

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

---

Школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
Отделение автоматизации и робототехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом добычи природного урана способом подземного выщелачивания на руднике «Жалпак»</b>

УДК 681.586:622.349:622.234.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Кайгородов Константин Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Руденко Максим Олегович			
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доц.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Рук. отделения ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доц.		

Томск – 2018 г.

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



Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Воронин А.В.  
 (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
3-8Т32	Кайгородову Константин Сергеевичу

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом добычи природного урана способом подземного выщелачивания на руднике «Жалпак»
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы	15.06.2018
---	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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></p>	<p>Сведения о технологическом процессе, характеристики параметров. Сведения о параметрах технологического оборудования.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования,</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Описание технологического процесса</li> <li>2 Выбор архитектуры АС</li> <li>3 Разработка структурной схемы АС</li> <li>4 Функциональная схема автоматизации</li> <li>5 Разработка схемы информационных потоков АС</li> <li>6 Выбор средств реализации АС</li> </ol>

<i>проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	7 Разработка схемы соединения внешних проводов 8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС 9 Разработка экранных форм АС
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Компас 3D 2 Схема соединения внешних проводов, выполненная в Компас 3D

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Старший преподаватель ШИП Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Ассистент ИШХБМТ Невский Егор Сергеевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.04.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Руденко Олег Максимович			

**Задание принял к исполнению студент;**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Кайгородов Константин Сергеевич		

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

---

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
Уровень образования – бакалавр  
Отделение автоматизации и робототехники  
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2018	Основная часть	60
05.06.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
05.06.2018	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Руденко Олег Максимович			

Согласовано:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Воронин Александр Васильевич	к.т.н		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 8 рисунков, 24 таблицы, 18 использованных источников.

Ключевые слова: добыча урана, подземное выщелачивание, ПИД-регулятор, датчик уровня, расходомер, частотный преобразователь, система автоматического регулирования, программируемый логический контроллер, продуктивный раствор, выщелачивающий раствор, сорбция, ионит.

Объектом исследования является производственный комплекс добычи урана методом подземного выщелачивания «Жалпак». Объект представляется собой совокупность емкостей, которые служат для хранения материалов, отстаивания мелкодисперсной примеси и сорбции урана. Нормированные требования к технологическому процессу:

- давление серной кислоты 2...6 бар;
- давление выщелачивающего раствора на геотехническое поле 2...6 бар;
- расход серной кислоты на геотехническое поле 0,5...6 м<sup>3</sup>/ч;
- расход продуктивного раствора с геотехнического поля 150...280 м<sup>3</sup>/ч;
- расход выщелачивающего раствора на геотехническое поле 150...280 м<sup>3</sup>/ч;
- расход продуктивного раствора в сорбционно-напорную колонну 25...60 м<sup>3</sup>/ч;
- расход маточников сорбции в гидроэжектор поз. 104/1 10...25 м<sup>3</sup>/ч;
- расход регенерированной смолы вымытой маточником сорбции в сорбционно-напорную колонну поз. 102/1 25...60 м<sup>3</sup>/ч;
- расход маточников сорбции в гидроэжектор поз. 104/2 10...25 м<sup>3</sup>/ч;
- расход насыщенной смолы вымытой маточником сорбции в колонну поз. 103/2 25...60 м<sup>3</sup>/ч;
- расход маточников сорбции в гидроэжектор поз. 104/3 10...25 м<sup>3</sup>/ч;
- расход насыщенной смолы вымытой маточником сорбции на загрузку 25...60 м<sup>3</sup>/ч;

- расход маточников сорбции в гидроэжектор поз. 104/4 10...25 м<sup>3</sup>/ч;
- расход регенерированной смолы вымытой маточником сорбции в колонну поз. 103/1 25...60 м<sup>3</sup>/ч;
- уровень в емкости хранения серной кислоты поз. 4/1 0,3...2 м;
- уровень в емкости хранения серной кислоты поз. 4/2 0,3...2 м;
- уровень в пескоотстойнике выщелачивающего раствора 0,5...2,2 м;
- уровень в пескоотстойнике продуктивного раствора 0,5...2,2 м;
- уровень в колонне поз. 103/1 0,3...2 м;
- уровень в колонне поз. 103/2 0,3...2 м;

Цель работы: создание системы автоматического управления обладающей высокой надежностью, эффективностью и безопасностью, обеспечивающей централизованную диспетчеризацию для защиты обслуживающего персонала от радиационного воздействия и поддержания параметров в автоматическом режиме.

В процессе исследования проводились:

1. Изучение технологического процесса в целом и его отдельных участков;
2. Изучение необходимой технической документации;
3. Разработка схем для осуществления поставленных задач;
4. Разработка алгоритмов дискретного регулирования;
5. Выбор приборов и средств автоматизации;
6. Определение параметров регулятора и проверка результатов исследования в среде Matlab Simulink.

## Глоссарий

Термин	Определение
Автоматизированная система (АС)	Комплекс программных и аппаратных средств, а также персонала, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса, производства, предприятия.
Интерфейс (RS-232C, RS-442, RS-485, CAN)	Стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса. Совокупность средств для обеспечения взаимодействия между программными системами, техническими устройствами или пользователями и системой.
Интерфейс оператора	Аналогично понятию диспетчерский пункт оператора. Совокупность аппаратно-программных средств и компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействия пользователя с системой.
Протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART)	Набор правил формирования пакетов данных для соединения и обмена информацией между двумя и более включенными в соединение программируемыми устройствами.
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный документ содержащий требования заказчика к объекту, цели, а также основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы.
Архитектура АС	Набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется автоматизированная система.
Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерское управление и сбор данных) (SCADA)	Инструментальная программа для разработки программного обеспечения систем управления технологическим

Термин	Определение
	процессом в реальном времени и сбора данных.
ФЮРА. 425280	ФЮРА – код организации разработчика проекта (ТПУ); 425280 – код классификационной характеристики проектной продукции по ГОСТ 3.1201-85 (в соответствии с шестизначный классификационной характеристикой ОКП этот код означает проектирование распределенного автоматизированного управления технологическим объектом).
Объект управления	Обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления.
Диспетчерский пункт (ДП)	Центр системы диспетчерского управления, где сосредоточена информация о состоянии того или иного технологического процесса или производства.

## Сокращения, определения, обозначения

АЕ – аварийная емкость

АВР – автоматический ввод резерва

АРМ – автоматизированное рабочее место

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь

ДП – дренажный приямок

УХиПСК – участок хранения и подачи серной кислоты

ГТП – геотехническое поле

ЕХСК – емкость хранения серной кислоты

КИПиА – контрольно-измерительная приборы и автоматика.

КХОС – колонна хранения обогащенной смолы

КХРС – колонна хранения регенерированной смолы

ООС – отрицательная обратная связь

ОУ – объект управления

ПАЗ – противоаварийная защита

ПВР – пескоотстойник выщелачивающего раствора

ПЕСК – приемная емкость серной кислоты

ПИД-регулятор – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор

ПЛК – программируемый логический контроллер

ПО – программное обеспечение

ППР – пескоотстойник продуктивного раствора

ПЧ – преобразователь частоты

САР – система автоматического регулирования

СНК – сорбционно-напорная колонна

УСсП – участок сорбции с пескоотстойниками

ШУН – шкаф управления насосами

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

Автоматизированная система управления технологическим процессом – комплекс технических и программных средств, предназначенный для автоматического управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях.

Аналогово-цифровой преобразователь – устройство, преобразующее входной аналоговый в цифровой сигнал (дискретный код).

Возмущающее воздействие – помехи и сигналы, нарушающие функциональную связь между задающим воздействием и регулируемой величиной.

Время регулирования – время переходного процесса от нулевой точки либо после внесения возмущающего воздействия до установившегося значения (уставки).

Выщелачивающий раствор – кислотнo-солевой раствор, предназначенный для растворения природного урана в скважинах и вымывания солей урана на поверхность земли.

Гидроэжектор – устройство, предназначенное для передачи кинетической энергии одной среды движущейся с большой скоростью другой.

Десорбция – процесс выделения ионов урана из смолы.

Колебательность системы – параметр системы, характеризующийся числом колебаний регулируемой величины за время регулирования.

Маточник сорбции – выщелачивающий раствор, направленный на участок сорбции для перегрузки смолы из колонны в колонну.

Объект автоматизации – комплекс оборудования, обеспечивающий функционирование инженерных систем и протекающих технологических процессов.

Перерегулирование – ограниченный по времени процесс выброса сигнала или функции на целевым значением.

Переходный процесс – реакция динамической системы на приложенное к ней внешнее воздействие с момента приложения этого воздействия до некоторого установившегося значения во временной области.

ПИД-регулятор – устройство в функциональной цепи системы автоматического регулирования предназначенное для поддержания заданного значения регулируемого параметра.

Продуктивный раствор – кислотно-солевой раствор, обогащенный солями урана.

Смола – ионит, материал, предназначенный для сорбции ионов урана.

Сорбция – процесс поглощения ионов урана из продуктивного раствора.

Уставка – требуемое значение или ограничение регулируемой величины.

Устойчивость системы – свойство системы возвращаться в исходные состояния после внесения либо прекращения возмущающего воздействия.

Цифро-аналоговый преобразователь – устройство преобразующее входной цифровой (дискретный код) в аналоговый сигнал.

Электропривод – устройство управляющее клапаном, насосом при помощи электродвигателя.

## Оглавление

Введение	14
1. Техническое задание на разработку АС	15
1.1 Назначение и цели создания системы	15
1.2 Характеристика объекта автоматизации	16
1.3 Требования к системе и ее составным частям	17
1.4 Требования к техническому обеспечению	19
1.5 Требования к программному обеспечению	20
1.6 Требования к информационному обеспечению	21
1.7 Требования к надежности АСУ ТП	22
1.8 Требования к математическому обеспечению	23
2. Основная часть	24
2.1 Описание технологического процесса	24
2.2 Архитектура АС	29
2.3 Структурная схема АС	31
2.4 Функциональная схема автоматизации	33
2.5 Схема информационных потоков	34
2.6 Программируемый логический контроллер	36
2.7 Используемые датчики	38
2.8 Регулирующий орган	42
2.9 Алгоритм пуска/останова технологического оборудования. Расчет передаточной функции системы, модель САР	44
2.10 Экранная форма АС	50
3 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	52
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
3.1.1 SWOT – анализ	53
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	54
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	54
3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	55
3.3 Бюджет научно-технического исследования	57
3.3.1 Расчет материальных затрат	57
3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование	58
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	59
3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	60
3.3.5 Накладные расходы	60

3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	60
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социально и экономической эффективности исследования	61
4 Социальная ответственность	66
4.1 Надежность системы	66
4.2 Требования предъявляемые надежности к автоматической системе в целом	67
4.3 Выбор оборудования	68
4.3.1 Выбор ПЛК	68
4.3.2 Выбор датчика давления	68
4.3.3 Выбор расходомера	69
4.3.4 Выбор уровнемера	69
4.3.5 Выбор сигнализатора уровня	69
4.3.6 Выбор исполнительного механизма	70
4.4 Методы повышения надежности автоматизированной системы	70
4.5 Анализ выбранного способа повышения надежности АС	71
Список использованных источников	73

## Введение

Мобильный комплекс находится на территории Республики Казахстан, в Южно-Казахстанской области. Предназначен для пробной добычи и подтверждения наличия больших запасов природного урана на территории прилегающей к производственному комплексу. Проект является экспериментальным. В случае недостаточно высоких показателей содержания комплекс будет расформирован и перевезен в другое место. По той самой причине он и является мобильным. Решение о воспроизведении подобного рода добывающего рудника было принято руководством «НАК КазАтомПром» еще в 2012 году. Спустя еще пару лет была спроектирована карта технологического процесса с оборудованием и агрегатами, однако проект так и не был реализован вплоть до настоящего времени.

