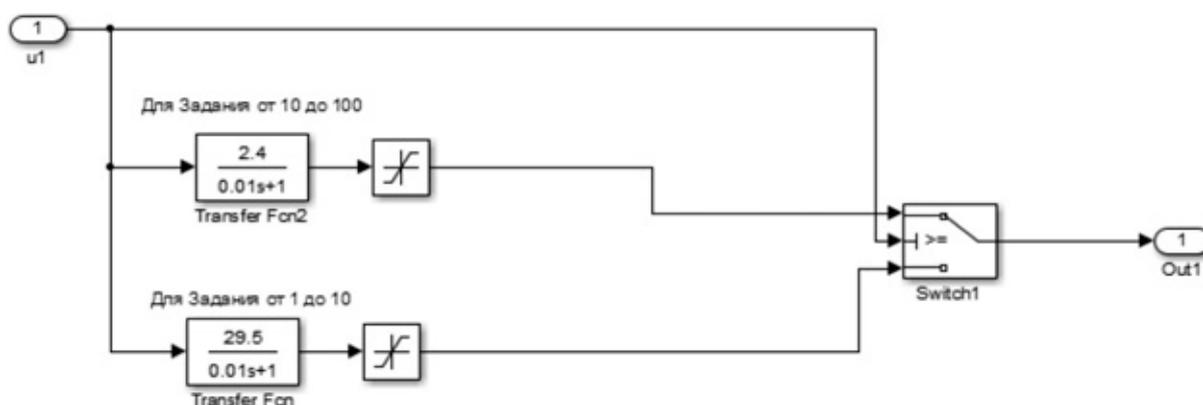


Рисунок 21 – Модель системы управления асинхронным двигателем

3.4 Исследования электропривода запорного игольчатого клапана на имитационной модели

Модель электропривода, выполненная в среде MATLAB, представлена на рисунке 22. На рисунке 22 используются следующие обозначения:

Start – блок задания величины перемещения иглы клапана в %;

Regulator – блок регуляторов, названных выше;

S-Zi – блок плавного пуска двигателя;

Load – нагрузка приведенная к валу двигателя;

J – момент инерции приведенный к валу двигателя;

Formur_U1 – формирователь напряжения в неподвижной системе координат α, β ;

2_phase_AD – модель двухфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат статора α, β ;

Reducer – редуктор;

ω – скорость вращения выходного вала привода, рад/с;

I – ток двигателя, А;

x – величина перемещения иглы клапана (100% – игла полностью поднята);

Md – момент на валу двигателя, Нм. [9]

При помощи блока Start задается величина, на которую мы хотим переместить иглу клапана. Далее сигнал поступает в блок регуляторов, где формируется частота тока, при которой двигатель будет работать. Если же величина заданного перемещения больше 10% двигатель будет работать при частоте равной 50 Гц до тех пор пока разница между заданной величиной перемещения и фактической не станет равной 10%. После чего на двигатель будет поступать только частота равная 5 Гц.

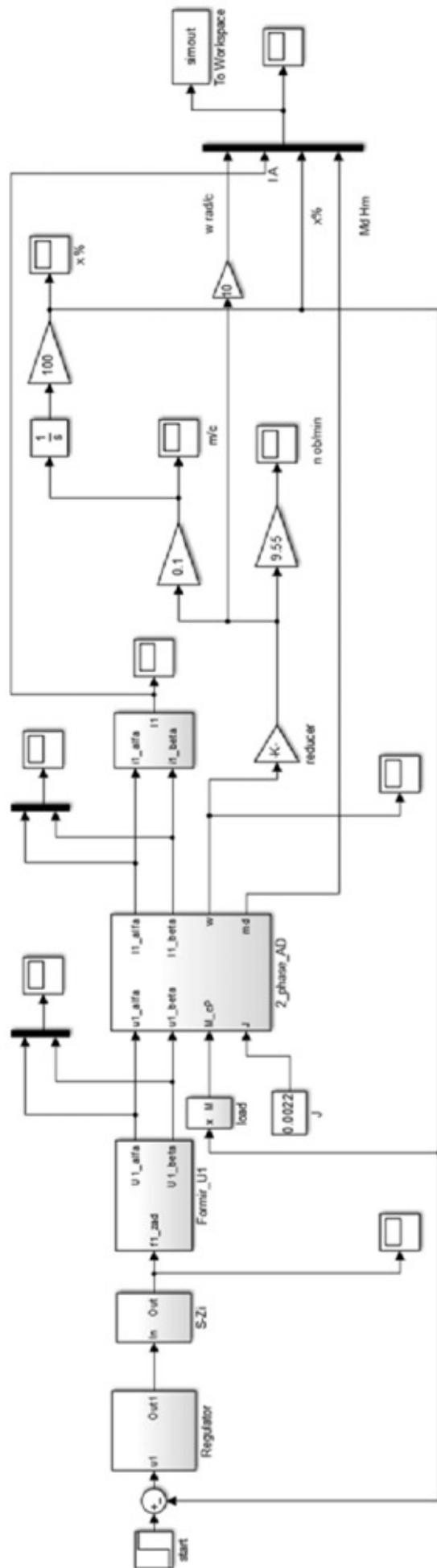


Рисунок 22 – Имитационная модель электропривода запорного игольчатого клапана [9]

При помощи имитационной модели получены следующие графики переходных процессов, изображенные на рисунках 23 – 29.

На рисунках приняты следующие обозначения:

x – величина перемещения иглы клапана, %;

ω – угловая скорость двигателя, рад/с;

I – ток двигателя, А;

M – момент на валу двигателя, Нм.

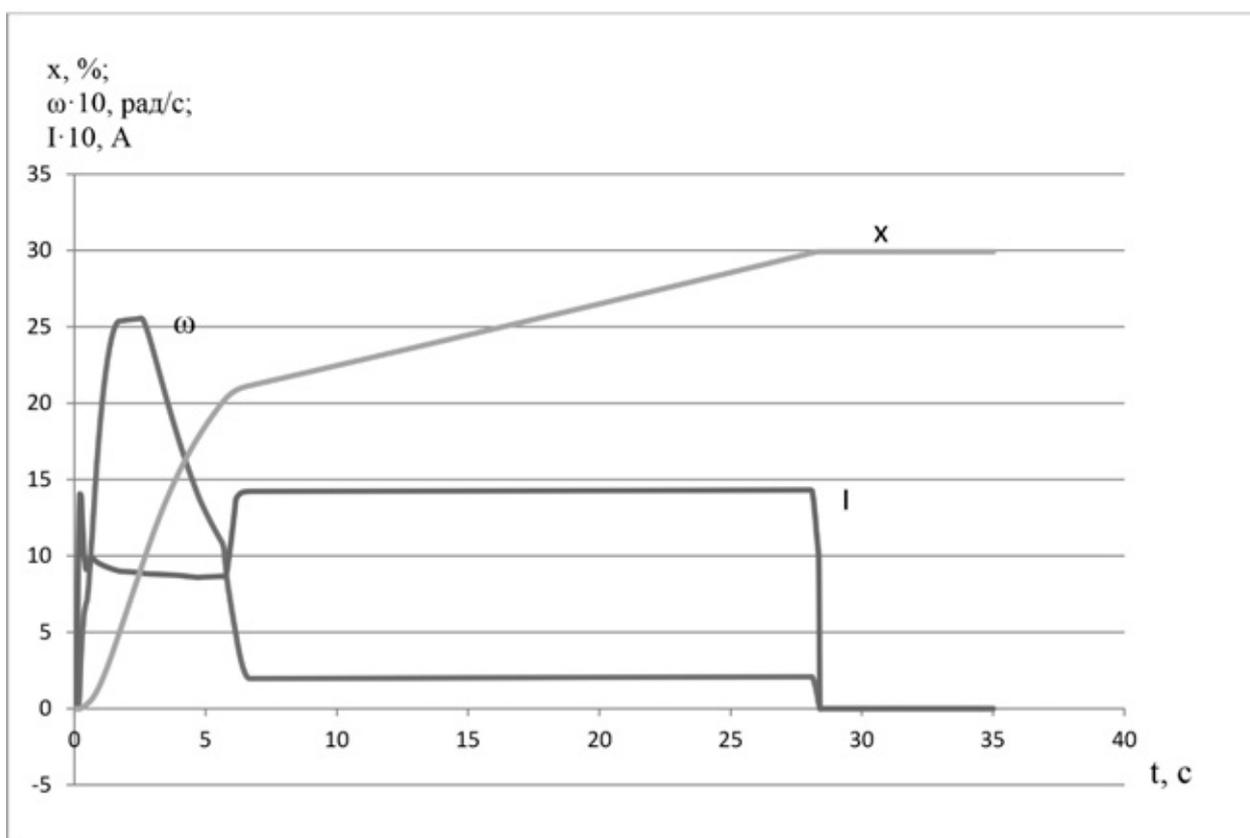


Рисунок 23 – График переходных процессов поднятия иглы запорного клапана

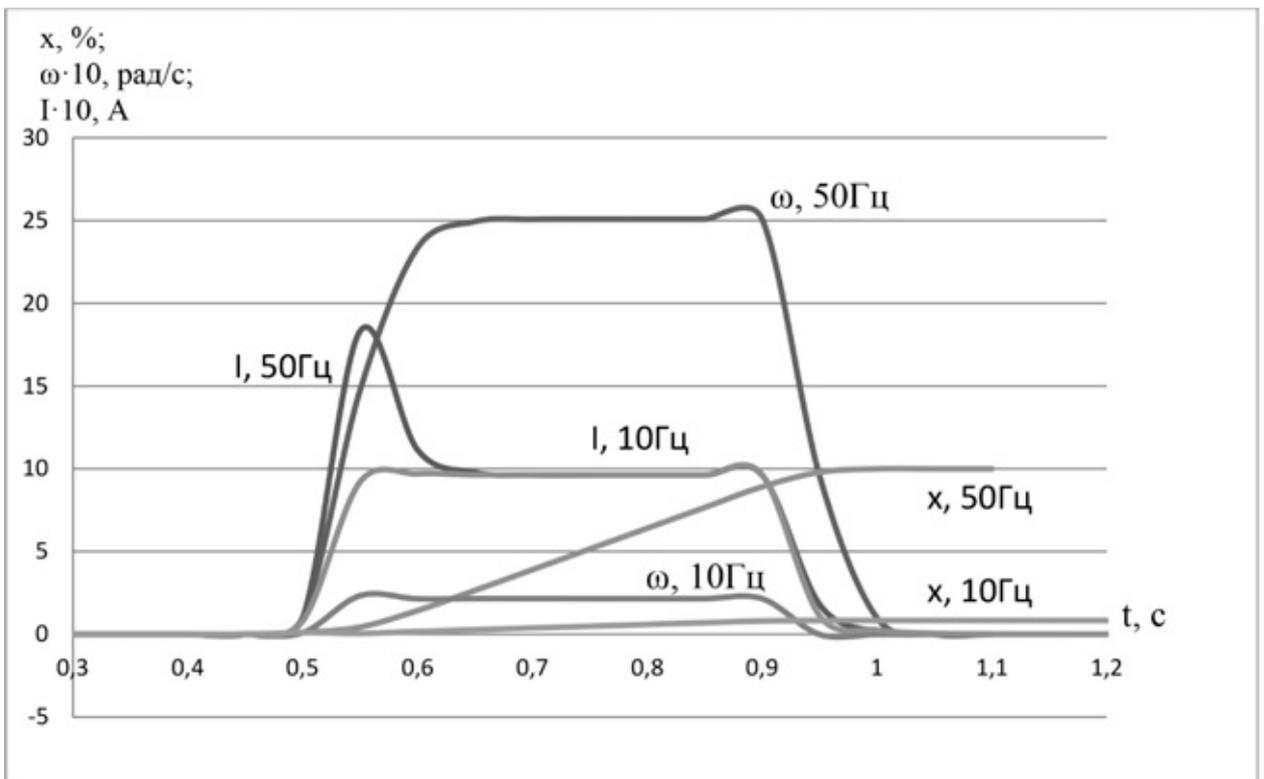


Рисунок 24 – График переходных процессов поднятия иглы запорного клапана при разной частоте