Предполагалось проектирование автоматизированной системы управления производственными процессами комплекса и автоматическое поддержание регламентных параметров, указанных в реферате настоящего дипломного проекта. Что и является темой данного дипломного проекта.

Для обеспечения удаления на расстояние технического и технологического персонала от источника радиационного воздействия планируется создать систему с централизованной диспетчеризацией и возможностью диагностики состояния оборудования.

Для обеспечения достаточной точности системы автоматического регулирования и безотказности системы в общем при минимальных затратах ресурсов, а также возможности реализации централизованной диспетчеризации автоматизированная система будет снабжена программируемым логическим контроллером с поддержкой Profibus, Ethernet. Помимо этого, обеспечение непрерывности технологического процесса планируется организовать путем внедрения резервных насосов, а также алгоритмов управления ими.

## **1. Техническое задание на разработку АС**

### **1.1. Назначение и цели создания системы**

Основными целями проектирования системы автоматизированного управления технологическим процессом комплекса являются:

1. Удаление персонала на безопасное расстояние от источников радиационного излучения, реализация централизованной системы управления процессом.
2. Создание системы, обеспечивающей точное выполнение технологических операций.
3. Минимизация влияния человеческого фактора.
4. Реализация управления, которое обеспечит качество продукции.
5. Воссоздать хорошие условия труда персонала.
6. Внедрить современные системы сигнализации, блокировок и защит для обеспечения безопасности технологических процессов.

Система управления технологическим процессом должна:

1. Обеспечить автоматическое регулирование основных технологических параметров объектов управления.
2. Исключать появление аварий, показывать текущее состояние, критические значения объекта управления и отключать опасные объекты от технологического процесса.
3. Обеспечивать персонал всей необходимой информацией о технологическом процессе.
4. Предусматривать возможность ручного управления и задания параметров объекта управления оператором через верхний уровень SCADA.

## 1.2. Характеристика объекта автоматизации

Объектом автоматизации будет являться оборудование двух участков рудника:

- участок хранения и подачи серной кислоты,
- участок сорбции с пескоотстойниками.

УХиПСК включает в себя три емкости:

- ПЕСК объемом 30 м<sup>3</sup>
- две ЕХСК объемом каждая 40 м<sup>3</sup>

УСсП включает в себя три емкости, два пескоотстойника и дренажный приямок:

- СНК объемом 40 м<sup>3</sup>
- КХОС объемом 35 м<sup>3</sup>
- КХРС объемом 35 м<sup>3</sup>
- ПВР объемом 120 м<sup>3</sup>
- ППР объемом 120 м<sup>3</sup>
- ДП объемом 5 м<sup>3</sup>

Согласно стандарта [ПЕС 61215], объекты автоматизации процесса идентифицируются в следующей иерархической значимости:

1. Технологическая линия.
2. Единица оборудования.
3. Модуль оборудования.
4. Управляющий модуль.

Например, насос подачи серной кислоты будет записываться как:

1. Мобильный комплекс.
2. Участок хранения и подачи серной кислоты.
3. Блок управления расходом серной кислоты.
4. Преобразователь частоты.

### 1.3. Требования к системе и ее составным частям

Автоматизированная система должна иметь иерархическую структуру и производить обмен данными согласно стандартизованных протоколов.

Структура системы и датчики должны выбираться согласно проведенным технико-экономическим исследованиям.

Все отклонения параметров от нормы должны быть занесены в реестр системы с указанием времени.

У системы должна быть реализована аварийная остановка.

Необходимо наличие защиты системы на всех её уровнях.

Структура АСУ ТП должна обеспечивать:

1. Исполнение функций контроля оптимального управления технологическими процессами в целом;
2. Исполнение функций контроля и оптимального управления отдельными агрегатами и установками как при нормальном течении технологического процесса, так и в нештатных ситуациях.
3. Исполнение функций контроля и оптимального управления отдельными производственными подразделениями.
4. Ввод системы в действие по частям.
5. В АСУ ТП системы управления нижнего уровня должны работать независимо от состояния систем управления более высокого уровня, обеспечивая работу оборудования в рамках заданных границ.
6. В структуре системы нижнего уровня должны быть реализованы системы управления ПАЗ.

Система автоматизации комплекса должна предоставить наблюдаемость и контроль следующих параметров объекта управления:

1. Давление серной кислоты.
2. Давление выщелачивающего раствора на геотехническое поле.
3. Расход серной кислоты на геотехническое поле.
4. Расход продуктивного раствора с геотехнического поля.
5. Расход выщелачивающего раствора на геотехническое поле.

6. Расход продуктивного раствора в сорбционно-напорную колонну.
7. Расход маточников сорбции в гидроэжектор поз. 104/1.
8. Расход регенерированной смолы вымытой маточником сорбции в сорбционно-напорную колонну поз. 102/1.
9. Расход маточников сорбции в гидроэжектор поз. 104/2.
10. Расход насыщенной смолы вымытой маточником сорбции в колонну поз. 103/2.
11. Расход маточников сорбции в гидроэжектор поз. 104/3.
12. Расход насыщенной смолы вымытой маточником сорбции на загрузку.
13. Расход маточников сорбции в гидроэжектор поз. 104/4.
14. Расход регенерированной смолы вымытой маточником сорбции в колонну поз. 103/1.
15. Уровень в емкости хранения серной кислоты поз. 4/1.
16. Уровень в емкости хранения серной кислоты поз. 4/2.
17. Уровень в пескоотстойнике выщелачивающего раствора.
18. Уровень в пескоотстойнике продуктивного раствора.
19. Уровень в колонне поз. 103/1.
20. Уровень в колонне поз. 103/2.
21. Управление электроприводами клапанов.
22. Управление производительность насосов.
23. Предельный минимальный и максимальный расход растворов.

#### **1.4. Требования к техническому обеспечению**

1. При расположении оборудования под открытым небом нужно, чтобы данное оборудование было предназначено для эксплуатации в определенных климатических условиях.
2. АСУ ТП должна иметь резервные каналы и средства для наращивания новых модулей расширения системы и управления.
3. Каждый элемент, обеспечивающий выполнение функций противоаварийной защиты, должен иметь дубликат.
4. Время наработки на отказ датчиков должны быть не менее 100 000 часов в срок службы не менее 5 лет.
5. Контроллеры должны быть модульного типа для реализации подходящего количества каналов ввода-вывода.
6. Средства измерения должны быть сертифицированы Госстандартом.

## **1.5. Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение АС включает в себя:

1. Системное программное обеспечение.
2. Инструментальное программное обеспечение.
3. Базовое прикладное программное обеспечение.
4. Специальное программное обеспечение.

Набор функций конфигурирования должен включать в себя:

1. Создание и ведение базы данных о конфигурации по входным/выходным сигналам.
2. Конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием стандартных блоков.
3. Создание мнемосхем технологического процесса для визуализации состояния объекта автоматизации.
4. Конфигурирование рапортов, протоколов.

Средства создания специального прикладного программного обеспечения должны иметь технологические и универсальные языки программирования и соответствующие компиляторы, отладчики.

Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту [IEC 31131-3].

Базовое прикладное программное обеспечение должно выполнять нестандартные функции соответствующего уровня автоматизированной системы (расчёты, специальные алгоритмы управления).

## **1.6. Требования к информационному обеспечению**

Информационное обеспечение – создание информационных условий функционирования системы, обеспечение необходимой информацией, включение в систему средств поиска, получения, накопления, хранения, обработки и передачи информации, организация блоков данных. Создание информационного обеспечения – непереносимое условия построения и функционирования автоматизированных систем управления.

В состав информационного обеспечения должны входить:

- система электронных документов, в виде форм статической отчетности;
- распределенная база данных, содержащая систему объектов;
- средства управления и ведения баз данных.

В текущем проекте необходимо иметь визуальное представление о процессе на автоматизированном рабочем месте оператора, которое бы имело все необходимые данные о текущем процессе с отображением величин физических параметров в реальном времени. Также необходимо иметь архив событий за прошедшее время и графики изменения каждого основного параметра, для более удобного наблюдения за технологическим процессом.

## 1.7. Требования к надежности АСУ ТП

Надежность выполнения основных функций системы должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Средняя наработка на отказ:
  - по информационным функциям – не менее 20 000 часов;
  - по управляющим функциям – не менее 20 000 часов;
  - по функциям ПАЗ – не менее 120 000 часов.
2. Среднее время восстановления – не менее 20 минут.
3. Коэффициент готовности по основным функциям – не менее 0,99.
4. Срок службы (средний) – не менее 10 лет.
5. Период обслуживания – не менее 1 года.

Под отказом системы понимается:

- для информационных функций – прекращение сбора и отображения информации оперативному персоналу, увеличение размерности погрешности измерений выше нормы;
- для управляющих функций – прекращение генерации команд управления, формирование ложных команд;
- для функций ПАЗ – отсутствие команд защиты при возникновении аварийной ситуации, генерация команды защиты при отсутствии аварийной ситуации.

## **1.8. Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение автоматизированной системы должно представлять собой совокупность математических моделей, методов и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации автоматизированной системы, а также позволять реализовать различные компоненты автоматизированной системы средствами единого математического аппарата.

Математические алгоритмы и методы, используемые для дешифровки/шифровки данных, а также программное обеспечение реализующее их, должны быть сертифицированы для использования в государственных органах.

## 2. Основная часть

### 2.1. Описание технологического процесса

Рассмотрим технологическую промышленную площадку комплекса.

Она включает в себя:

- приемную емкость серной кислоты;
- емкости хранения серной кислоты в количестве две штуки;
- пескоотстойник выщелачивающего раствора;
- пескоотстойник продуктивного раствора;
- сорбционно-напорная колонна;
- колонна хранения регенерированной смолы;
- колонна хранения обогащенной смолы.

Функциональная схема рудника представлена в альбоме чертежей 1 лист.

На рудник в кислотавозах привозится серная кислота. После того как кислотавоз встал на сливную позицию к его крану подключается трубопровод, который соединяется с приемной емкостью серной кислоты. После того как кислота в кислотавозе заканчивается, кислотавоз отсоединяют от трубопровода и отправляют за следующей партией.

После того как машина уехала, оператор через SCADA систему активирует алгоритм «перекачать серную кислоту в емкости хранения серной кислоты». Если не выбран «рабочий» насос, на мнемосхеме выходит сообщение «выберите рабочий насос». После выбора «рабочего» насоса, открывается соответствующий клапан D1/1 или D1/2. Выбор ЕХСК осуществляется в автоматическом режиме. Изначально проверяется уровень в ЕХСК поз. 4/1. В случае если емкость хранения серной кислоты поз. 4/1 заполнена (чему соответствует дискретный сигнал, соответствующий «логической единице», с датчика верхнего уровня) клапан поз. D4/1 не откроется, а откроется клапан поз. D4/2, что соответствует тому что кислота будет закачиваться в ЕХСК поз. 4/2. Однако если обе емкости наполнены, то процесс перекачки запущен не будет, а на мнемосхеме появится уведомление

«процесс перекачки невозможен так как емкости хранения серной кислоты заполнены».

Эксплуатация рудника начинается с закачки в скважину серной кислоты. Также, как и при процессе перекачки серной кислоты в ЕХСК, существует необходимость выбрать «рабочий» насос. После выбора рабочего насоса откроется соответствующий ему клапан поз. D2/1 или D2/2. Оператор через SCADA систему выставляет величину необходимого расхода и запускает процесс закачки серной кислоты в скважину. Заполнение полостей происходит на малых расходах, в районе 0,1...0,2 м<sup>3</sup>/ч. Скважины продуктивного раствора перекрыты. Делается это для того что бы запустить первоначальное растворения урана в кислоте с образованием еще больших полостей через которые будет возможно прогонять выщелачивающий раствор. Т.к. кислота имеет достаточно высокую активность, то существует необходимость такого рода разрушения пород в течении 1 – 2 месяцев.

Пока происходит данный процесс пескоотстойник выщелачивающего раствора набирают технической водой. Делается это для того что бы была возможность выгрузить из смолавоза регенерированную смолу в колонну хранения регенерированной смолы, а также загрузить часть этой смолы в сорбционно-напорную колонну. Выгрузка регенерированной смолы происходит следующим образом:

Смолавоз подключается к гидроэжектору поз. 104/4, оператор по SCADA системе запускает алгоритм «выгрузить регенерированную смолу», начинается процесс выгрузки. Открывается клапан смолавоза поз. D104/4, как только он открылся начинает открываться клапан маточников сорбции поз Dm104/4 и запускается электродвигатель в толчковом режиме (что соответствует 20 Гц питающей сети электродвигателя с плавным переходом на 5 Гц, необходимо для того что бы сорвать с места ротор электродвигателя в случае его залипания). После открытия клапана поз. Dm104/4 начинается процесс регулирования расхода маточников сорбции. Этот параметр необходимо регулировать для обеспечения достаточного перепада давления в

гидроэжекторе, поддержания промывочной способности маточников сорбции, а также уменьшения количества маточников сорбции попадающих в емкость хранения через дуговое сито. По окончанию операции в первую очередь начинает закрываться клапан смолавоза поз. D104/4, после закрытия клапана маточные растворы продолжают подаваться с заданным расходом еще в течение 3 минут, для промывания системы и исключения вероятности образования «Ионтовых пробок». В дальнейшем постепенно уменьшается расход и перекрывается клапан поз. Dm104/4. По окончанию алгоритма смолавоз отсоединяется от гидроэжектора.

Далее следует перегрузить регенерированную смолу в сорбционно-напорную колонну, для подготовки к процессу сорбции ионов урана. Оператор по SCADA системе запускает алгоритм «перегрузить регенерированную смолу в СНК», начинается процесс перегрузки. Открывается клапан поз. D104/1, как только он открылся начинает открываться клапан маточников сорбции поз Dm104/1 и запускается электродвигатель в толчковом режиме (что соответствует 20 Гц питающей сети электродвигателя с плавным переходом на 5 Гц, необходимо для того что бы сорвать с места ротор электродвигателя в случае его залипания). После открытия клапана поз. Dm104/1 начинается процесс регулирования расхода маточников сорбции. Этот параметр необходимо регулировать для обеспечения достаточного перепада давления в гидроэжекторе, поддержания промывочной способности маточников сорбции, а также уменьшения количества маточников сорбции попадающих в емкость хранения через дуговое сито. По окончанию операции в первую очередь начинает закрываться клапан колонны хранения регенерированной смолы поз. D104/1, после закрытия клапана маточные растворы продолжают подаваться с заданным расходом еще в течение 3 минут, для промывания системы и исключения вероятности образования «Ионтовых пробок». В дальнейшем постепенно уменьшается расход и перекрывается клапан поз. Dm104/1.

После того как полости сформировались открывается сечение скважин продуктивного раствора. Так как кислотно-солевой раствор находится под небольшим избыточным давлением, открытие скважин продуктивного раствора производится не одновременно, а постепенно. Сперва спускаются газы образовавшиеся в результате реакции, либо попавшие в скважину из иных мест.

Продуктивный раствор, поднимаемый скважинами на поверхность земли, по трубопроводу из поливинилиденфторида поступает в пескоотстойник продуктивного раствора, где происходит накопление раствора, а также его очистка от мелкодисперсной примеси, разрушенной и вымытой породы из скважины.

Пуск процесса сорбции осуществляется оператором с автоматизированного рабочего места через SCADA систему, «начать процесс сорбции». Как и в других алгоритмах, необходимо выбрать «рабочий» насос поз. 5/1 или 5/2. После выбора рабочего насоса открывается соответствующий ему клапан поз. D5/1 или D5/2. Далее происходит пуск электродвигателя насоса в толчковом режиме и открывается клапан поз. D101/1. После открытия клапана начинается регулирование расхода продуктивного раствора. Необходимо это для обеспечения более высокого качества сорбции. Проходя через ионит, продуктивный раствор отдает ионы урана. Далее через фильтр, для того что бы вместе с потоком обедненного продуктивного раствора не вымывался ионит, поступает в пескоотстойник выщелачивающего раствора, где происходит осаждение прошедшего через фильтр ионита. В пескоотстойнике выщелачивающего раствора хранится слабый кислотно-солевой раствор, который в дальнейшем будет использоваться для добычи урана. По окончании процесса производительность насоса постепенно уменьшается по мере закрытия клапана D101/1. Когда клапан закрылся, насос отключается.

Далее необходимо теперь уже обогащенную смолу перегрузить в емкость хранения обогащенной смолы. Происходит это следующим образом.

Оператор со SCADA системы активирует операцию «выгрузить обогащенную смолу в колонну хранения обогащенной смолы». Открывается клапан D104/2. По окончании открытия этого клапана, начинает открываться клапан Dm104/2 и запускается насос поз. 7/1 или 7/2, в зависимости от того какой из них выбран в качестве «рабочего», в толчковом режиме. После полного открытия клапана Dm104/2 начинается регулирование заданного расхода маточников сорбции. Как и с другими гидроэжекторами регулирование необходимо для обеспечения перепада давления, промывочной способности и уменьшения количества попадающих в емкость маточников сорбции. По окончании процесса, как и в других алгоритмах, первым закрывается клапан поз. D104/2, затем происходит промывка системы, постепенно уменьшается производительность насоса и перекрывается клапан поз. Dm104/2.

После того как приехал смолавоз с регенерированной смолой, производится его разгрузка. В пустую машину выгружается обогащенная смола. Процесс выгрузки смолы инициируется оператором через SCADA систему путем запуска алгоритма «выгрузить обогащенную смолу на дисорбцию». После старта алгоритма, открывается клапан D104/3. Аналогично другим алгоритмам, по открытию клапана, начинает открываться клапан Dm104/3 и запускается «рабочий» насос в толчковом режиме. После того как смола выгружена, в соответствии с алгоритмом, перекрывается клапан D104/3 и происходит промывка системы с постепенным уменьшением производительности насоса и закрытием клапана Dm104/3.

## 2.2. Архитектура АС

Архитектура автоматизированной системы – задумка определяющая строение АС, выполняемые функции и связь ее компонентов.

К основным целям архитектуры АСУ можно отнести:

1. Четкая граница допущений и направлений политики производства в отношении автоматизации процессов на нем.
2. Определение положения автоматизированного управления производственным и технологическим процессами производства благодаря установлению ключевых каналов показателей достижения эффективности и каналов измерения и управления.

Со стороны программно-технического внедрения АС эталонной является OSE RM-модель компьютеризированной среды управления технологическими процессами. Данная модель обеспечивает выделение трех ипостасей: прикладного аппаратно-программного обеспечения, прикладной платформы сервисов программного обеспечения автоматизированной системы, внешнего окружения и интерфейсов, связывающих их.

Профиль среды автоматизированной системы базируется на операционной системе Windows XP.

Эталонная модель является своего рода трехмерной моделью. По оси Y к ней можно выделить следующие компоненты:

- приложение;
- платформу;
- внешнюю среду;
- интерфейс приложения с платформой;
- интерфейс платформы с внешней средой.

А по оси X функциональные области:

- службы операционной системы;
- службы НМІ
- служба обмена данными;
- служба машинной графики;

- служба сетевого обеспечения.

К оси Z относятся:

- обеспечение защиты информации;

- информационное обеспечение;

- техническое обеспечение;

- обеспечение лингвистики;

- программное обеспечение.

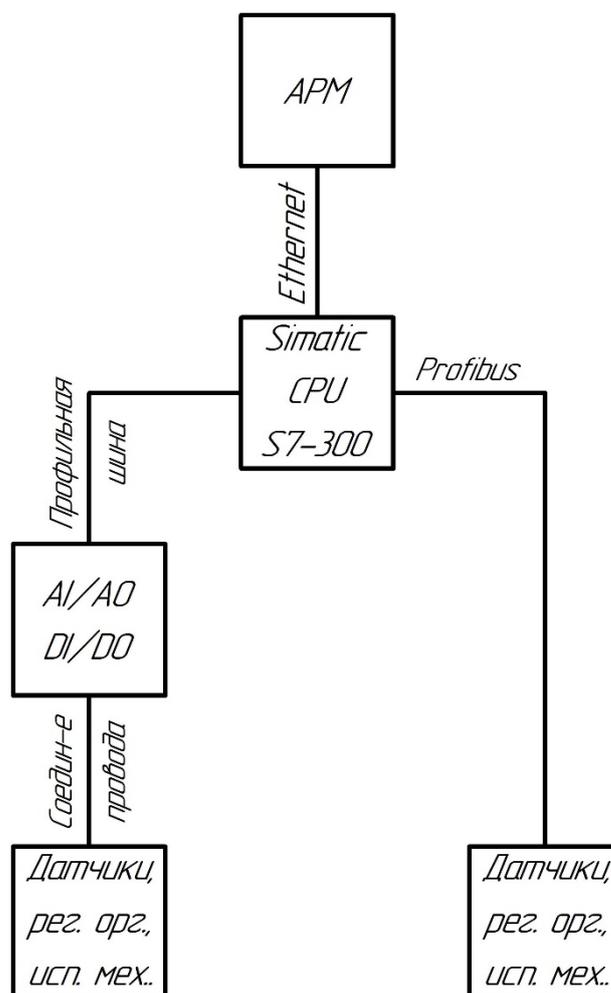
### 2.3. Структурная схема АС

Структурная схема – модель функциональных частей изделия, их взаимосвязи и назначения.

В системах автоматизации с схемами подобными схеме данного дипломного проекта функции распределены между различными аппаратными средствами системы управления. Каждый элемент системы узкоспециализирован. Управление технологическим процессом в совокупности сводится к централизованному диспетчерскому управлению оборудованием. Централизованное управление реализуется командами закрыть, открыть, запустить, выключить, включить, остановить. Управление на полевом уровне сводится к автоматическому регулированию. Параметров. Широко развиты функции сигнализации аварийных ситуаций, блокировок и контроля.

Нижний уровень состоит из первичных измерительных преобразователей, осуществляющих функции сбора информации о протекании технологического процесса, исполнительных механизмов и приводов, создающих управляющее и регулирующее воздействие, а также кабельных соединений, клеммников и преобразователей.