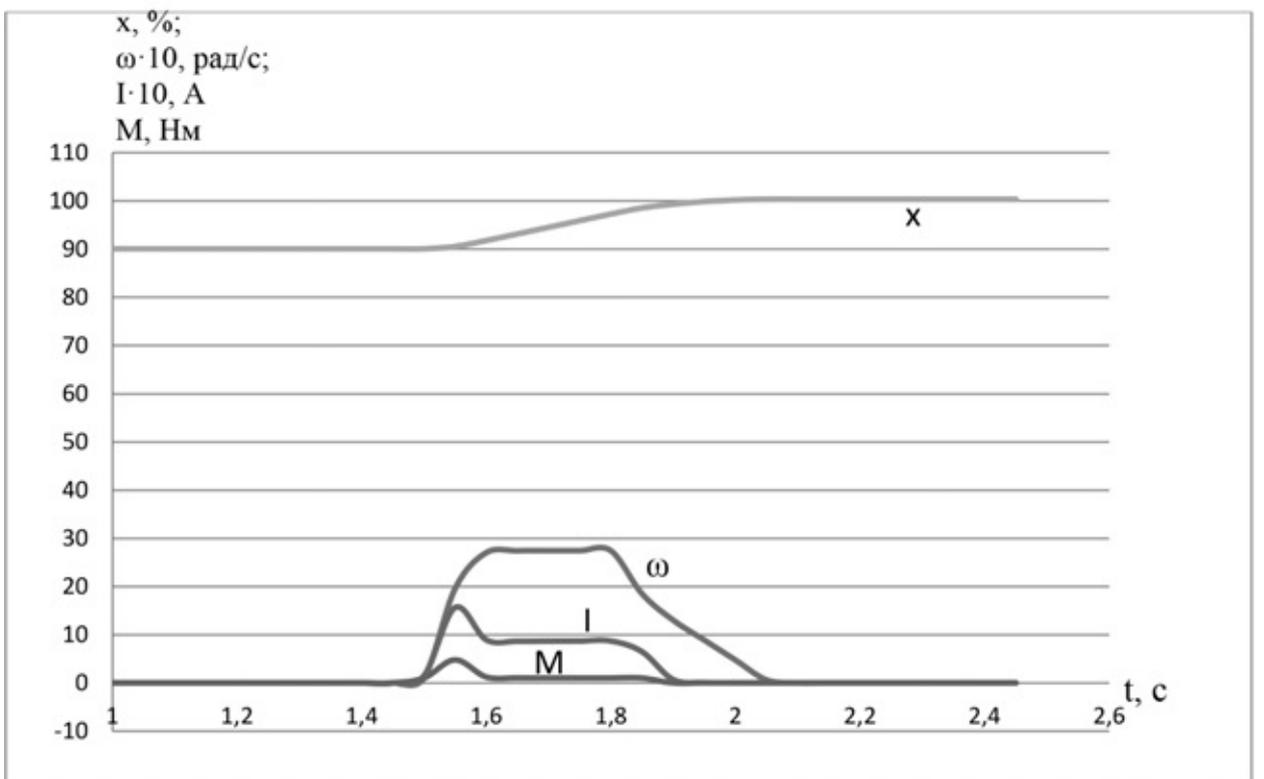


Рисунок 25 – График переходных процессов поднятия иглы запорного клапана на 10% в конце хода

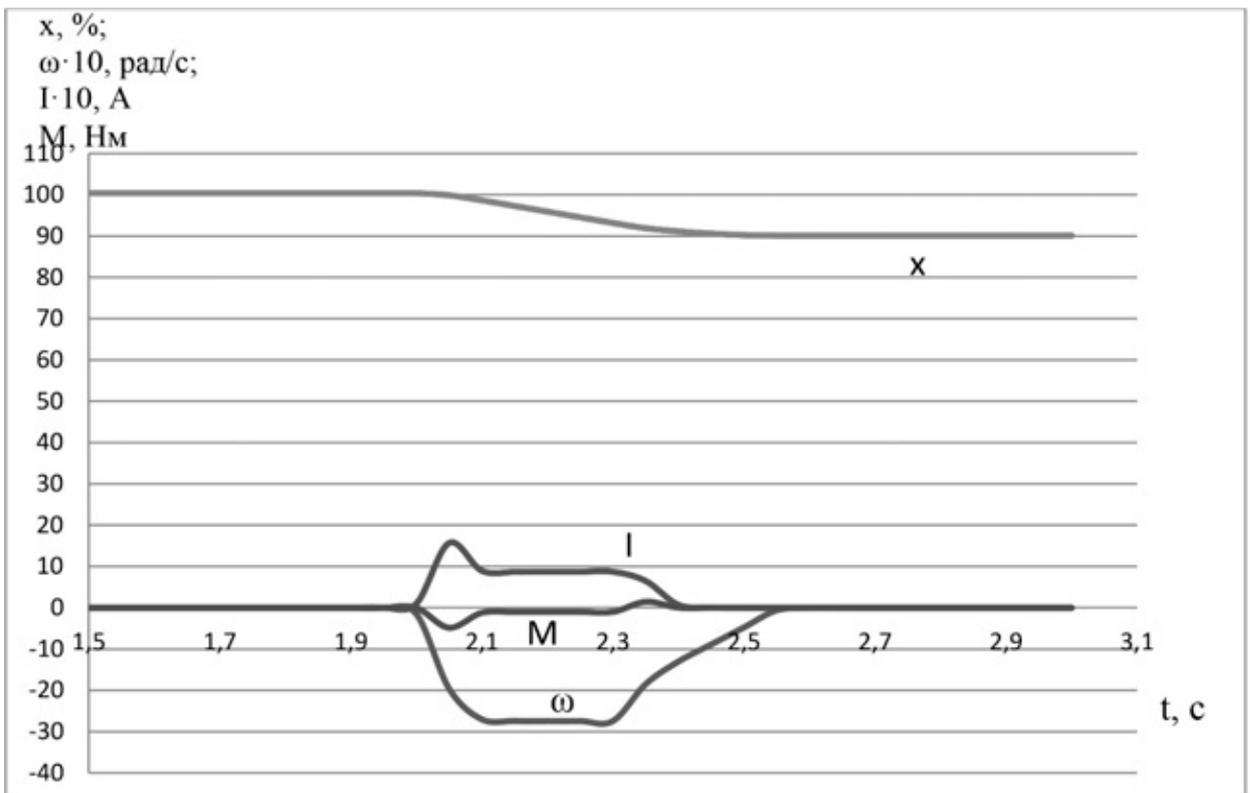


Рисунок 26 – График переходных процессов опускания иглы запорного клапана на 10%

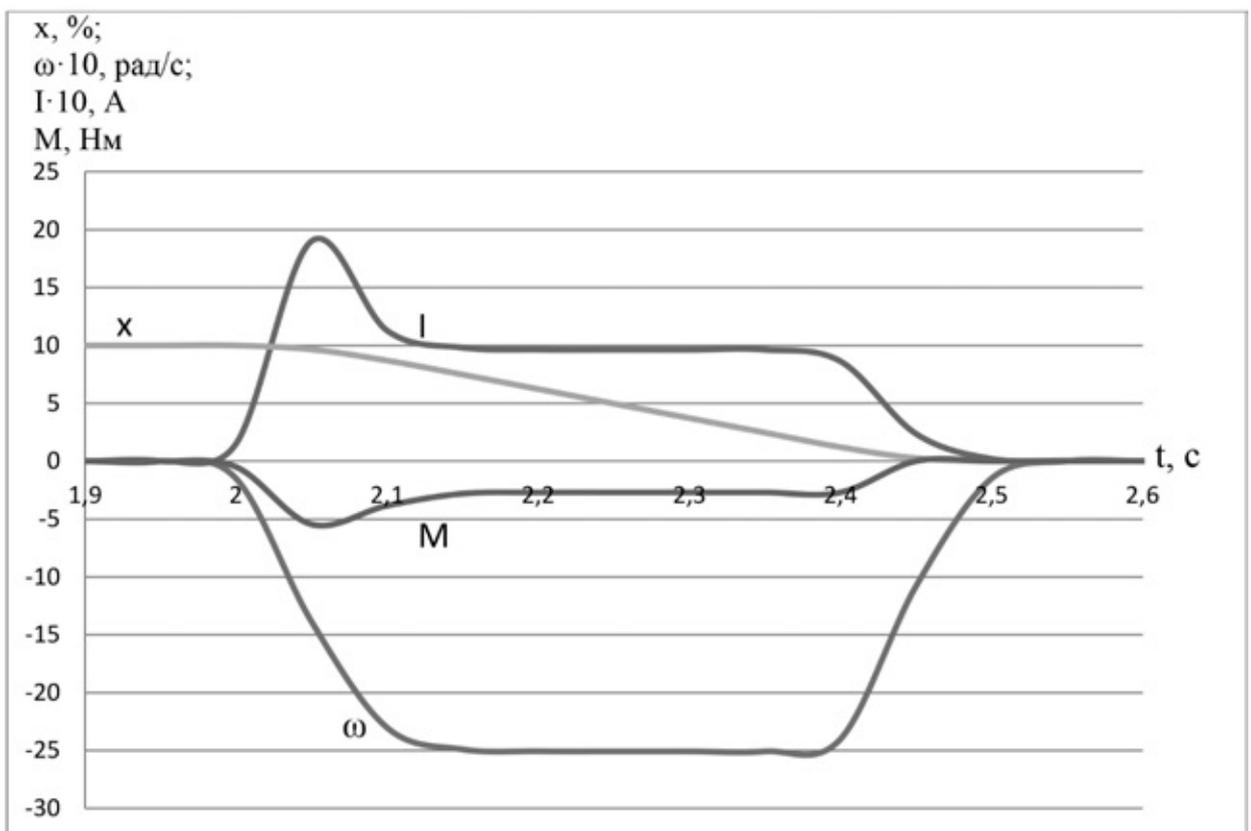


Рисунок 27 – График переходных процессов опускания иглы запорного клапана на 10% в конце хода