Средний уровень состоит из контроллеров и прочих устройств дискретного, цифро-аналогового, аналого-цифрового и иных преобразователей и устройств сопряжения между средним и верхним уровнем. Отдельные ПЛК



могут быть соединены друг с другом в сеть. Контроллерные сети строятся на основе интерфейсов RS-232, RS-485, Profibus, HART, CAN и других совместимых с серверами OPC и SCADA систем.

Верхний уровень включает в себя компьютеры, объединенные в локальную сеть Ethernet с использованием в качестве передающей среды витые пары, оптоволокна, Wi-Fi коммутаторы.

## **2.4. Функциональная схема автоматизации**

Схема автоматизации является документом технологического процесса, нормирующим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического регулирования, контроля, управления технологическим процессом и оснащения объекта управления средствами и приборами автоматизации. Схема выполняется по двум стандартам, российским и/или зарубежным.

Все данные с преобразователей полевого уровня поступают на аналоговые и дискретные модули контроллеров. Происходит их масштабирование и преобразование в цифровой вид сигнала. В форме пакетов данных они передаются на контроллер и затем на системный блок автоматизированного рабочего места оператора. На АРМ оператора происходит контроль, управление и конфигурация этих параметров средствами контроллера.

Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013 мобильного комплекса «Жалпак» представлена в альбоме чертежей 1й лист.

## 2.5.Схема информационных поток

В процессе эксплуатации автоматизированной системы производственного комплекса, источниками данных будут являться все преобразователи (датчики) и регулирующие органы с аналоговыми и дискретными сигналами включённые в данном процессе и имеющие нормированные значения параметров. Источниками будут служить:

1. Преобразователи давления с унифицированными токовыми выходными сигналами 4-20 мА, имеющие нормированные значение 10 бар.
2. Расходомеры с возможностью подключаться к общей шине Profibus.
3. Датчики уровня с дискретным выходным сигналом.
4. Датчики уровня с аналоговым выходным сигналом 4-20 мА.
5. Клапана с электроприводом имеющие дискретный выходной сигнал по состоянию открыт/закрыт.
6. Преобразователи частоты с аналоговым входным, для обеспечения задания, и дискретным выходным сигналом, состояние преобразователь частоты в работе.
7. Автоматизированное рабочее место оператора, с которого поступают сигналы управления на регулирующий орган.

Схема информационных потоков комплекса представлена в альбоме схем лист 2

Информационные потоки делятся на 3 уровня:

1. Уровень сбора и обработки информации.

На данном уровне происходит сбор данных в виде аналоговых и дискретных сигналов с первичных измерительных преобразователей, датчиков и конечных выключателей, а также отправка команд клапанам и частотным преобразователям. При необходимости можно корректировать некоторые параметры системы.

2. Уровень текущего хранения.

На этом уровне происходит преобразование и обработка сигналов, принятых с первого уровня, с помощью различных преобразователей и

модулей программируемого логического контроллера. В данном проекте основой этого уровня служит контроллер Simatic S7-300 и его модули ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов. Данный уровень выполняет роль распределителя информационных потоков от систем автоматики к графическим экранным формам АРМ. При этом возникают общие для систем информационных данных задачи: выполнения функциональных операций; поддержание целостности и соответствия данных, а также специализированные взаимодействия с подсистемой информационного обмена и т.п.

### 3. Уровень архивного хранения.

Это уровень сервера истории, в котором хранятся события за прошедший период. Каждый элемент контроля и управления имеет свой тег, состоящий из символьной строки.

Пример структуры шифра имеет следующий вид:

AAA\_BBB\_CCCC\_DDDDD,

Где

AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения.

BBB – среда, 3 символа.

CCCC – код технологического аппарата, не более 4 символов.

DDDDD – примечание, не более 5 символов.

Таблица №1 Пример тэгов сигналов в SCADA системе.

Кодировка	Расшифровка кодировки
DAV_HSO_TRSK	Давление в трубопроводе серной кислоты
RAS_VR_TVRG	Расход выщелачивающего раствора на геотехническое поле
LEV_ION_SNK_VERU	Верхний уровень в сорбционно-напорной колонне
LEV_HSO_PESK_PESK	Уровень в приемной емкости серной кислоты
KLA_VR_5/1_OPEN	Клапан выщелачивающего раствора в цепи насоса 5/1 открыт

## 2.6. Программируемый логический контроллер

Для решения задач автоматизированной системы применен ПЛК. Он нужен для ввода сигналов измерения, обработки информации, генерации управляющего воздействия на исполнительный орган. Программируемый логический контроллер включает в себя: процессорный модуль, модули ввода/вывода информации.

Модули ввода/вывода существуют двух видов: аналоговый и дискретный,

Модули аналогового ввода принимают от преобразователей, подключенных к его входам, унифицированные сигналы, аналого-цифровой преобразователь присваивает им эквивалент в цифровом виде для возможности обработки CPU.

Модули аналогового вывода, действуют аналогично модулям аналогового ввода, за исключением того, что цифро-аналоговый преобразователь совершает обратную операцию, преобразует цифровой код преобразует в аналоговый эквивалент.

Модули дискретного ввода, принимают от датчиков дискретные сигналы, которые соответствуют уровню логической «1» или «0». К данным модулям подключаются датчики контактного типа, кнопки ручного управления, контакты состояния и положения, сигналы систем сигнализации.

Модули дискретного вывода, в зависимости от внутреннего логического состояния, вырабатывают или снимают воздействие на тот или иной объект. Данные модули могут управлять пуском/остановкой приводов, отсечными клапанами, выдавать воздействие на световые/звуковые сигнальные колонны и т.д.

В данной дипломной работе используется программируемый логический контроллер фирмы Siemens марки S7-300. Контроллер и его модули представлены на рисунке 1.

Общие технические характеристики контроллер представлены в таблице 2.

Таблица 2. Общие технические характеристики Simatic S7-300

Напряжение питания	Постоянный ток, 24 В
Оперативно запоминающее устройство: - встроенное - расширяемое - остаточное на блоков данных	192 Кбайт Нет 64 Кбайт
Память загрузки: Вставная ММС	Да, максимум 8 Мбайт
Среднее время операции обработки	0,23 микросекунды
Общее число блоков	1024



Рисунок 1. Контроллер Siemens S7-300 с модулями ввода/вывода

## 2.7.Используемые датчики

В качестве датчиков давления выбраны первичные измерительные преобразователи с унифицированным выходным сигналом фирмы Siemens серии SITRANS P200. Преобразователь давления измеряет избыточное и абсолютное давление жидкостей и газов. Состоит из пьезорезистивной измерительной ячейки с мембраной, размещенной в корпусе из нержавеющей стали. В керамической ячейке размещается тонкопленочный мост сопротивления, на который через керамическую мембрану подается рабочее давление. Выходное напряжение измерительной ячейки преобразуется усилителем в выходной ток 4...20 мА или выходное напряжение 0...10 В постоянного тока. Выходной ток или напряжение линейно пропорциональны давлению на входе. Погрешность данного прибора 0,25 %, диапазон рабочих температур от -25 до +85 С°, диапазон контролируемой величины 6 бар.

В качестве расходомеров выбраны приборы производителей KAP Technology и Siemens. Принципы действия приборов одинаковы и основаны на законе электромагнитной индукции, в соответствии с которым в электропроводной жидкости, пересекающей магнитное поле, индуцируется ЭДС, пропорциональная скорости движения жидкости. ЭДС наведенная на жидкость снимается чувствительными элементами (электродами) и поступает на усилительные каскады. В дальнейшем поступая на аналогово-цифровой преобразователь сравнивается с градуировочными показателями, находящимися в энергонезависимой памяти микроконтроллера. После сравнения текущему значению ЭДС присваивается расход. Используются приборы серии:

KAP Technology:

- КУБ-5С-25-14/6-RS-2-42. Характеристики приведены в таблице 3.
- КУБ-5С-50-30/15-RS-2-42. Характеристики приведены в таблице 4.
- КУБ-5С-100-60/20-RS-2-42. Характеристики приведены в таблице 5.

Siemens:

- SITRANS FM MAGFLO 6000. Характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 3. Общие технические характеристики КУБ-5С-25-14/6-RS-2-42

Напряжение питания	Постоянный ток, 24 В
Диаметр условного прохода	25 мм
Пределы измерения	0...14, 0...6 м <sup>3</sup> /ч
Диапазон рабочих температур	-25...+85 С°
Выход	Частотный, RS 485 (Profibus, ASCII)
Погрешность	1%
Межповерочный интервал	2 года

Таблица 4. Общие технические характеристики КУБ-5С-50-30/15-RS-2-42

Напряжение питания	Постоянный ток, 24 В
Диаметр условного прохода	50 мм
Пределы измерения	0...30, 0...15 м <sup>3</sup> /ч
Диапазон рабочих температур	-25...+85 С°
Выход	Частотный, RS 485 (Profibus, ASCII)
Погрешность	1%
Межповерочный интервал	2 года

Таблица 5. Общие технические характеристики КУБ-5С-100-60/20-RS-2-42

Напряжение питания	Постоянный ток, 24 В
Диаметр условного прохода	100 мм
Пределы измерения	0...60, 0...20 м <sup>3</sup> /ч
Диапазон рабочих температур	-25...+85 С°
Выход	Частотный, RS 485 (Profibus, ASCII)
Погрешность	1%
Межповерочный интервал	2 года

Таблица 6. Общие технические характеристики SITRANS FM MAGFLO 6000

Напряжение питания	Постоянный ток, 24 В
Диаметр условного прохода	300 мм
Пределы измерения	0...350 м <sup>3</sup> /ч
Диапазон рабочих температур	-25...+85 С°
Выход	4...20 мА, частотный, RS 485 (Profibus)
Погрешность	0,25%
Межповерочный интервал	3 года

В качестве датчиков уровня с унифицированным токовым выходом используется прибор фирмы Siemens серии SITRANS PROBE LR. Состоит из антенны, приемопередающего (СВЧ) блока, сигнального процессора и контроллера коммуникации. Принцип действия заключается в следующем. Микроволновый генератор датчика уровня формирует радиосигнал, частота которого изменяется во времени по линейному закону. Этот сигнал излучается в направлении продукта, отражается от него, и часть сигнала через определенное время возвращается обратно в антенну. Излученный и отраженный сигналы смешиваются в датчике уровня, и в результате образуется сигнал, частота которого равна разности частот принятого и излученного сигналов, соответственно расстоянию от антенны до измеряемого продукта, дальнейшая обработка сигнала осуществляется микропроцессорной системой датчика уровня и заключается в точном определении частоты результирующего сигнала и пересчете ее значения в значение уровня наполнения в емкости. Технические характеристики прибора приведены в таблице 7.

Таблица 7. Общие технические характеристики SITRANS PROBE LR

Питание	Постоянный ток, 24 В; 4...20 мА
Пределы измерения	0,3...20 м
Диапазон рабочих температур	-40...+80 С°
Выход	4...20 мА, HART
Погрешность	0,1%

В качестве датчиков уровня с дискретным выходом используются датчики фирмы KAP Technology типа СУ 114Р. В состав прибора входит корпус с размещенной внутри него платой с генератором импульсов и электрода. Принцип действия основан на изменении емкости конденсатора в зависимости от свойств диэлектрика между обложками. Генератор состоит из двух частей, первая создает импульсы с постоянной настраиваемой шириной генерации, вторая с изменяемой за счет изменения емкости конденсатор обложками которого является корпус и электрод. Получается так что среда, в которую погружается электрод, совместно с изоляционным покрытием электрода образуют диэлектрический слой между пластинами. Увеличивая емкость данного «конденсатора», увеличивается ширина импульса генерации. В момент, когда импульсы дополняют друг друга образуется сигнал одного уровня, откроет транзистор, тот в свою очередь запитает реле. Реле замкнет свои контакты что используется для передачи дискретного сигнала контроллеру или иному регулируемому устройству. Основные характеристики датчика приведены в таблице 8.

Таблица 8. Общие технические характеристики СУ 114Р

Питание	Постоянный ток, 24 В
Пределы измерения	Зависит от длины электрода
Диапазон рабочих температур	-20...+45 С°
Выход	Дискретный

## 2.8. Регулирующий орган

В качестве регулирующего органа для поддержания заданного расхода продуктивного раствора выбран погружной насос фирмы ADL типа КСW100FA+003041N1. Технические характеристики приведены в таблице 9.

Данный насос представляет из себя улитку, в которой на валу электропривода посажено вихревое кольцо. Погружается целиком в пескоотстойник продуктивного раствора и осуществляет его подачу в сорбционно-напорную колонну, для выделения из продуктивного раствора ионов природного урана. Для того что бы регулирующий орган не засасывал мелкодисперсную примесь он устанавливается на специальное крепление, изображенное на рисунке 2.

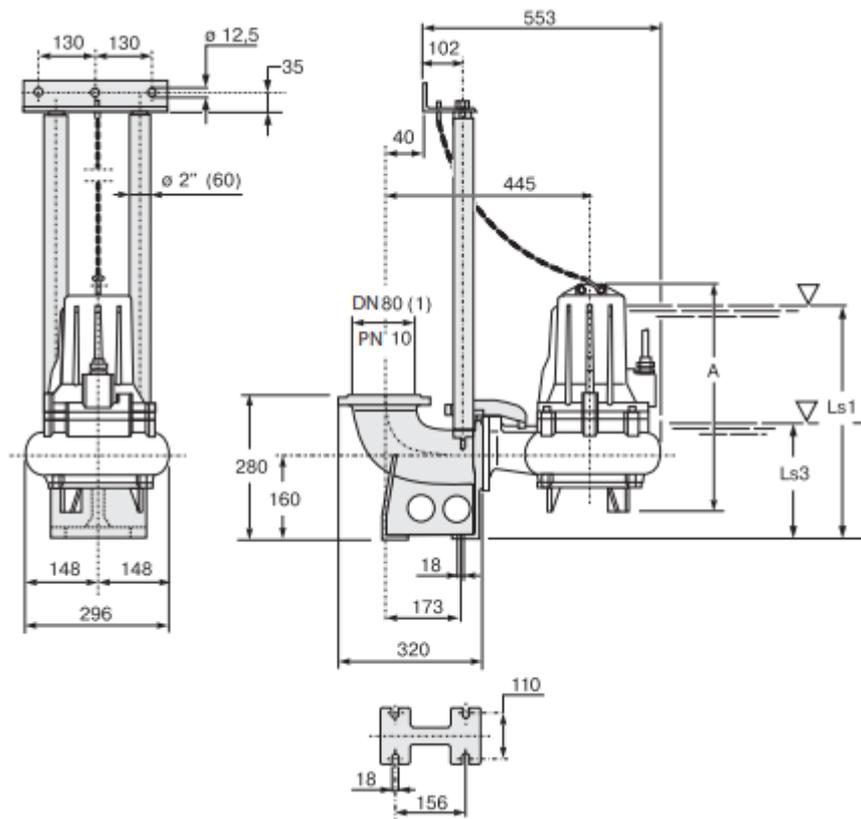


Рисунок 2. Монтаж погружного насоса ADL

Таблица 9. Технические характеристики насоса с электроприводом

KCW100FA+003041N1

Напряжение питания	~ 380, 50 Гц
Номинальная мощность электродвигателя	3000 Вт
Количество пар полюсов	4
Номинальное количество оборотов минуту	3000 об/мин
Максимальная глубина погружения	20 м
Диаметр условного прохода	100 мм

Управление производительностью насоса осуществляется путем изменения частоты питающей сети электродвигателя с помощью частотного преобразователя, а соответственно и изменения скорости вращения ротора электродвигателя. Преобразователь частоты имеет аналоговые входы, которые соединяются с контроллером для обеспечения передачи задания на регулирование. Технические характеристики частотного преобразователя приведены в таблице 10.

Таблица 10. Технические характеристики частотного преобразователя фирмы

ADL типа PFD70-13PO-20

Напряжение питания	~ 380, 50 Гц
Номинальная мощность электродвигателя	5500 Вт
Количество дискретных входов	2
Количество аналоговых входов	2
Количество переключающих контактов	2
Позиционер	Есть

## 2.9. Алгоритм пуск/останов технологического оборудования

В автоматизированной система используются два алгоритма пуск/останов технологического оборудования. Автоматический по состоянию уровней в емкостях и дистанционный на запуск/остановку того или иного технологического процесса. Для примера автоматического пуск/останова оборудования возьмем алгоритм пуск/останов перекачивающего насоса из ПЕСК в ЕХСК. Алгоритм протекает непрерывно. В случае если не достигнут верхний уровень в ПЕСК, то алгоритм начинается сначала. В случае если верхний уровень достигнут, то происходит проверка какой из насосов выбран в качестве «рабочего». Если «рабочий насос не выбран, на мнемосхеме появляется сообщение с текстом «выберите рабочий насос в ПЕСК» Если «рабочий» насос выбран проверяется открыт ли клапан, соответствующий этому насосу и закрыт ли клапан «резервного» насоса. Далее проверяется не переполнена ли ЕХСК поз. 4/1. Если места нет, то проверяется достиг ли уровень верхнего значения в ЕХСК поз. 4/2. Если достиг, то на мнемосхеме высвечивается сообщение «перегрузка серной кислоты невозможна, ЕХСК переполнены». Если место есть в одной из емкостей хранения серной кислоты, то открывается клапан, соответствующий емкости и запускается электродвигатель «рабочего» насоса. Откачка серной кислоты продолжается до тех пор, пока не будет достигнут нижний уровень в ПЕСК, либо верхний уровень в набираемой ЕХСК. Оператор в любой момент может остановить перекачку серной кислоты. Но запустить не может в случае если нижний уровень в ПЕСК не достигнут. Реализовано это для защиты электродвигателя от перегрева, а также защиты от завоздушивания системы трубопроводов.

Алгоритм дистанционного запуска/остановки технологического процесса. Иницируется по команде оператора с АРМ оператора. Алгоритм протекает время, определенное по продолжительности, которое будет определено по результату качества сорбции урана. Суть алгоритма заключается в том, что оператор может только иницировать запуск/остановку процесса и задать расход продуктивного раствора в определенных пределах.

Помимо этого, оператор имеет право выбрать «рабочий» насос. Всё остальное происходит в автоматическом режиме.

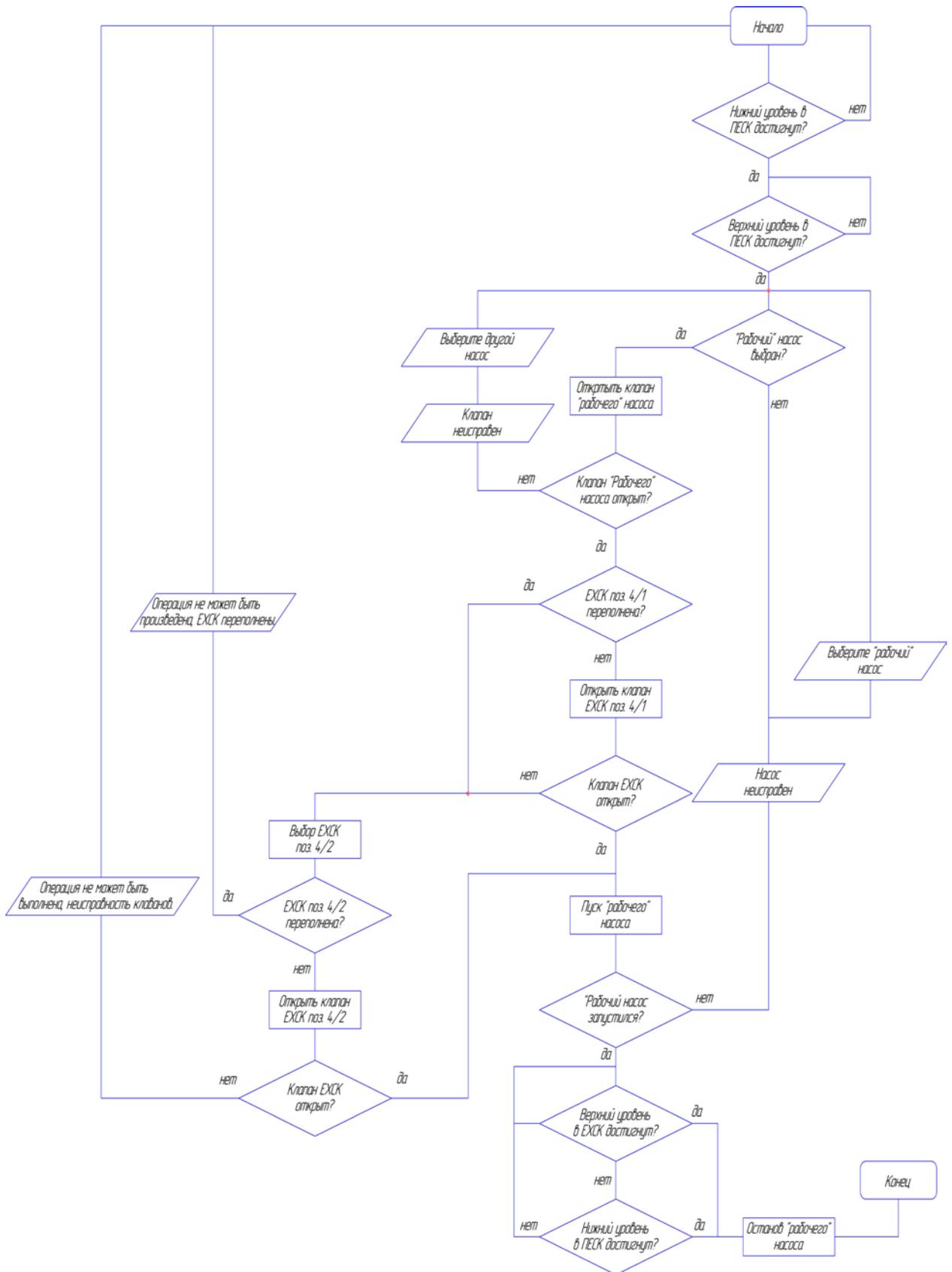


Рисунок 3. Алгоритм пуск/останов процесса перекачки серной кислоты.

В качестве алгоритма регулирования используется алгоритм ПИД регулирования, обеспечивающий хорошее качество регулирования, достаточно малое время переходного процесса и невысокую чувствительность к внешним возмущениям. ПИД-регулятор реализуется в системах автоматического управления для поддержания заданной величины физического регулируемого параметра.

ПИД-регулятор усиливает рассогласование стабилизируемой величины и заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому рассогласованию, второе пропорционально интегралу рассогласования и третье пропорционально производной рассогласования.