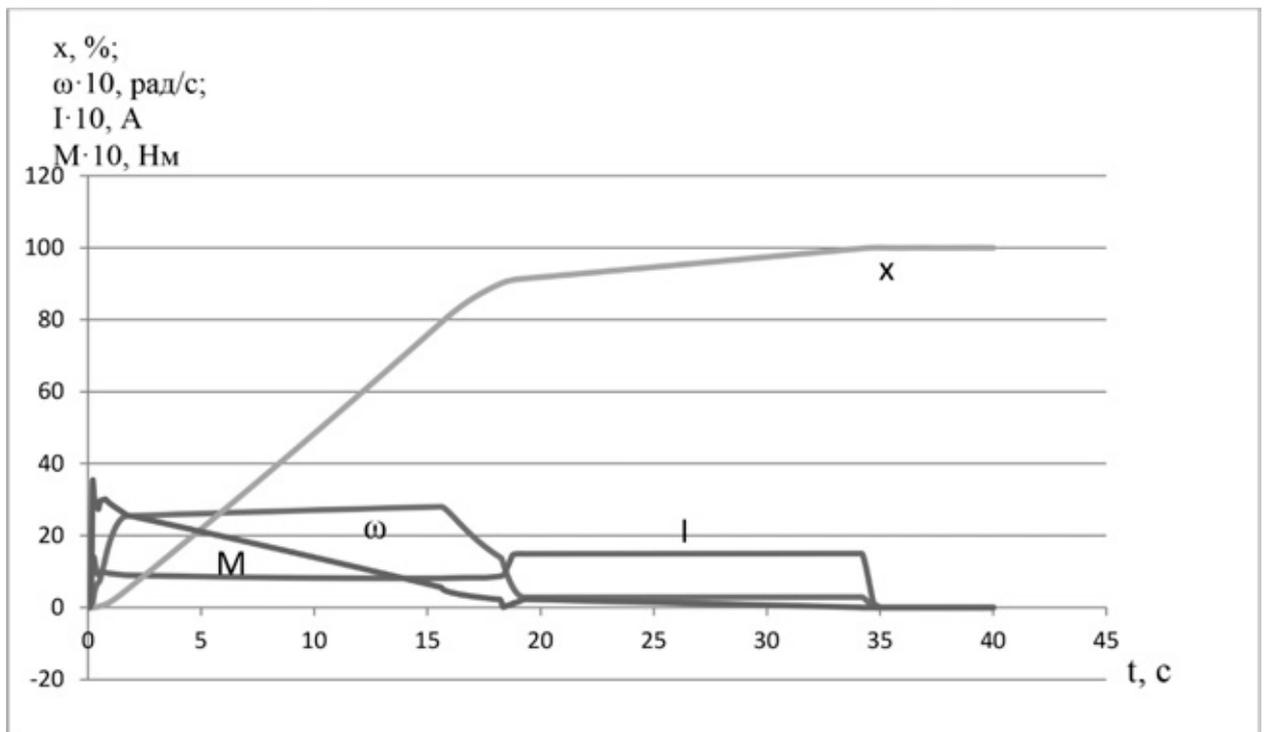


Рисунок 28 – График переходных процессов поднятия иглы запорного клапана на 100%

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Виноградов Алексей Юрьевич

Институт	Институт электронного обучения (ИнЭО)	Кафедра	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

<i>1. Стоимость ресурсов проектной работы: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- Инициализация проекта Распадская угольная компания, - Примерный бюджет проекта 400 000 рублей; - В реализации проекта задействованы 2 человека: руководитель проекта, электро-механик;
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Проект выполняется соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность» В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- Отчисления во внебюджетные фонды - 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проектной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование, - Потенциальные потребители результатов НТП, - Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения
<i>2. Планирование и формирование бюджета проектной работы</i>	- Организация и планирование научно-исследовательских и проектных работ - Расчет бюджета затрат на проектирование
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Определение ресурсной и экономической эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

График Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Фигурко А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Виноградов А.Ю.		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Темой дипломного проекта является «автоматизация технологического процесса механических исследований скважин». Проведение геофизических исследований в скважинах методом инъекционного теста основано на подаче воды в угольный пласт с избыточным давлением и регистрации изменения давления в процессе нагнетания и ожидания его спада.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности проекта, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;
- осуществить планирование этапов выполнения проекта.
- рассчитать бюджет проекта;
- произвести оценку ресурсной и экономической эффективности исследования.

4. 1.Инициализация проекта и его технико-экономическое обоснование

При обработке результатов исследований в ходе проекта с использованием специализированного программного пакета инъекционный тест позволяет определить водопроницаемость, емкостной коэффициент исследуемого угольного пласта, скин-фактор при забойной зоне скважины и степень ее загрязнения на различных стадиях разработки скважины. На основании полученных данных оценивается качество проведенной

стимуляции пласта и даются рекомендации по дальнейшему использованию скважины. [13]

Сущность метода заключается в следующем:

Производится закачка воды в пласт при расходе $Q=50-60$ л/час в течение 6 часов или при достижения расчетного давления (на каждый пласт своё обычно 10 Мпа). Далее закрывается шаровой кран и скважина становится на КВД (кривая восстановления давления) на 24 часа. Пласт поглощает воду которую нагнетали в пласт и давление падает, а манометры прописывают значения вот и получается кривая восстановления давления.

Самое главное процесс закачки нужно проводить при определенном расходе. Насос высокого давления не регулируемый он работает на постоянной производительности (но и с ростом давления производительность насоса тоже падает), поэтому часть воды сбрасывается при помощи сбросного вентиля обратно в ёмкость. Управление сбросным вентилем осуществляет человек, он наблюдает за данными манометра и расходомера, затем в зависимости от этих данных открывает либо закрывает вентиль.

С применением асинхронного двигателя в качестве привода данного вентиля можно избежать следующие недостатки системы: человеческий фактор (низкое время реагирования, ошибка регулирования); затраты на заработную плату.

4.1.1 Потенциальные потребители результатов научно-технического проекта

Разработка проекта производится для «Распадской угольной компании», находящейся в Кемеровской области в городе Новокузнецке. В открытых гидрогеологических систем, к которым относятся большинство метаноугольных месторождений Кузбасса, пластовое давление близко к гидростатическому. При снижении давления в угольном пласте до критического давления десорбции начинается процесс фазного перехода метана из сорбированного состояния в свободное.

Изменение в конструкции в течении времени :

1. На протяжении от 1 года до 10 лет настройку существующего электропривода осуществляет ремонтная служба предприятия и сервисная компания по ремонту производственного оборудования. Более 10 лет – только ремонтная служба предприятия.
2. Замену электропривода, и настройку от 5 и более лет производит ремонтная служба предприятия и сервисная компания.
3. Замену устройства, настройку электропривода осуществляет фирма – производитель оборудования (более 10 лет).

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Для анализа отобрано три варианта конкурентных товара и разработок, использующихся в проектировании.

1. Преобразователь частоты HYUNDAI N700E-370HF (79900руб.), Электропривод ПЭМ-А16(16500 руб.), Контроллер SchneiderModiconM238(3800 руб.), Расходомер US800(2100 руб.), МанометрДМ5002Г(10325руб.) Итого: 120 240 рублей.

2. Частотный преобразователь INNOVERT (89500 руб.), электропривод ЭПЦ-1000 (17890 руб.), дополнительное оборудование (16225 руб.). Итого : 131 450 рублей

3. ПЧ фирмы АВВ модель ACS880-01-031А-2, двигатель фирмы АВВ модель МЗВР 160 МLА мощностью 7,5 кВт, 1000об/мин, редуктор АВВ 1SDA 073732R1, дополнительное оборудование. Итого: 159 123 рублей.\

Производим выбор варианта (комплекта) с использованием метода экспертных оценок.

Для проведения оценки выбраны следующие показатели: *технические* – производительность, помехозащищенность, точность, плавность протекания процессов, степень стандартизации и унификации, удобство управления, шум при работе и *экономические* – капитальные вложения, затраты на эксплуатацию, надежность.

По каждому критерию необходимо установить оценку степени обеспечения: **Низкий -1.0; средний-0.5; высокий-0.**

Таблица 7. Сравнительная характеристика электроприводов.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			примечание
		1	2	3	
1	2	3	4	5	4
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Производительность	1	0	0	0	равная у всех комплектов
2. Помехозащищенность	0,5	0	0,5	0	
3. Точность	0,5	0	0	0	у 3-го комплекта точность выше, но у всех комплектов достаточная
4. Плавность протекания процессов	0,5	0	0	0	
5. Удобство встройки	0,2	0	0,5	0	дополнительные затраты на модуль связи
6. Степень стандартизации унификации	0,3	0	1	0,5	2-й комплект - модуль связи, 3-й двигатель больших размеров
7. Удобство управления	0,5	0	0,5	0	
8. Шум при работе	0,1	0,5	0,5	0	3-й комплект имеет лучшие показатели, т.к. ПЧ и АД одного производителя
Экономические критерии оценки эффективности					
9. Капитальные вложения	1	0	0,5	0,5	
10. Затраты на эксплуатацию	0,8	0	0	0	
11. Надежность	0,8	0	0,5	0	надежность 2-го комплекта ниже, т.к. модуль связи произведен штучно, а не серийно
Итого		0,05	1,85	0,65	

Из сравнительной характеристики электропривода видим, что Оптимальные технические данные и оптимальная стоимость в результате сравнения оказались у первого варианта, который и будем использовать в дальнейшем в проекте.

4.2. Организация и планирование научно-исследовательских и проектных работ

Планирование заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определении участников каждой работы; установлении продолжительности работ в рабочих днях; построении линейного или сетевого графика и его оптимизации.

Календарный план ПНР составлен с учетом выходных праздничных дней. На пуско-наладочный работы потребуется 12 рабочих дней. Результат испытаний ПНР обеспечивают работу электрооборудования в соответствии с действующими правилами устройства электроустановок, технической документацией предприятия-изготовителя.

Всего на разработку и ПНР проекта потребуется 21 рабочих дней, которые выполнят 2 человек: руководитель проекта, электро-механик.

Таблица 8 – Состав и структура основных этапов проектирования

Наименование этапов	Продолжительность этапов, рабочее время
Подготовительный этап	3
Разработка теоретической части темы	2
Составление функциональной схемы электропривода	1
Расчет и выбор оборудования (двигателя, преобразователя частоты, контроллера, расходомера)	2
Выбор метода управления АД	1
Расчет параметров схемы замещения АД	2
Построение статических характеристик АД	1
Компьютерное моделирование	5
Оформление пояснительной записки	4
Всего	21

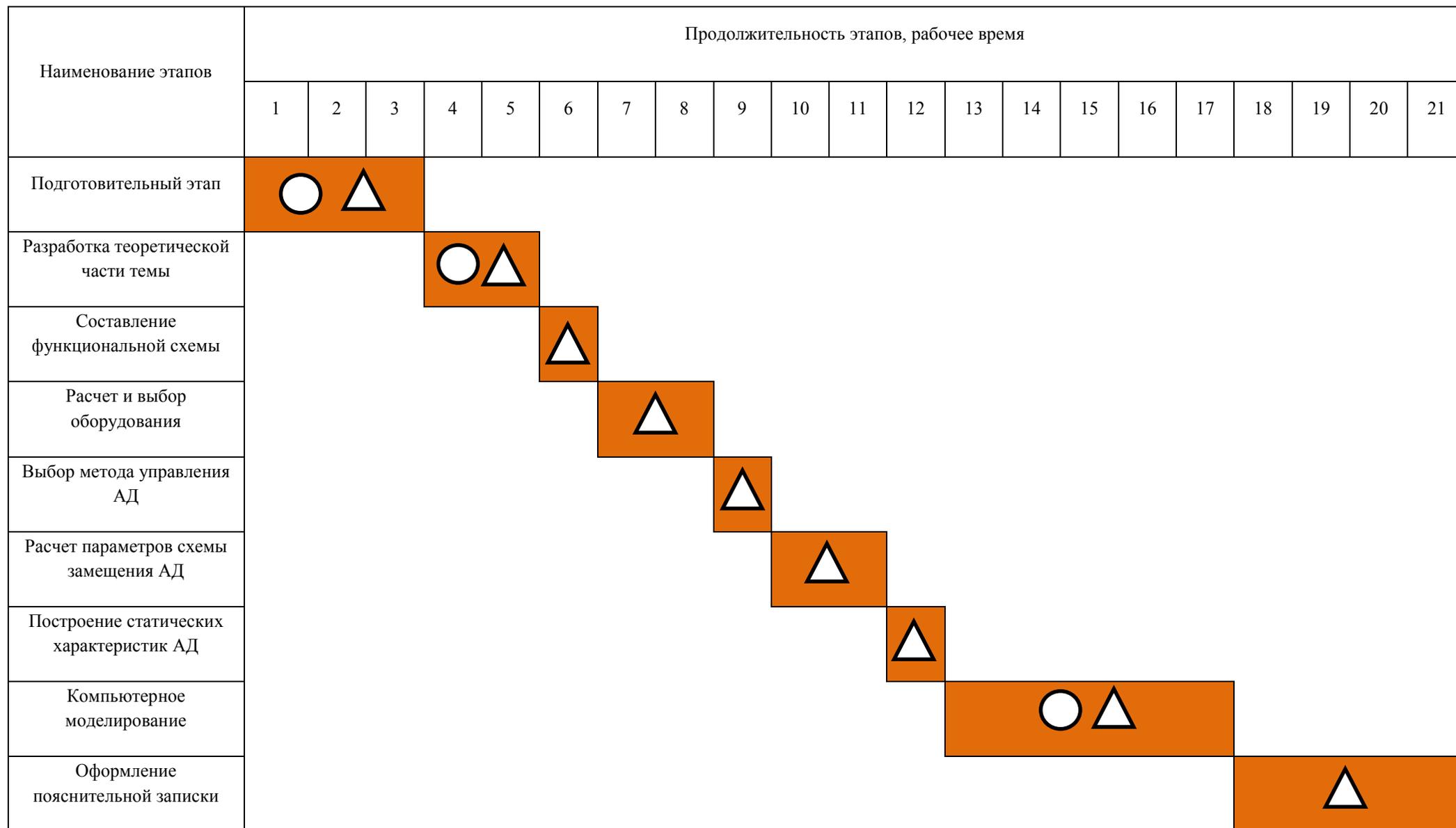


Рисунок 29– Линейный график

○ – Руководитель; △ – электро-механик.

4.3. Расчет затрат и договорной цены проекта электропривода запорного клапана в системе ГДИС

Осуществление проектной работы потребует расчеты следующих пунктов затрат:

- материальные затраты (электрооборудование);
- капитальные затраты (необходимое специальное и дополнительное оборудование, стоимость монтажных и пусконаладочных работ, а также транспортные расходы);
- расчет заработной платы исполнителей проекта;
- расчет пенсионных и страховых расходов;
- расчет накладных расходов;
- расчет расходов при эксплуатации электропривода;
- расчет амортизационных отчислений;
- расчет заработной платы обслуживающего персонала.

Таблица 9 – Затраты и договорная цена

Элементы текущих затрат	Сумма текущих затрат, руб.
Материальные затраты	120 240
Затраты на оплату труда	23132,2
Отчисления на социальные нужды	6939,68
Амортизация основных фондов и нематериальных активов	1400,8
Прочие затраты	121 432
Итого себестоимость разработки	245 020
Прибыль	73506
Договорная цена	385 000

4.3.1. Материальные затраты:

$$МЗ = Ц_{\text{эп}} + Ц_{\text{конт}} + Ц_{\text{рас. метр}} + Ц_{\text{м. м}} = 79\,900 + 16\,500 + 2100 + 10\,325 = 120\,240 \text{руб} \quad (4.1)$$

Ц_{эп}- цена электропривода

Ц_{рас.метр}- цена расходомера,

Ц_{конт.}-цена контролера,

Ц_{м.м}- цена манометра.

4.3.2. Затраты на оплату труда:

Величина планового фонда заработной платы определяется по формуле:

$$ЗП = ЗП_{\text{т}} + ЗП_{\text{д}} + ЗП_{\text{п}} \quad (4.2)$$

где $ЗП_{\text{т}}$ – тарифный фонд заработной платы (по окладам);

$ЗП_{\text{д}}$ – дополнительная заработная плата за неотработанное время (отпуск);

$$ЗП_{\text{д}} = 0,1 ЗП_{\text{т}} \quad (4.3)$$

$ЗП_{\text{п}}$ – доплаты за условия работы и проживания $0,3 ЗП_{\text{т}}$ (учитывается поясной коэффициент и доплата за вредные и опасные условия работы).

Для бюджетных организаций воспользуемся тарифными ставками Единой тарифной сетки (ЕТС), при тарифной ставке 1-го разряда 5550 руб./мес.[14]

Рассчитаем заработную плату руководителя при тарифной ставке 15-ого разряда:

$$ЗП_{\text{т}} = \frac{5550 \cdot 3,62 \cdot 10}{30} = 6697 \text{руб} \quad (4.4)$$

$$ЗП_{\text{д}} = 6697 \cdot 0,1 = 669,7 \text{руб} \quad (4.5)$$

$$ЗП_{\text{р}} = (6697 + 669,7) \cdot 1,3 = 9576,71 \text{руб} \quad (4.6)$$

Рассчитаем заработную плату электро-механика при тарифной ставке 10-ого разряда:

$$ЗП_{Т} = \frac{5550 \cdot 2,44 \cdot 21}{30} = 9479,4 \text{ руб} \quad (4.7)$$

$$ЗП_{Д} = 9479,4 \cdot 0,1 = 947,94 \text{ руб} \quad (4.8)$$

$$ЗП_{ин} = (9479,4 + 947,94) \cdot 1,3 = 13555,5 \text{ руб} \quad (4.9)$$

$$ЗП_{\Sigma} = ЗП_{р} + ЗП_{ин} = 9576,71 + 13555,5 = 23132,2 \text{ руб} \quad (4.10)$$

4.3.3. Отчисления на социальные нужды:

Отчисления на социальные нужды составляют 30% от заработной платы.

$$С_{сн} = ЗП_{\Sigma} \cdot 0,3 = 6939,68 \text{ руб} \quad (4.11)$$

4.3.4. Амортизация основных фондов и нематериальных активов:

$$С_{ам} = \frac{1}{T_{сл}} \cdot K_{обор} \cdot \frac{21}{360} = \frac{1}{5} \cdot 120\,240 \cdot \frac{21}{360} = 1402,8 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

Где: $T_{сл}$ – срок службы оборудования;

$K_{обор}$ – цена оборудования.

Таблица 10 – Стоимость оборудования необходимого для проектирования

Наименование	Стоимость, руб.
Преобразователь частоты HYUNDAI N700E–370HF	79 900
Электропривод ПЭМ–А16	16 500
Контроллер SchneiderModiconM238	3 800
Расходомер US800	21 000
МанометрДМ5002Г	10 325
ИТОГО	120 240

4.3.5. Прочие затраты:

Прочие затраты составляют 140% от суммы всех затрат.

$$\begin{aligned} \text{Зпр} &= (\text{МЗ} + \text{ЗП}\Sigma + \text{C}_{\text{сн}} + \text{C}_{\text{ам}}) \cdot 1,4 = \\ &= (120\,240 + 23132,2 + 6939,68 + 1402,8) \cdot 1,4 \\ &= 173\,254 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (4.13)$$

4.3.6. Итого себестоимость разработки:

$$\begin{aligned} \text{C} &= \text{МЗ} + \text{ЗП}\Sigma + \text{C}_{\text{сн}} + \text{C}_{\text{ам}} + \text{Зпр} = \\ &= 120\,240 + 23132,2 + 6939,68 + 1402,8 + 173\,253 \\ &= 293\,594 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (4.14)$$

4.3.7. Прибыль:

Прибыль составляет 30% от себестоимости разработки.

$$\text{ПР} = \text{C} \cdot 0,3 = 293\,592 \cdot 0,3 = 88\,077 \text{ руб} \quad (4.15)$$

4.3.8. Договорная цена:

$$\text{Ц} = \text{C} + \text{ПР} = 293\,592 + 88\,077 = 381\,669 \text{ руб.} \quad (4.16)$$

Период окупаемости системы можно определить по выражению:

$$\begin{aligned} T_{\text{ок}} &= \frac{K_{\text{пч}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{к}} + K_{\text{р}} + K_{\text{м}} + K_{\text{проект}}}{I_{\text{раб}} - K_{\text{эн}}} = \\ &= \frac{79900+16500+3800+21000+10325+210324}{27000-156} = 12,735, \text{ мес.} \end{aligned} \quad (4.17)$$

Где:

$K_{\text{пч}}$ – цена преобразователя частоты;

$K_{\text{пр}}$ – цена привода;

$K_{\text{к}}$ – цена контроллера;

$K_{\text{р}}$ – цена расходомера;

$K_{\text{м}}$ – цена манометра;

$K_{\text{проект}}$ – затраты на проектирование;

$I_{\text{раб}}$ – средняя ежемесячная зарплата рабочего, управляющего сбросным краном;

$$K_{\text{ЭН}} = P_{\text{дв}} \cdot t_{\text{раб}} \cdot 30 \cdot \text{Тар} = 0,25 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 2,6 = 156 \text{ руб.}$$

стоимость электроэнергии в месяц;

$P_{\text{дв}}$ – мощность двигателя;

$t_{\text{раб}}$ – время работы в сутки;

Тар – тариф на электроэнергию по Кемеровской области.

При расчете затрат и договорной цены проекта электропривода запорного клапана в системе ГДИС было затрачено 293 594 рублей, в эту сумму входят затраты на материалы, затраты на оплату труда, отчисление на соц. нужды, амортизация основных фондов и нематериальных активов и прочие затраты.

Прибыль по договору составляет 88 077 рублей (30 процентов от себестоимости разработки).

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности, определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{р.}i}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{р}i}$ – стоимость i -го варианта исполнения включая ПНР

$$\Phi_{\text{р}1} = 120\,240 \text{ руб.} + 320\,000 \text{ руб.} = 440\,240 \text{ рублей}$$

$$\Phi_{\text{р}2} = 131\,450 \text{ руб.} + 320\,000 \text{ руб.} = 451\,450 \text{ рублей}$$

$$\Phi_{\text{р}3} = \Phi_{\text{max}} = 159\,123 \text{ руб.} + 210\,000 \text{ руб.} = 469\,123 \text{ рублей}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{\text{р}1}}{\Phi_{\text{ПНР}}} = 0.89$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{р2}}}{\Phi_{\text{ПНР}}} = 0.92$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{р3}}}{\Phi_{\text{ПНР}}} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах.

4.4.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Определяется следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \mathring{a} a_i \times b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 11).

Таблица 11 Сравнительная оценка вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 HYUNDAI N700E– 370HF	Исп.2 INNOVERT	Исп.3 ABB модель ACS880- 01- 031A-2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	4	3	3
3. Помехоустойчивость	0,2	4	3	4
4. Энергосбережение	0,25	4	4	4
5. Надежность	0,3	5	3	4
6. Материалоемкость	0,2	5	4	3
ИТОГО	1,3	4,6	3,9	4,2

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,01 = 4,6;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 3,9;$$

$$I_{p-исп3} = 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 = 4,2.$$

4.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = 5.16$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} = 4.23$$

$$I_{исп.3} = \frac{I_{р-исп3}}{I_{финр}} = 4.2$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{сп}$):

$$\mathcal{E}_{сп1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.1}} = 1$$

$$\mathcal{E}_{сп2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}} = 0.82$$

$$\mathcal{E}_{сп1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.1}} = 0.8$$

Таблица 12. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1 HYUNDAI N700E– 370HF	Исп.2 INNOVERT	Исп.3 ABB модель ACS880- 01- 031A-2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	0,92	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,9	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	5,16	4,23	4,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,82	0,8

Сравнение значений с позиции финансовой и ресурсной эффективности указывает на первый вариант исполнения - преобразователь частоты фирмы HYUNDAI N700E-370HF, стоимостью 120 240 рублей, который и был использован в НТП.