Задание по расходу сравнивается с текущим значением расхода, полученным при помощи расходомера. По разности регулятор формирует задание регулирующему органу. Тот в свою очередь регулирует производительность насоса. Таким образом регулируемая величина будет регулироваться до тех пор, пока величина ошибки не будет равна 0.

Преобразователь частоты — это апериодическое звено первого порядка, преобразующее переменный ток в постоянный, а далее постоянный в переменный отличающийся от сети питания частотой синусоиды.

$$W(s) = \frac{k_{\text{п}}}{T_{\text{п}} * s + 1}$$

$k$  – Передаточный статический коэффициент преобразователя,

$T_{\text{п}}$  – Постоянная времени преобразователя.

Передаточный коэффициент преобразователя определяется при номинальном значении выходного воздействия в статическом режиме:

$$k_{\text{п}} = \frac{f_{\text{н}}}{I_{\text{в}}}$$

$f_{\text{н}}$  – Частота, обеспечивающая номинальный режим работы,

$I_{\text{в}}$  – Входное ток управления.

Преобразователь частоты осуществляет управление при помощи ПИД-регулятора, используя ток 4 - 20 мА, а частоту двигателя изменяет в пределах от 0 - 50 ГЦ. Передаточный коэффициент будет соответствовать отношению номинальной частоты двигателя к входному току управления преобразователя частоты.

$$k_{\text{п}} = \frac{f_{\text{н}}}{I_{\text{в}}} = \frac{50}{16} = 3,125$$

Формула постоянной времени преобразователя:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{ф}} + \frac{1}{2 * m * f_{\text{н}}}$$

$T_{\text{ф}}$  – Постоянная времени импульсно-фазового управления,

$m$  – Число фаз.

Значение постоянной времени обычно составляет 0,003 – 0,005 секунды, поэтому при моделировании значение принято выбирать из данного диапазона значений.

$$T_{\text{п}} = T_{\text{ф}} + \frac{1}{2 * m * f_{\text{н}}} = 0,003 + \frac{1}{2 * 3 * 50} = 0,006$$

Передаточная функция управления:

$$W(s) = \frac{k_{\text{п}}}{T_{\text{п}} + 1} = \frac{3,125}{0,006s + 1}$$

Асинхронный двигатель — это апериодическое звено первого порядка, преобразующее электрическую энергию в вращательную энергию.

Передаточный статический коэффициент это есть отношение угловой скорости вращения к частоте питающей сети. Частота питания асинхронным электродвигателем номинальная и равна 50 ГЦ. Согласно характеристике асинхронного электродвигателя, постоянная времени электродвигателя равна 0,8.

$$k_{\text{д}} = \frac{W_{\text{д}}}{f_{\text{н}}} = \frac{3000}{50} = 60$$

$$W(s) = \frac{k_{\text{д}}}{T_{\text{д}} * s + 1} = \frac{60}{0,8 * s + 1}$$

$K_d$  - статический передаточный коэффициент,

$T_d$  - постоянная времени электродвигателя,

$\omega_d$  - угловая скорость вращения двигателя.

Передаточная функция насоса будет равна

$$W(s) = \frac{k_n}{T_n * s + 1} = \frac{0,06}{0.8 * s + 1}$$

Модель структурной схемы автоматического регулирования в пакете программ Matlab в среде Simulink представлена на рисунке 4.

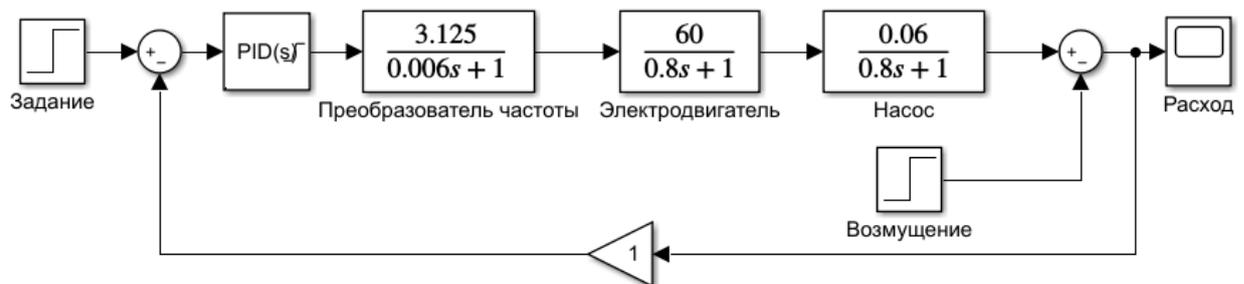


Рисунок 4. САР расхода в трубопроводе продуктивного раствора. Результат настройки ПИД-регулятора отображены на рисунке 5. Как видно их графика. Система стремится прийти к заданию с достаточно большой скоростью  $T_{п.п} = 12,1$  сек и небольшим перерегулированием. График переходного процесса САР представлен на рисунке 5.

Далее мы вносим возмущение для того что бы показать, что вносимое возмущение воссоздаст скачек регулируемой величины, но система останется устойчивой и более того снова придет к уставке. График переходного процесса САР приведен на рисунке 6.

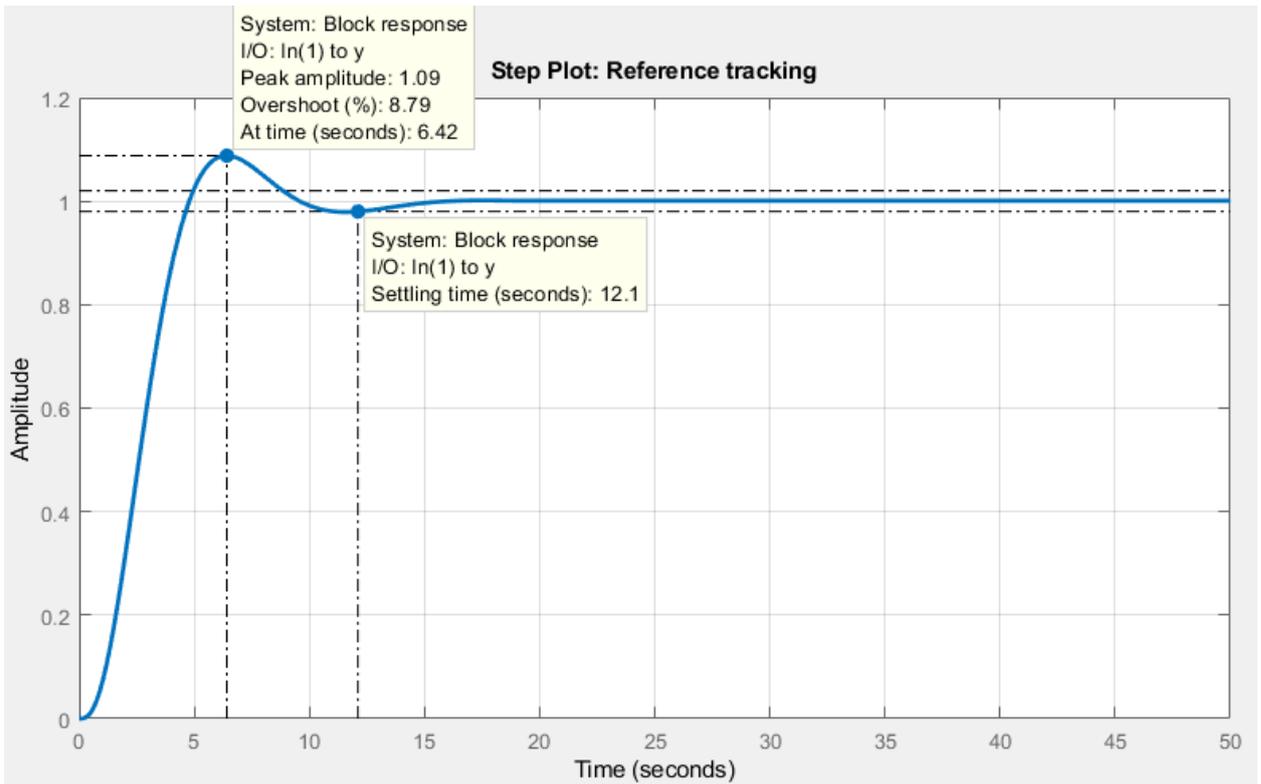


Рисунок 5. График переходного процесса спроектированной САР

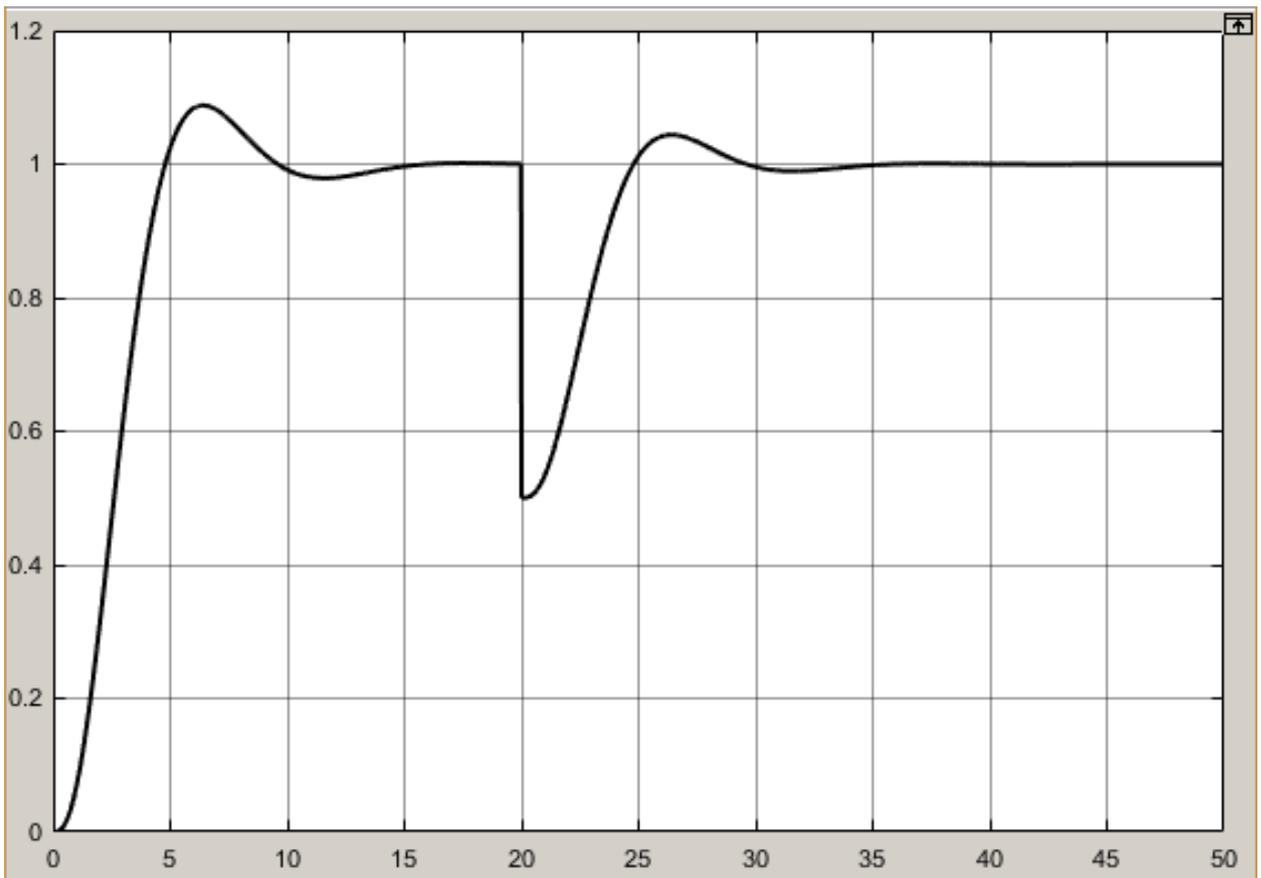


Рисунок 6. График переходного процесса САР с внесенным возмущением.