Итак, по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» можно сделать следующие выводы:

1. С точки зрения коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта отметим следующее:

Кузбасс - один из крупнейших центров метаноугольных месторождений, в связи с этим, наш проект очень актуален для данных условий и местоположения. Разработка проекта производится для «Распадской угольной компании», которая является одной из самых больших и развивающихся компаний, включающая в себя множество дочерних предприятий по области, и постоянно расширяющая территориальные возможности своей деятельности. Далее, «Распадская угольная компания» является инвестором настоящего проекта, который так же при минимальных затратах времени на внедрение проекта и трудовых ресурсов очень перспективен.

2. Произведен анализ конкурентных проектных технических решений. В результате проведения работы по сравнению и оценки критериев комплектов электроприводов выбран преобразователь частоты HYUNDAI N700E-370HF, электропривод ПЭМ-А16, контроллер SchneiderModicon M238, расходомер, манометр ДМ5002Г. Данный комплект наиболее выгодный и наиболее эффективный по техническим показателям.

3. Произведено планирование работ по проекту, на выполнение которых потребуется 21 день,

4. «Распадская угольная компания» предоставляет 385 000 рублей для реализации проекта, был засчитан бюджет, который составил 293 592 рублей, что сэкономило 30 процентов, в которые вошли 120 240 рублей на

приобретение электрооборудования, прочие затраты составили 173 252 рублей.

5. Произведена оценка ресурсной и экономической эффективности исследования, мы рассмотрели три комплекта оборудования наиболее подходящих для нашего проекта и рассчитали и сравнили все необходимые показатели, а именно: 1) Интегральный финансовый показатель разработки, 2) Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки, 3) Интегральный показатель эффективности, 4) Сравнительная эффективность вариантов исполнения. Рассчитав вышеперечисленные показатели по каждому комплекту оборудования, определили, что самые высокие показатели эффективности у первого комплекта, который мы и внедряем в производство.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г2А1	Виноградов Алексей Юрьевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Вредные факторы: повышенная температура поверхностей ПК; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; отсутствие или недостаток естественного света; прямая и отраженная блёскость; зрительное напряжение; монотонность трудового процесса; нервно-эмоциональные перегрузки.</p> <p>Опасные факторы: повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание; взрывоопасность угольной пыли</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>Работа за компьютером регламентируется следующими документами, устанавливающие обязательные для всех организаций требования: «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05» (утв. Главным госсанврачом РФ 29.07.2005), а также Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», утв. Главным госсанврачом РФ 30.05.2003 ((в ред. Изменения № 1, утв. 25.04.2007 № 22).</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>повышенная температура поверхностей ПК; повышенная или пониженная влажность воздуха; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; отсутствие или недостаток естественного света; прямая и отраженная блёскость; зрительное напряжение; монотонность трудового процесса;</p>
--	--

	нервно-эмоциональные перегрузки.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Электрический ток. Для электробезопасности предусмотрено заземление электрооборудования.</p> <p>При добыче газа возможны взрывы. Для предотвращения используется защитное оборудование электроаппаратов.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Основная опасность для экологии при добыче сланцевого газа заключается в использовании большого количества химикатов, которые смешиваются с водой и песком. Операцию гидроразрыва пластов (ГРП) на одной территории приходится повторять до 10 раз в год. При гидроразрыве химическая смесь пропитывает породу, что ведёт к загрязнению больших территорий, а также грунтовых вод.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Аварийные ситуации</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Работодатели при установке ПК обязаны выполнить следующий перечень требований:</p> <ul style="list-style-type: none"> • к помещению; • к освещению; • к организации медицинского обследования пользователей.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры БЖД	Сечин А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г2А1	Виноградов Алексей Юрьевич		

5. Социальная ответственность

Проведение геофизических исследований в скважинах методом инъекционного теста основано на подаче воды в угольный пласт с избыточным давлением и регистрации изменения давления в процессе нагнетания и ожидания его спада. При обработке результатов исследований с использованием специализированного программного пакета инъекционный тест позволяет определить водопроницаемость, емкостной коэффициент исследуемого угольного пласта, скин-фактор при забойной зоне скважины и степень ее загрязнения на различных стадиях разработки скважины. За всеми этими данными наблюдает оператор при помощи персонального компьютера.

5.1. Техногенная безопасность

В последние годы большое внимание уделяется улучшению условий труда пользователей электронно-вычислительных машин (ПЭВМ), несмотря на то, что качество и безопасность самих ПЭВМ постоянно улучшаются. В развитых странах, в том числе в США, Германии, Швеции, вопрос об опасности работы за дисплеями поднялся до уровня национальной проблемы, а в Германии работа за дисплеями входит в список 40 наиболее вредных и опасных профессий.[1]

Работа с персональным компьютером — это воспроизведение визуальной информации на дисплее, которая должна быстро и точно восприниматься пользователем.

Основным фактором, влияющим на производительность труда людей, работающих с ПЭВМ, являются комфортные и безопасные условия труда.[2]

Условия труда пользователя, работающего с персональным компьютером, определяются:

- § особенностями организации рабочего места;

§ условиями производственной среды (освещением, микроклиматом, шумом, электромагнитными и электростатическими полями, визуальными эргономическими параметрами дисплея и т. д.);

§ характеристиками информационного взаимодействия человека и персональных электронно-вычислительных машин.

При выполнении работ на персональном компьютере (ПК) согласно ГОСТу 12.0.003-74 ССБТ [17]. Могут иметь место следующие факторы:

- § повышенная температура поверхностей ПК;
- § повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- § повышенная или пониженная влажность воздуха;
- § повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание;
- § повышенный уровень электромагнитных излучений;
- § отсутствие или недостаток естественного света;
- § повышенная контрастность;
- § зрительное напряжение;
- § монотонность трудового процесса;
- § нервно-эмоциональные перегрузки.

Работа на ПК сопровождается постоянным и значительным напряжением функций зрительного анализатора. Одной из основных особенностей является иной принцип чтения информации, чем при обычном чтении. При обычном чтении текст на бумаге, расположенный горизонтально на столе, считывается работником с наклоненной головой при падении светового потока на текст. При работе на ПК оператор считывает текст, почти не наклоняя голову, глаза смотрят прямо или почти прямо вперед, текст (источник — люминесцирующее вещество экрана) формируется по другую сторону экрана, поэтому пользователь не считывает отраженный текст, а смотрит непосредственно на источник света, что вынуждает глаза и орган

зрения в целом работать в несвойственном ему стрессовом режиме длительное время.

Расстройство органов зрения резко увеличивается при работе более четырех часов в день. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) ввела понятие “компьютерный зрительный синдром” (КЗС), типовыми симптомами которого являются жжение в глазах, покраснение век и конъюнктивы, чувство инородного тела или песка под веками, боли в области глазниц и лба, затуманивание зрения, замедленная перефокусировка с ближних объектов на дальние.[2]

Нервно-эмоциональное напряжение при работе на ПК возникает вследствие дефицита времени, большого объема и плотности информации, особенностей диалогового режима общения человека и ПК, ответственности за безошибочность информации. Продолжительная работа на дисплее, особенно в диалоговом режиме, может привести к нервно-эмоциональному перенапряжению, нарушению сна, ухудшению состояния, снижению концентрации внимания и работоспособности, хронической головной боли, повышенной возбудимости нервной системы, депрессии.

Кроме того, при повышенных нервно-психических нагрузках в сочетании с другими вредными факторами происходит “выброс” из организма витаминов и минеральных веществ. При работе в условиях повышенных нервно-эмоциональных и физических нагрузок гиповитаминоз, недостаток микроэлементов и минеральных веществ (особенно железа, магния, селена) ускоряет и обостряет восприимчивость к воздействию вредных факторов окружающей и производственной среды, нарушает обмен веществ, ведет к изнашиванию и старению организма. Поэтому при постоянной работе на ПК для повышения работоспособности и сохранения здоровья к мерам безопасности относится защита организма с помощью витаминно-минеральных комплексов, которые рекомендуется применять всем, даже практически здоровым пользователям ПК.

Повышенные статические и динамические нагрузки у пользователей ПК приводят к жалобам на боли в спине, шейном отделе позвоночника и руках. Из всех недомоганий, обусловленных работой на компьютерах, чаще встречаются те, которые связаны с использованием клавиатуры. В период выполнения операций ввода данных количество мелких стереотипных движений кистей и пальцев рук за смену может превысить 60 тыс., что в соответствии с гигиенической классификацией труда относится к категории вредных и опасных. Поскольку каждое нажатие на клавишу сопряжено с сокращением мышц, сухожилия непрерывно скользят вдоль костей и соприкасаются с тканями, вследствие чего могут развиваться болезненные воспалительные процессы. Воспалительные процессы тканей сухожилий (тендениты) получили общее название “травма повторяющихся нагрузок”. [2]

Большинство работающих рано или поздно начинают предъявлять жалобы на боли в шее и спине. Эти недомогания накапливаются постепенно и получили название “синдром длительных статических нагрузок” (СДСН).

Другой причиной возникновения СДСН может быть длительное пребывание в положении “сидя”, которое приводит к сильному перенапряжению мышц спины и ног, в результате чего возникают боли и неприятные ощущения в нижней части спины. Основной причиной перенапряжения мышц спины и ног являются нерациональная высота рабочей поверхности стола и сидения, отсутствие опорной спинки и подлокотников, неудобное размещение монитора, клавиатуры и документов, отсутствие подставки для ног.

Естественный свет имеет высокую биологическую и гигиеническую ценность, так как обладает благоприятным для зрения человека спектральным составом и оказывает положительное воздействие на психологическое состояние человека - создает ощущение связи его с окружающим миром. Отсутствие или недостаток естественного освещения в рабочем помещении классифицируют как вредный производственный фактор.

В зависимости от типа промышленного здания естественное освещение может быть верхним - через световые фонари в крыше, боковым - через оконные проемы и комбинированным.

Предприятия, как правило, имеют боковое естественное освещение. При одностороннем боковом освещении нормируется минимальное значение коэффициента естественной освещенности в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов. При двустороннем боковом освещении нормируется в точке посередине помещения.

Естественное освещение должно осуществляться через светопроемы, ориентированные преимущественно на север и северо-восток и обеспечивать коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,2 % в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5 % на остальной территории. Коэффициент пульсации освещенности не выше 15%. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк.

Психофизиологические вредные факторы: напряжение зрения и внимания; интеллектуальные, эмоциональные и длительные статические нагрузки; монотонность труда; большой объем информации, обрабатываемый в единицу времени; нерациональная организация рабочего места.

Повышенная влажность воздуха создает неблагоприятные метеорологические условия - происходит нарушение терморегуляции и перегревание организма, уменьшается испарение пота, а следовательно, уменьшается и отдача тепла организмом, что резко ухудшает состояние и работоспособность человека. Низкая относительная влажность воздуха способствует испарению пота, в результате чего происходит быстрая отдача тепла организмом. Понижение относительной влажности воздуха до 20 % вызывает неприятное ощущение сухости слизистых оболочек верхних дыхательных путей.

Таблица 13 –Оптимальные параметры микроклимата помещений с использованием ПЭВМ.

Температура, °С	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, г/м ³	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	< 0,1
20	58	10	< 0,1
21	55	10	< 0,1

Слабые электромагнитные поля (ЭМП) мощностью сотые и даже тысячные доли Ватт высокой частоты для человека опасны тем, что интенсивность таких полей совпадает с интенсивностью излучений организма человека при обычном функционировании всех систем и органов в его теле. В результате этого взаимодействия собственное поле человека искажается, провоцируя развитие различных заболеваний, преимущественно в наиболее ослабленных звеньях организма.[2]

Тепловое воздействие ЭМП характеризуется повышением температуры тела, локальным избирательным нагревом клеток, тканей и органов вследствие перехода ЭМП в тепловую энергию. Интенсивность нагрева зависит от количества поглощенной энергии и скорости оттока тепла от облучаемых участков тела. Отток тепла затруднен в органах и тканях с плохим кровоснабжением. К ним в первую очередь относится хрусталик глаза, вследствие чего возможно развитие катаракты. Тепловому воздействию ЭМП подвергаются также паренхиматозные органы (печень, поджелудочная железа) и полые органы, содержащие жидкость (мочевой пузырь, желудок). Нагревание их может вызвать обострение хронических заболеваний.[2]

Таблица 14 –Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах.

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Поражение электрическим током возникает при соприкосновении с электрической цепью, в которой присутствуют источники напряжения или источники тока, способные вызвать протекание тока по попавшей под напряжение части тела. Обычно чувствительным для человека является пропускание тока силой более 1 мА. Кроме того, на установках высокого напряжения возможен удар электрическим током без прикосновения к токоведущим элементам, в результате утечки тока или пробоя воздушного промежутка.

Сила поражения зависит от мощности разряда, от времени воздействия, от характера тока (постоянный или переменный), от состояния человека — влажности рук и т. п., а также от места соприкосновения и пути прохождения тока по организму. Последствия:

- Из-за высокого электрического сопротивления человеческих тканей происходит довольно быстрое их нагревание, что может вызывать ожоги.
- Даже сравнительно малые напряжения, порядка 110—230 В, при кратковременном контакте с грудной клеткой могут вызывать сбой в работе сердечной мышцы (60 мА для переменного тока, 300—500 мА для постоянного). Удар током также используется для восстановления работы сердца, таким образом устраняя эффект фибрилляции. Такой прибор называется дефибриллятором.
- Удар током может вызвать сбой в работе нервной системы, например, беспорядочные сокращения мышц. Повторяющиеся удары могут вызвать невралгию. Острая электротравма может стать причиной нарастающей асистолии.
- При поражении головы электрическим током возможна потеря сознания.
- При достаточно высоких напряжениях и силе тока могут возникать так называемые электрические дуги, наносящие сильные термические ожоги. Электрическая дуга также создает сильное световое

излучение(ярче, чем Солнце), поэтому, например, сварщики используют специальные маски (очки) с тёмным стеклом (светофильтром), чтобы защитить глаза, и специальные перчатки и одежду, чтобы обезопасить себя от удара током.

Взрывоопасность угольной пыли.

Основными факторами, влияющими на взрывчатость угольной пыли, являются ее дисперсность и концентрация, выход летучих веществ, зольность и содержание влаги, а также вид источника воспламенения и состав шахтного воздуха.

Дисперсностью угольной пыли называется степень измельченности частичек пыли. Наиболее опасны в отношении взрыва пылевые частицы размером от 10 до 75 мкм. Тонкодисперсная пыль размером менее 10 мкм обладает пониженной взрывчатостью. Наиболее высокими взрывчатыми свойствами обладает угольная пыль с размерами частиц 45 мкм.

Выход летучих веществ. При массовой доле летучих частиц менее 10% угольная пыль практически не обладает взрывчатыми свойствами. При наличии 10-25% летучих веществ степень взрывчатости угольной пыли очень быстро возрастает, при выходе летучих веществ более 25% взрывчатость увеличивается менее быстрыми темпами. Наиболее легко взрывается пыль с содержанием летучих веществ от 17% до 32%.

5.2. Организационные мероприятия обеспечения безопасности.

Для существенного уменьшения боли и неприятных ощущений, возникающих у пользователей ПК, необходимы частые перерывы в работе и эргономические усовершенствования, в том числе оборудование рабочего места так, чтобы исключать неудобные позы и длительные напряжения.

К числу факторов, ухудшающих состояние здоровья пользователей компьютерной техники, относятся электромагнитное и электростатическое поля, акустический шум, изменение ионного состава воздуха и параметров

микроклимата в помещении. Немаловажную роль играют эргономические параметры расположения экрана монитора (дисплея), состояние освещенности на рабочем месте, параметры мебели и характеристики помещения, где расположена компьютерная техника.[2]

Типичными ощущениями, которые испытывают к концу рабочего дня операторы ПЭВМ, являются: переутомление глаз, головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания.

Длительная и интенсивная работа на компьютере может стать источником тяжелых профессиональных заболеваний, таких, как травма повторяющихся нагрузок (ТПН), представляющая собой постепенно накапливающиеся недомогания, переходящие в заболевания нервов, мышц и сухожилий руки.

К профессиональным заболеваниям, связанным с ТПН, относятся:

§ тендовагинит — воспаление сухожилий кисти, запястья, плеча;

§ тендосиновит — воспаление синовиальной оболочки сухожильного основания кисти и запястья;

§ синдром запястного канала (СЗК) – вызывается ущемлением срединного нерва в запястном канале. Накапливающаяся травма вызывает образование продуктов распада в области запястного канала, в результате чего вначале возникает отек, а затем СЗК.

Появляются жалобы на жгучую боль и покалывание в запястье, ладони, а также пальцах, кроме мизинца. Наблюдается болезненность и онемение, ослабление мышц, обеспечивающих движение большого пальца.[2]

Эти заболевания обычно наступают в результате непрерывной работы на неправильно организованном рабочем месте.

Механизм нарушений, происходящих в организме под влиянием электромагнитных полей, обусловлен их специфическим (нетепловым) и тепловым действием.

Специфическое воздействие ЭМП отражает биохимические изменения, происходящие в клетках и тканях. Наиболее чувствительными являются центральная и сердечно-сосудистая системы. Возможны отклонения со стороны эндокринной системы.

В начальном периоде воздействия может повышаться возбудимость нервной системы, проявляющаяся раздражительностью, нарушением сна, эмоциональной неустойчивостью. В последующем развиваются астенические состояния, т.е. физическая и нервно-психическая слабость. Поэтому для хронического воздействия ЭМП характерны: головная боль, утомляемость, ухудшение самочувствия, гипотония (снижение артериального давления), брадикардия (урежение пульса), боли в сердце. Указанные симптомы могут быть выражены в разной степени.

5.3. Особенности законодательного регулирования проектных решений.

С 30 июня 2003 г. введены новые Санитарно-эпидемиологические правила СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03[18]. Требования Санитарных правил распространяются на вычислительные электронные цифровые машины персональные и портативные; периферические устройства вычислительных комплексов (принтеры, сканеры, клавиатуру, модемы внешние); устройства отображения информации (видеодисплейные терминалы — ВДТ) всех типов, условия и организацию работы с ПЭВМ и направлены на предотвращение неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ. Рабочие места с использованием ПЭВМ и помещения для их эксплуатации должны соответствовать требованиям Санитарных правил.[2]

5.4. Региональная безопасность.

Одной из 2-х базовых технологий для добычи сланцевого газа является технология гидравлического разрыва пласта (Hydraulicfracturing). Гидравлический разрыв пласта — это процесс, который предполагает введение смеси воды, песка и химических веществ в газоносные породы под чрезвычайно высоким давлением (500-1500 атм). Давление приводит к образованию крошечных трещин, которые позволяют газу вырваться. Вся эта система трещин связывает скважину с удаленными от забоя продуктивными частями пласта. Для предотвращения смыкания трещин после снижения давления в них вводят крупнозернистый песок, добавляемый в жидкость, нагнетаемую в скважину. Радиус трещин может достигать нескольких десятков метров.[3]

Процесс разрыва в большой степени зависит от физических свойств жидкости и, в частности от ее вязкости. Чтобы давление разрыва было наименьшим, нужно, чтобы она была фильтрующей. Повышение вязкости так же, как и уменьшение фильтруемости жидкостей, применяемых при разрыве пластов, осуществляется введением в них соответствующих добавок. Такими загустителями для углеводородных жидкостей, применяемых при разрыве пластов, являются соли органических кислот, высокомолекулярные и коллоидные соединения нефти (например, нефтяной гудрон и другие отходы нефтепереработки). Значительной вязкостью и высокой песконесущей способностью обладают некоторые нефти, керосино-кислотные и нефтекислотные эмульсии, применяемые при разрыве карбонатных коллекторов, и водо-нефтяные эмульсии. Эти жидкости и используются в качестве жидкостей разрыва и жидкостей-песконосителей при разрыве пластов в нефтяных скважинах. Применение жидкостей разрыва и жидкостей-песконосителей на углеводородной основе для разрыва пластов в водонагнетательных скважинах может привести к ухудшению проницаемости пород для воды вследствие образования смесей воды с углеводородами. Во

избежание этого явления пласты в водонагнетательных скважинах разрывают загущенной водой. Для загущения применяют сульфид-спиртовуюоборду (ССБ) и другие производные целлюлозы, хорошо растворимые в воде. Как правило жидкости используемые при ГРП канцерогенные. Особую опасность представляет собой возможность попадания химических реагентов, используемых при гидравлическом разрыве в пласты содержащие артезианскую воду, используемую для питья.[3]

Основная опасность для экологии при добыче сланцевого газа заключается в использовании большого количества химикатов, которые смешиваются с водой и песком. Операцию гидроразрыва пластов (ГРП) на одной территории приходится повторять до 10 раз в год. При гидроразрыве химическая смесь пропитывает породу, что ведёт к загрязнению больших территорий, а также грунтовых вод.

Именно поэтому в штате Нью-Йорк в США добыча сланцевого газа была запрещена. В Европе, где экологическое законодательство более жёсткое, чем в США, это может стать основной причиной, по которой добыча сланцевого газа не получит серьёзного распространения. Профессор Владимир Мордкович, автор инновационной российской технологии переработки попутного газа, считает, что в будущем с добычей сланцевого газа будут связаны громкие экологические скандалы.

Профессор Украинского государственного химико-технологического университета Вильям Задорский сообщил о возможных, даже наивероятнейших последствиях, которые следуют после добычи сланцевого газа с помощью выбранного выигравшими тендер фирмами метода гидроразрыва сланцевого пласта:

- заражение грунтовых вод химическими реактивами для гидроразрыва;
- разрушительные процессы в самом грунте и в почве, вплоть до сейсмической нестабильности и землетрясений;

— заражение почвы от слива отработанной воды и множества других сопутствующих технологических факторов;

— загрязнение воздуха выбросами не только углеводородов, но и 369 веществ (из них более половины токсичных), входящих в раствор, закачиваемый для Fracking-процесса (гидроразрыва);

— проседание почвы в местах гидроразрыва.