## 2.10. Экранная форма АС

Управление автоматизированной системы управления «Участка сорбции мобильного комплекса», реализовано с использованием SCADA-системы WinCC. Именно такие системы предлагают наиболее полные и легко наращиваемые HMI средства. Одна из основных особенностей современных систем автоматизации - высокая степень интеграции этих систем. В любой из них могут быть задействованы объекты управления, исполнительные механизмы, аппаратура, регистрирующая и обрабатывающая информацию, рабочие места операторов, серверы баз данных и т.д. На рисунке 7 представлена мнемосхемы УХиПСК.

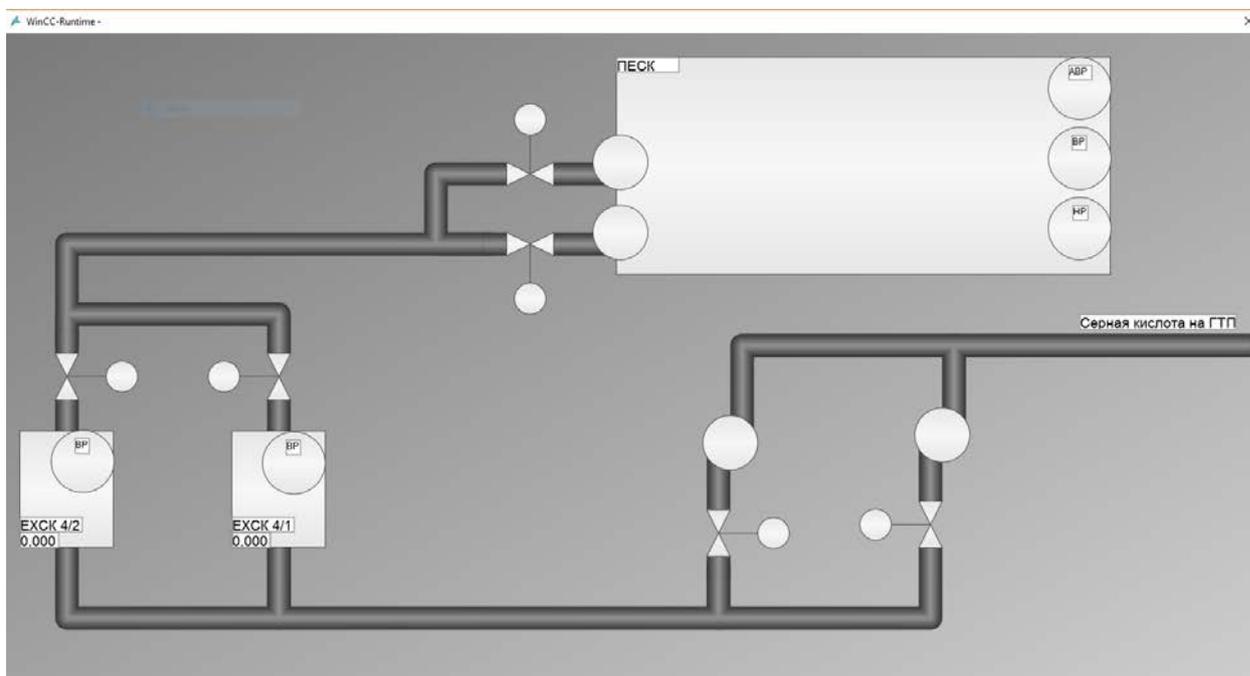


Рисунок 7. Мнемосхема УХиПСК

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т32	Кайгородову Константину Сергеевичу

<b>Инженерная школа</b>	ИШИТР	<b>Отделение</b>	Автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение назначения объекта и определение целевого рынка</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работ, составление графика работ</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка сравнительной эффективности проекта</i>

**Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей)**

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т32	Кайгородов Константин Сергеевич		

### 3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

#### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Мобильный комплекс добычи урана способом подземного выщелачивания, без геотехнических полей это современный комплекс, осуществляющий добычу природного урана, подготовку, транспортировку и хранение насыщенной смолы. Важную роль в этом процессе играет контроль и управление технологическими процессами из автоматического рабочего места.

Потенциальными потребителями результатов этого исследования являются предприятия уранодобывающей промышленности, расположенные на территории СНГ, добывающие и транспортирующие природный уран, такие как ОАО «КазАтомПром», ОАО «АтомЭнергоПром».

В таблице 11 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ТОО «ИВТ», «Б» - ТОО «НАК», «В» - ЗАО «ЭлеСи»

Таблица 11- Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер	Мелкая	А,Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средняя	А,Б, В	А, Б	В	В
	Крупная	Б, В	А	В	В

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

### 3.1.1 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 12.

Таблица 12 - SWOT-анализ

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1. Экономичность и энергоэффективность проекта	С2. Экологичность технологии	С3. Более низкая стоимость	С4. Наличие бюджетного финансирования	С5. Квалифицированный персонал	Сл1. Отсутствие прототипа проекта	Сл2. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров	Сл3. Мало инжиниринговых компаний, способной построить производство под ключ	Сл4. Отсутствие необходимого оборудования	Сл5. Большой срок поставок используемого оборудования
Возможности	В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	В2. Использование существующего программного обеспечения	+	0	-	0	+	-	-	-	-	-
	В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт	+	+	0	0	-	-	-	-	-	-
	В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях	0	-	+	0	-	-	-	-	-	-
	В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	+	0	+	0	+	-	-	-	-	-

Угрозы	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства	-	-	-	-	-	+	+	0	0	+
	У2. Развитая конкуренция технологий производства	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0
	У3. Ограничения на экспорт технологии	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0
	У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	-	-	-	-	-	+	-	-	0	+

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта. Это позволяет строить тактические и стратегические решения в рамках реализации проекта

### 3.2 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент-дипломник (СД). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 13.

Таблица 13 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность исп-ля	Загрузка
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Р	Р-100%
<b>Проведение НИР</b>				
Выбор направления исследования	2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р, СД	Р-50%, СД-100%
	3	Разработка и утверждение тех. задания (ТЗ)	Р, СД	Р-100%, СД-100%
	4	Календарное планирование работ	Р, СД	Р-50%, СД-100%
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурных схем	СД	СД-100%
	6	Разработка функциональных схем	СД	СД-100%
	7	Выбор технических средств автоматизации	Р, СД	Р-50% СД-100%
	8	Выбор алгоритмов управления	Р, СД	Р-50% СД-100%
	9	Разработка экранной формы	СД	СД-100%
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	СД	СД-100%

### 3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

В таблице 14 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 14 – Временные показатели проведения работ

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		Тmin, чел-дн.	Тmax, чел-дн.	Тож, чел-дн.	Тр, раб.дн		Ткд, кал.дн	
					Р	СД	Р	СД
1	Р	1	2	1,4	1,4	-	2	-
2	Р, СД	1	2	1,4	0,7	1,4	1	2
3	Р, СД	2	3	2,4	2,4	2,4	3	3
4	Р, СД	1	2	1,4	0,7	1,4	1	2
5	СД	2	3	2,4	-	2,4	-	3
6	СД	5	10	7	-	7	-	10
7	Р, СД	2	3	2,4	1,2	2,4	2	3
8	Р, СД	3	6	4,2	2,1	4,2	3	6
9	Р, СД	3	6	4,2	-	4,2	-	6
10	СД	1	2	1,4	-	1,4	-	2
Итого					8,5	26,8	12	37

На руководителя (Р) приходится 12 календарных дней, на студента-дипломника (СД) 37 календарных дней.

На основе таблицы 14 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 15 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 15 - план-график

№	Вид работы	Исп-ли	Ткд	С 16.04.2018 г. по 24.05.2018 г.															
1	Составление и утверждение задания НИР	Р	2																
2	Изучение исходных данных	Р СД	1 2																



Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб
Расходомер электромагнитный КУБ-5С-25-6-RS-2-42	шт.	1	40000	40000
Расходомер электромагнитный КУБ-5С-100-60/20-RS-2-42	шт.	5	50000	250000
Расходомер электромагнитный КУБ-5С-50-30/10-RS-2-42	шт.	4	45000	180000
Расходомер электромагнитный SITRANS F M MAGFLO	шт.	2	327000	654000
Сигнализатор уровня СУ 114 Р	шт.	14	20000	280000
Импульсный радарный уровнемер SITRANS Probe LR	шт.	6	117200	703200
Клапан отсечной 2-х-ходовой с электроприводом E41516N72 KZSP	шт.	23	35000	805000
Преобразователь частоты ADL PFD 70-17PO-20	шт.	8	40000	320000
Промышленный компьютер SIMATIC Rack PC847B	шт.	1	180000	180000
Насос с электроприводом 1К100-80-160б	шт.	12	25000	300000
Итого:				4156420

### 3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы ЭМИКОН. В таблице 17 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 17 - Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб	Общая стоимость, руб
Simatic Step 7 Pro V12	1	148000	148000
итого:			148000

### 3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

Где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 28 раб. дня  $M = 11$  месяцев, 5-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней.

Руководитель – 100000 руб.

Студент – 30000 руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 18.

Таблица 18 – основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб	Районный коэффициент %	Месячный должностной оклад работника.	Среднедневная заработная плата руб.	Продолжительнос ть работ, дней	Заработная плата основная, руб.
Руководитель	50000	30	65000	2894,73	8,5	24605,21
Студент	30000	30	39000	1736,84	26,8	46547,31
Итого:						71152,52

### 3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды составляет 30%.

Таблица 19 - отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Руководитель	24605,21
Студент	46547,31
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,00
Итого:	21345,76

### 3.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (4156420 + 148000 + 71152,52 + 21345,76) \cdot 0,15 = 659537,74 \text{ руб.}$$

Где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

### 3.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 20.

Таблица 20 – расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	4156420
2. Затраты на специальное оборудование	148000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	71152,52
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21345,76
5. Накладные расходы	177156,20
<b>6. Бюджет затрат НТИ</b>	<b>659537,74</b>

### 3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной 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.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

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

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$p_{финр} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{659537,74}{70000000} = 0,94;$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией ТОО «ИВТ». Система АСУ ТП разработана на базе оборудования ЭЛЕСИ и SCADA Infinity;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ТОО «НАК». Система АСУ ТП разработана на базе промышленного оборудования Siemens с применением SCADA Trace Mode.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов составляет:

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат, руб	659537,74	68000000	7000000

Для аналогов соответственно:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{659537,74}{700000} = 0,94;$$

$$I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{680000}{700000} = 0,97;$$

$$I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{700000}{700000} = 1;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 22–Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1.Повышение роста производительности труда пользователя	0,25	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надёжность	0,25	5	4	4
4. Экономичность	0,25	5	4	5
5. Помехоустойчивость	0,1	5	4	4
ИТОГО	1	5	3,8	4,2

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 = 5;$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 3,8;$$

$$\text{Аналог 2} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,2.$$

0.96 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финаi}}^{ai}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p}; I_{\text{финаi}}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{\text{финаi}}^{ai}};$$

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{5}{0,94} = 5,32;$$

$$I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина1}}^{a1}} = \frac{3,8}{0,97} = 3,92;$$

$$I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина2}}^{a2}} = \frac{4,2}{1} = 4,2;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финаi}^{ai}}$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 23.