При осуществлении гидроразрыва пласта с помощью мощных насосных станций в скважину производят закачку так называемых «жидкостей разрыва» (гель, в некоторых случаях вода либо кислота). Для поддержания трещины в открытом состоянии в терригенных коллекторах используется расклинивающий агент-проппант, в карбонатных — кислота, которая разъедает стенки созданной трещины. Эти агрессивные вещества могут попадать в водоносные слои и, соответственно, загрязнять их.[3]

Главной же экологической проблемой, по мнению заместителя директора НТЦ «Психея» Геннадия Рябцева, является возможность загрязнения водоносных пластов метаном и используемыми растворами. «Даже очищенный буровой раствор, в котором на химические добавки приходится всего 1-2%, способен отравить грунтовые воды, тем более, что из скважин поднимают только треть используемой воды. Некоторые компоненты, которые применяют для достижения требуемой вязкости жидкости разрыва, имеют канцерогенный характер, поэтому их попадание в пласты, содержащие подземные воды, опасно. К тому же, трещины от гидроразрыва могут распространяться вверх, загрязняя грунтовые воды закачиваемой жидкостью или способствуя поступлению в них метана», - считает эксперт. По словам Г.Рябцева, уголовная ответственность за проведение гидроразрывов введена во Франции, мораторий на гидроразрыв введен в штате Нью-Йорк (США), а также – на землях Нижняя Саксония и Северный Рейн-Вестфалия (ФРГ). При этом он подчеркнул, что технология добычи сланцевого газа сопряжена с риском нанести вред экологии. В

сланцевую породу закачивается огромное количество воды, необходимой для гидроразрыва, что может нанести серьезный вред окружающей среде.[3]

5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Обеспечение безопасности производственных объектов нефтяной и газовой промышленности — одно из основных условий успешного функционирования и развития нефтегазовой отрасли.

Нефтегазовая промышленность относится к потенциально опасным отраслям. Одними из основных загрязнителей атмосферы являются летучие органические соединения, доля которых в выбросах достигает 20 %. Большое количество воды, используемой в технологических процессах, приводит к загрязнению сточных вод. К загрязнителям относятся также нефтяные шламы, образующиеся при строительстве нефтяных и газовых скважин, при разработке и эксплуатации месторождений; сточные воды, содержащие нефтепродукты, образующиеся при очистке резервуаров, емкостей и другого оборудования. Хранение некоторых видов отходов сопряжено с загрязнением природных водоемов, многие хранилища-накопители переполнены или требуют ревизии. К мероприятиям по модернизации производства нефтегазового комплекса относятся управление техногенными рисками; разработка оборотного водоснабжения промышленных предприятий с рециркуляцией сточных вод и с устойчивым функционированием системы, с учетом запаздываний изменения регулируемых параметров жидкости в системе трубопроводов и т.д.

Факторы отказа элементов на объектах нефтегазового комплекса:

- разрыв трубопроводов, подающих реагенты и воду в нагнетательные скважины;
- разрыв любых соединений между блоками в технологическом оборудовании нагнетательных и эксплуатационных скважин, а также при транспортировке добытой продукции;

- серьезное нарушение герметичности или разрушение корпуса любого элемента, через который подаются жидкие, газообразные вещества и вода;
- скачки напряжения или полное отключение подачи электроэнергии в электросети;
- воспламенение веществ и оборудования;
- стихийные бедствия и т.п.

Для предотвращения чрезвычайной ситуации можно использовать следующие мероприятия:

- размещать наиболее ответственные или потенциально опасные звенья технологической линии в герметических отсеках производственного здания или сооружения;
- разделять отдельные части технологического оборудования прочными несгораемыми перегородками;
- предусматривать резервное электропитание для всех звеньев технологической линии;
- использовать сейсмически устойчивые здания и сооружения;
- оперативно блокировать работу технологической линии и вспомогательного оборудования при наступлении потенциально опасных чрезвычайных ситуаций.

Заключение

Для процесса автоматизации при проведении гидродинамического исследования скважин было избрано следующее оборудование:

- манометр тип марки ДМ5002Г;
- расходомер тип марки US-800;
- контроллер тип марки Schneider Modicon M238;
- преобразователь частоты HYUNDAI N700E–370HF;
- игольчатый регулирующийся клапан с электроприводом марки ПЭМ–А16;

Электропривод регулируемого игольчатого клапана производится в вместе с двигателем асинхронным тип марки АИР63В6.

Были построены и рассчитаны электромеханические и механические характеристики двигателя.

Была в программной среде matlab создана имитационная модель, которая позволит получить графики переходных процессов регулируемого электропривода регулировочного клапана.

При помощи модели имитационной, которая создана в среде MATLAB, были проанализированы следующие ситуации:

- работа электропривода под нагрузкой ступенчатой и без нагрузки;
- работа электропривода под нагрузкой плавно изменяющейся;
- работа электропривода при различных частотах питающего напряжения;
- изменение величины перемещения иглы клапана на малые (<10%) и большие (>10%) расстояния.

В ходе ознакомления с существующей системой ГДИС было выяснено что в данный момент управлением клапаном запорным в ПАО «Газпром» осуществляется в режиме ручного управления. В связи с этим можно сказать, что автоматизация процесса нагнетания жидкости при гидродинамических исследованиях скважин с использованием проходного регулировочного клапана является актуальной темой. Срок окупаемости оборудования составит 18 месяцев.

Список использованной литературы

1. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистров всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ. На/Сост. Ю.В.Бородин, В.Н.Извеков, Е.В.Ларионова, А.М.Плахов. - Томск: Изд – во Томского политехнического универ-та, 2014. – 20 с.
2. Вредные и опасные факторы при работе с компьютером. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/vrednye-factory-pri-rabote-na-pk.html> (дата обращения: 22.05.2014).
3. Вред окружающей среде при добыче сланцевого газа – [Электронный ресурс]. – URL: <http://orgproduct.jimdo.com/> (дата обращения: 22.05.2014).
4. И.Г. Однокопылов, В.В. Гнеушев, Д.А. Сизиков, В.В. Шишляев. Автоматизация процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях фильтрационных характеристик угольных пластов. Томский политехнический университет, ОАО «Газпром промгаз», г. Москва
5. Логический контроллер Modicon M238 – Руководство по эксплуатации, 2011г.
6. Приводы электрические многооборотные ПЭМ – Руководство по эксплуатации ЯЛБИ.421312.014 РЭ. ОАО «АБС ЗЭиМ Автоматизация», г. Москва.
7. Расходомер – счетчик жидкости ультразвуковой US–800 – Руководство по эксплуатации. ООО «Водотеплоприборы», г. Москва
8. Манометр цифровой ДМ5002Г – Руководство по эксплуатации 5Ш0.283.342 РЭ.
9. Н.В.Кояин, О.П.Мальцева, Л.С.Удут. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод. Имитационные модели в среде моделирования MATLAB-Simulink. Методика настройки систем управления электропривода. г. Томск 2014г.

10. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.
11. Инструкция, руководство по эксплуатации частотного преобразователя N700E.
12. Электромеханические свойства двигателей переменного тока – [Электронный ресурс]. – URL: http://model.exponenta.ru/epivod/glv_030.htm (дата обращения: 5.05.2014).
13. Исследования фильтрационных свойств угольных пластов – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.uglemetan.ru/field_tests.htm (дата обращения: 10.05.2014).
14. Л.А.Коршунова, Н.Г. Кузьмина. Техничко-экономическое обоснование инновационного проекта. Методические указания по выполнению экономического раздела ВКР для студентов энергетических специальностей всех форм обучения. Издательство Томского политехнического университета Томск – 2012.
15. Гидродинамические исследования скважин. Википедия – [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 10.05.2014).
16. Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Электропривод переменного тока: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 218 с.

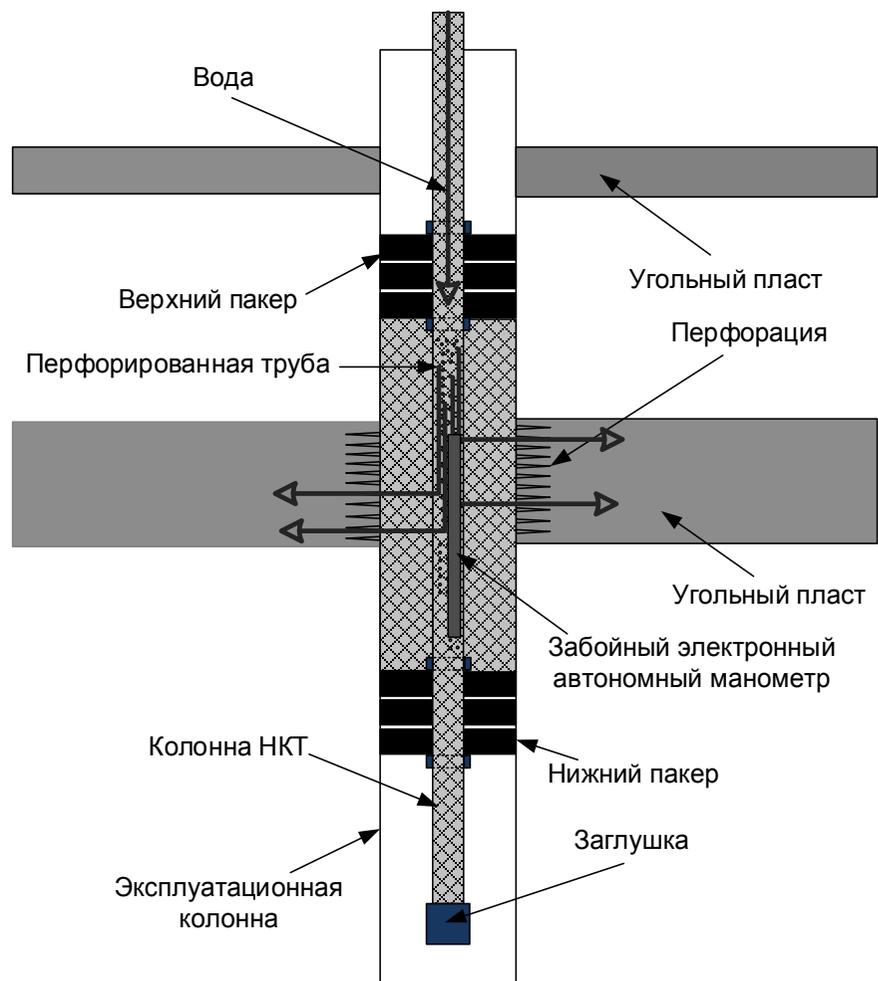
Список использованной нормативной литературы

17. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.
18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы», утв. Главным госсанврачом РФ 30.05.2003 ((в ред. Изменения № 1, утв. 25.04.2007 № 22).

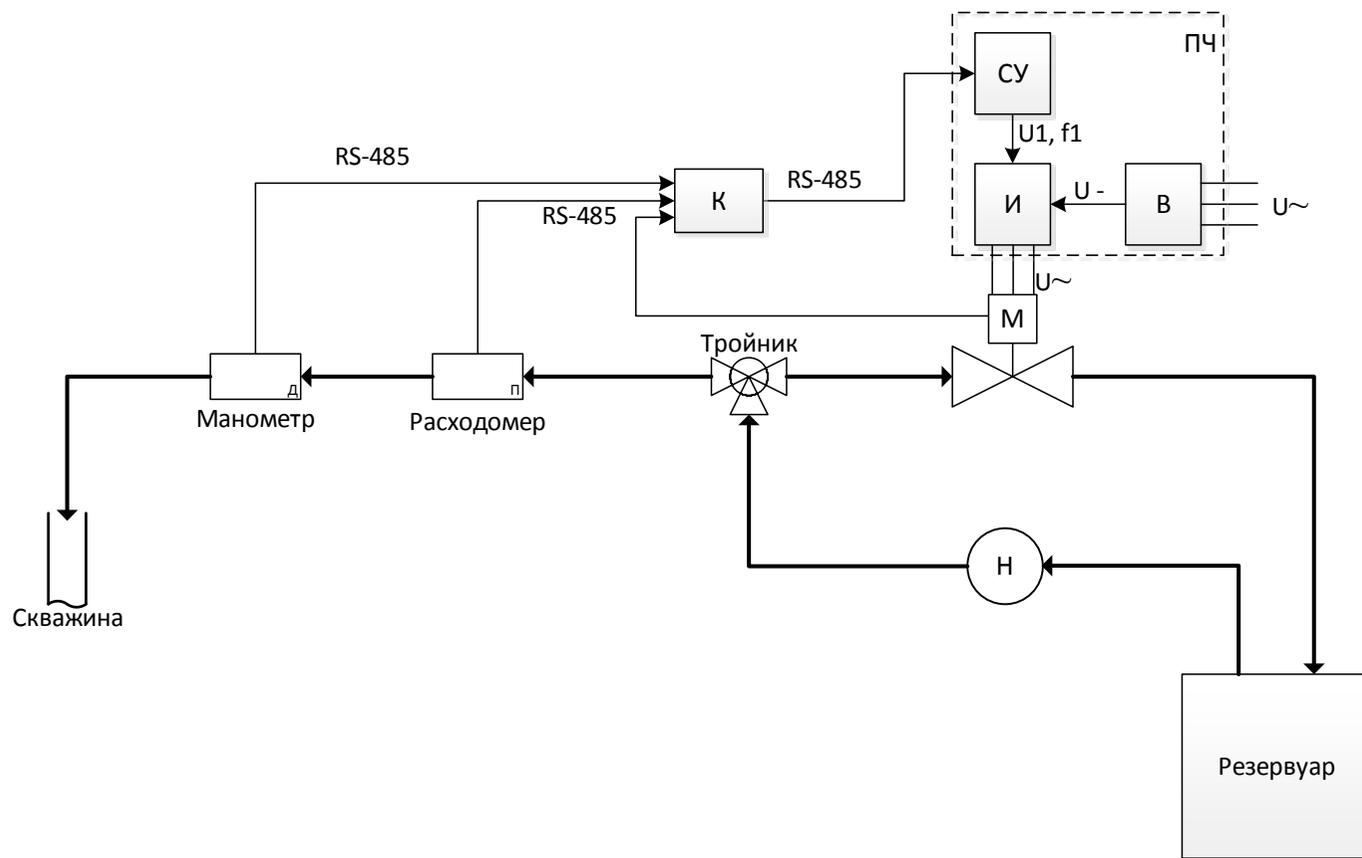
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Графический материал

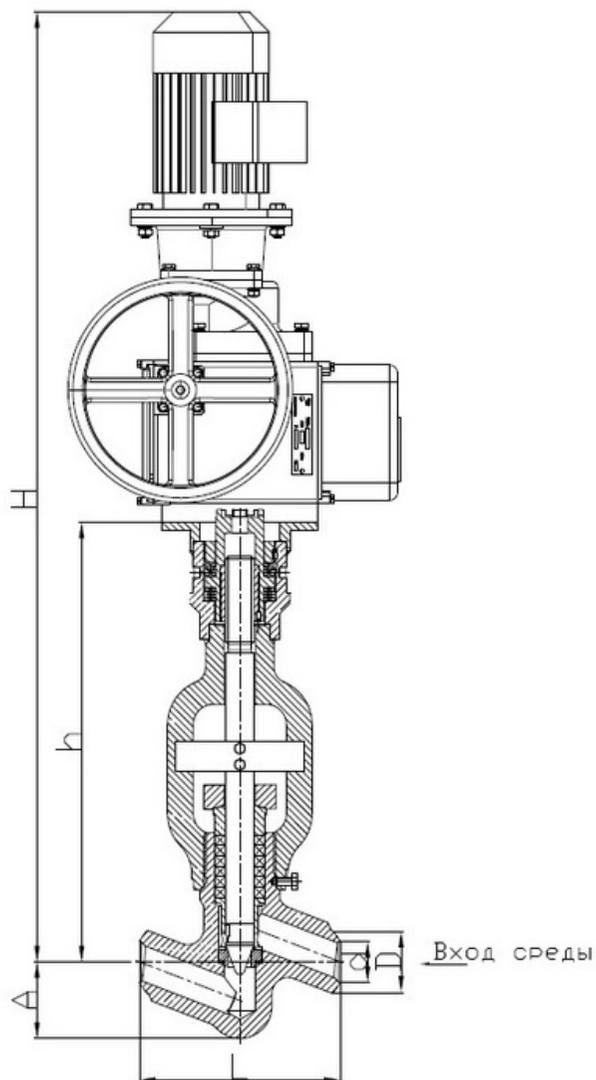
Технологический процесс гидродинамических исследований



Функциональная схема автоматизации процесса нагнетания при гидродинамических исследованиях скважин с использованием проходного регулировочного клапана

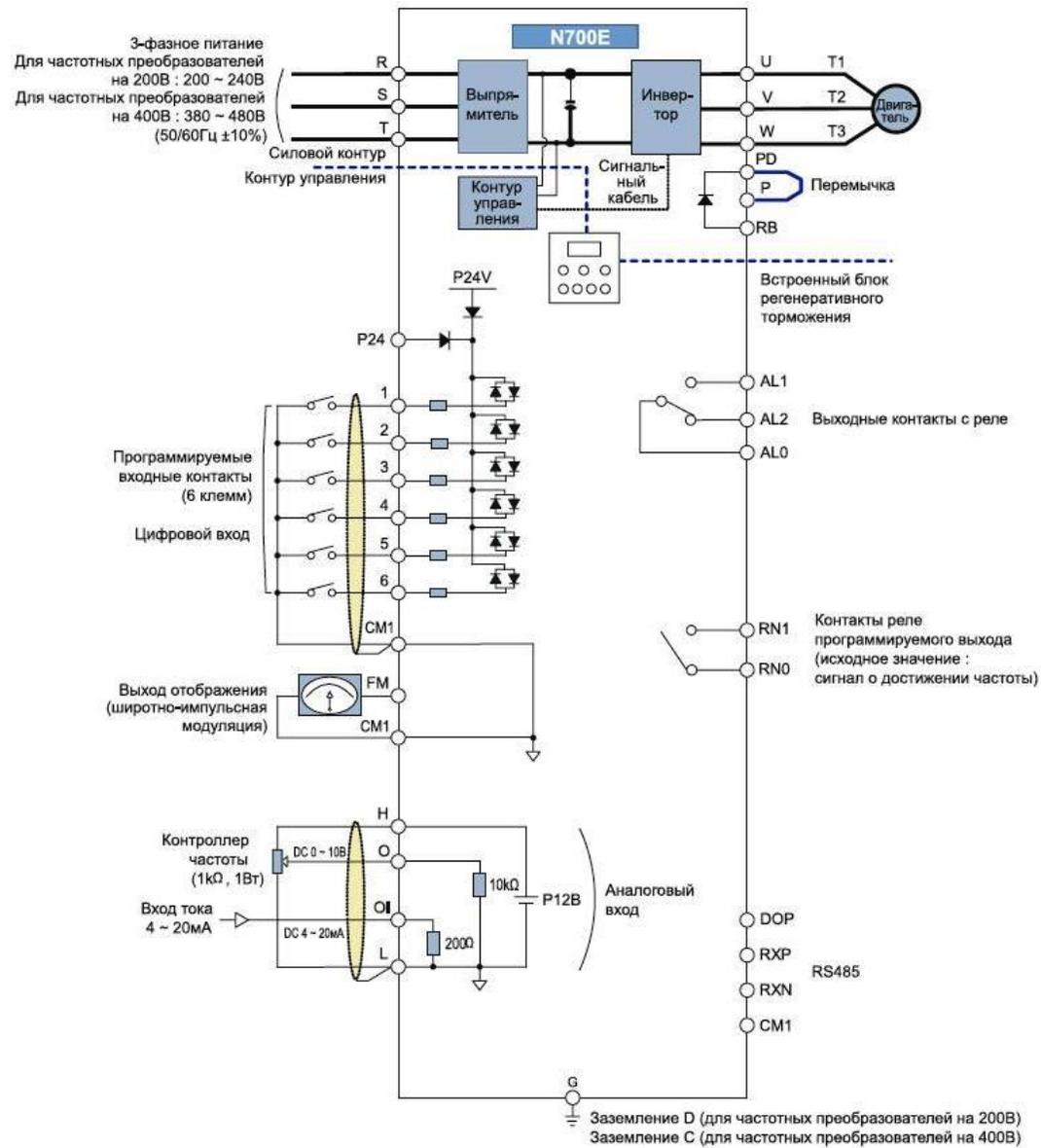


Регулировочный клапан с электроприводом

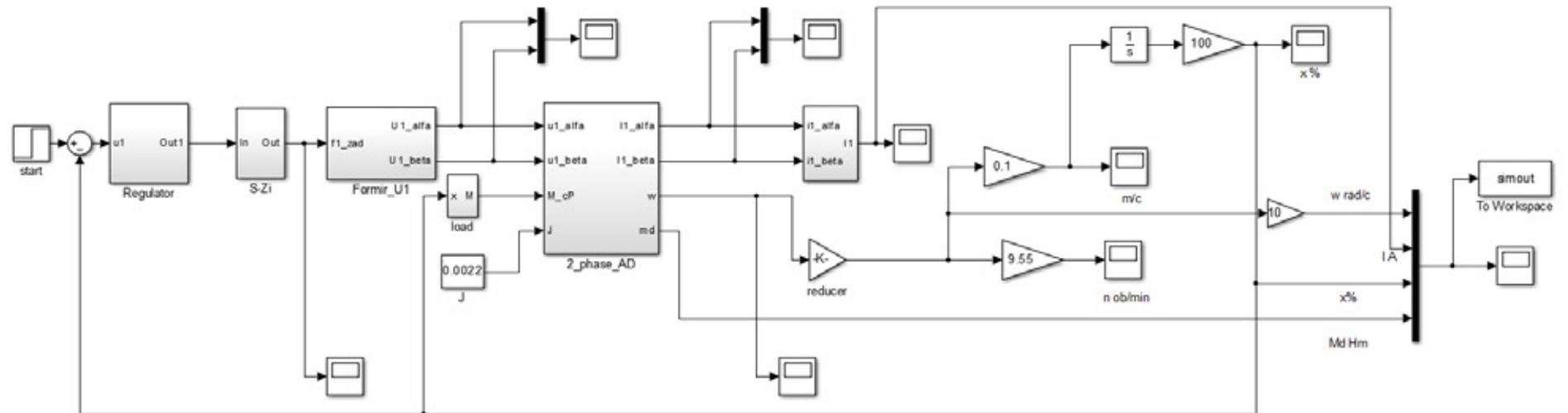


Диапазон настройки крутящего момента на выходном валу, Н·м	Частота вращения выходного вала, об/мин	Число оборотов выходного вала, необходимое для закрытия (открытия) арматуры, об		Передаточное число от маховика ручного привода к выходному валу	Мощность электродвигателя кВт, не более	Масса, кг
		мин.	макс.			
70–110	$24 \pm 4,8$	10	45	56	0,25	22

Схема электрических соединений частотного преобразователя HYUNDAI N700E-370HF



Имитационная модель электропривода запорного игольчатого клапана



Графики переходных процессов