Таблица 23– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,94	0,97	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	3,8	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	5,32	3,92	4,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	–	1,36	1,27

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т32	Кайгородову Константину Сергеевичу

<b>Инженерная школа</b>	ИШИТР	<b>Отделение</b>	Автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

<i>4. Характеристика объекта исследования (вещество материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i>	<i>Мобильный комплекс добычи природного урана способом подземного выщелачивания</i>
--	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>4. Надежность системы</i>	<i>4.1 Надежность системы</i>
<i>5. Требования надежности к системе автоматизации</i>	<i>4.2 Требования надежности предъявляемые к автоматизированной системе в общем</i>
<i>6. Методы повышения надежности</i>	<i>4.3 Методы повышения надежности проектируемой системы</i>
<i>7. Анализ повышения надежности системы</i>	<i>4.4 Анализ выбранного способа повышения надежности проектируемой системы</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т32	Кайгородов Константин Сергеевич		

## **4 Социальная ответственность**

### **Аннотация**

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) ИСО CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

### **Введение**

Согласно техническому заданию предполагается спроектировать автоматическую систему управления технологическим процессом добычи природного урана способом подземного выщелачивания.

Объектом исследования будет выступать оборудование, выбранное в проект. Датчики давления, расходомеры, датчики уровня и уровнемеры, клапаны и частотные преобразователи, программируемый логический контроллер и мнемосхема технологического процесса.

В ВКР рассматривается вопрос проектирования автоматизированной системы управления. Ролью обслуживающего персонала является наблюдение и запуск тех или иных операций технологического процесса и замена оборудования в случае поломки.

### **4.1 Надёжности системы**

Надежностью называют свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Расширение условий эксплуатации, повышение ответственности выполняемых радиоэлектронными средствами функций, их усложнение приводит к повышению требований к надежности изделий.

Надежность является сложным свойством и формируется такими составляющими, как безотказность, долговечность, восстанавливаемость и сохраняемость. Основным здесь является свойство безотказности - способность изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение времени. Потому наиболее важным в обеспечении надежности радиоэлектронных средств является повышение их безотказности.

Особенностью проблемы надежности является ее связь со всеми этапами «жизненного цикла» радиоэлектронных средств от зарождения идеи создания до списания: при расчете и проектировании изделия его надежность закладывается в проект, при изготовлении надежность обеспечивается, при эксплуатации - реализуется. Поэтому проблема надежности - комплексная проблема и решать ее необходимо на всех этапах и разными средствами. На этапе проектирования изделия определяется его структура, производится выбор или разработка элементной базы, поэтому здесь имеются наибольшие возможности обеспечения требуемого уровня надежности радиоэлектронных средств. Основным методом решения этой задачи являются расчеты надежности (в первую очередь - безотказности), в зависимости от структуры объекта и характеристик его составляющих частей, с последующей необходимой коррекцией проекта.

#### **4.2 Требования предъявляемые надёжности к автоматической системе в целом**

Система управления должна состоять из распределенной системы управления (PCY) и автоматической системы противоаварийной защиты (ПАЗ). Основной целью и назначением которых является обеспечение безопасного и эффективного управления технологическим процессом в реальном масштабе времени.

Программно-технические средства, входящие в систему, должны иметь сертификаты соответствия, выданные органами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии при Министерстве промышленности и торговли РФ (Росстандарт), а также в установленных случаях другими лицензирующими органами РФ.

Связь между оборудованием нижнего и среднего уровней должна осуществляться при помощи проводных связей, посредством цифровых и унифицированных аналоговых, дискретных электрических сигналов через кроссовые шкафы.

Обмен данными между оборудованием среднего и верхнего уровней должен осуществляться при помощи резервированных специализированных промышленных компьютерных сетей высокой производительности. Для организации этих сетей должна быть предусмотрена проводка резервированных оптоволоконных кабелей и кабелей типа "витая пара" категории не ниже "5е" с применением специализированного сетевого оборудования.

Структура PCY и ПАЗ должна быть предусмотрена такой, чтобы исключить наличие узлов (единичных элементов и связей), отказ которых приведет к отказу PCY и ПАЗ в целом. Для обеспечения минимальной вероятности отказов должно быть предусмотрено резервирование ответственных элементов и сетей системы.

В системе должна быть предусмотрена сохранность информации:

- при нештатных технологических ситуациях, выходе из строя компонентов системы и нештатном отключении электропитания;
- сохранение системной конфигурации, прикладного программного обеспечения (ПО), трендов и журналов событий в случае выхода из строя компонентов системы, нештатного отключения электропитания либо некорректных действий технологического персонала.

## **4.3 Выбор оборудования**

### **4.3.1 Выбор ПЛК**

Программируемые контроллеры Simatic S7-300 – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Модульная конструкция, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства. Эффективному применению контроллеров способствует возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров. SIMATIC S7-300 отвечают требованиям национальных и международных стандартов и норм. Области применения SIMATIC S7-300/ S7-300C охватывают: автоматизацию машин специального назначения; автоматизацию текстильных и упаковочных машин; автоматизацию машиностроительного оборудования; автоматизацию оборудования для производства технических средств управления и электротехнической аппаратуры; построение систем автоматического регулирования и позиционирования; автоматизированные измерительные установки и другие.

### **4.3.2 Выбор датчика давления**

Измерительный преобразователь давления состоит из пьезорезисторной измерительной ячейки с мембраной, размещенной в корпусе из нержавеющей стали. Устройство может быть электрически соединено с помощью коннектора согласно EN 175301-803-A (IP65) или коннектора M12 (IP67). Диапазон выходного сигнала 4...20 мА.

Обладает следующими техническими характеристиками:

- Класс защиты корпуса IP67;
- Сертификат по ЕС CENELEC ATEX (КЕМА) ExiaIICT4;
- Рабочие температуры окружающей среды: -25...+85 °С;

### 4.3.3 Выбор расходомера

Выбор расходомера пал на КУБ-5С так как этот прибор обладает достаточными показателями погрешности и надежности. Помимо этого, КУБ-5С выпускается нашей фирмой, а это поддержание отечественного производителя.

Обладает следующими техническими характеристиками:

- Класс защиты корпуса IP65;
- Рабочие температуры окружающей среды: -40... +50 °С;
- Три отверстия под электрический кабельный ввод с тремя заглушками, внутренняя резьба M20.

Второй тип расходомера это Sitrans FM Magflo 3100. Обладает высокими показателями надежности и качества. Все магнитно-индуктивные расходомеры MAGFLO имеют оригинальный блок памяти SENSORPROM, в котором данные калибровки измерительного датчика и установки измерительного преобразователя сохраняются в течение всего срока службы продукта. При вводе в эксплуатацию расходомер сразу же начинает измерение без предварительного программирования. Соответствующие размеру измерительного датчика заводские установки сохранены в блоке SENSORPROM. Также туда могут сохраняться и спецустановки пользователя. При замене измерительного преобразователя все прежние установки загружаются в новый измерительный преобразователь, который возобновляет измерение без перепрограммирования. При первичной калибровке измерительного датчика кроме этого сохраняются и используемые в комбинации с верификатором MAGFLO данные для повторной поверки.

Обладает следующими техническими характеристиками:

- Класс защиты корпуса IP65;
- Рабочие температуры окружающей среды: -40... +80 °С;
- 4 отверстия под электрический кабельный ввод с 4 заглушками, внутренняя резьба M20.

### 4.3.4 Уровнемер

Был выбран Sitrans Probe LR, потому что он надёжный, невосприимчив к окружающим факторам (температуре, давлению и т.д.), характеризуется широким диапазоном измерения.

Обладает следующими техническими характеристиками:

- Класс защиты корпуса IP65;
- Сертификат взрывобезопасности ExiaIICT4;
- Рабочие температуры окружающей среды: -40...+80 °С;
- Два отверстия под взрывозащищённый электрический кабельный ввод с двумя заглушками, внутренняя резьба M20.

### 4.3.5 Сигнализатор уровня

В качестве датчика уровня выбран СУ 114Р, потому что он надёжный, невосприимчив к окружающим факторам (температуре, давлению и т.д.).

Обладает следующими техническими характеристиками:

- Класс защиты корпуса IP54;
- Рабочие температуры окружающей среды: -30...+50 °С;
- Одно отверстие под взрывозащищенный электрический кабельный ввод с одной заглушкой, внутренняя резьба М20.

#### 4.3.6 Выбор исполнительного механизма

В качестве исполнительных механизмов были выбраны преобразователи частоты ADL PFD 70-17PO-20 для управления производительностью насосов, а для перекрытия сечения трубопровода выбраны клапана с электроприводом E41516N72 KZSP.

Основные технические характеристики электропривода преобразователя частоты PFD 70-17PO-20:

- Класс защиты корпуса IP20;
- Рабочие температуры окружающей среды: -10...+40 °С;

Основные технические характеристики запорной арматуры типа E41516N72 KZSP:

- Класс защиты корпуса IP65;
- Рабочие температуры окружающей среды: -30...+80 °С;

#### 4.4 Методы повышения надёжности автоматизированной системы

Основным, но не единственным фактором, обеспечивающим надёжность системы, является именно то оборудование, которое, было выбрано для её реализации.

Всё выше перечисленное оборудование от данных производителей прошло многолетние опытно промышленные испытания на площадных объектах компании ОАО «КазАтомПром». В ходе которых оно было признано достаточно надёжным для оснащения им технологических объектов общества.

Ещё одним составляющим фактором, обеспечивающим надёжность системы, является закупка ЗИП при реализации проектов в размере 10% от имеющегося оборудования, но не меньше одного экземпляра.

Таблица 24 – Перечень оборудования ЗИП заложенный в рамках проекта модернизации системы резервуарного парка

Наименование	Производитель	Количество, шт.
Контроллер SIMATIC S7-300	Siemens	1
Преобразователь давления SITRANS P200	Siemens	2
Расходомер электромагнитный КУБ-5С-25-6-RS-2-42	КАР Technology	1

Расходомер электромагнитный КУБ-5С- 100-60/20-RS-2-42	КАР Technology	5
Расходомер электромагнитный КУБ-5С- 50-30/10-RS-2-42	КАР Technology	4
Расходомер электромагнитный SITRANS F M MAGFLO	Siemens	2
Сигнализатор уровня СУ 114 Р	КАР Technology	14
Импульсный радарный уровнемер SITRANS Probe LR	Siemens	6
Клапан отсечной 2-х- ходовой с электроприводом E41516N72 KZSP	Camozzi	23
Преобразователь частоты PFD 70-17PO-20	ADL	8
Насос с электроприводом 1К100-80-160Б	Ливгидромаш	12

#### **4.5 Анализ выбранного способа повышения надёжности автоматизированной системы**

На основании выбранных методов повышения надёжности можно сделать вывод, что совокупность данных факторов позволяет обеспечить достаточную надёжность систем на площадных объектах компании, не прибегая к чрезмерным финансовым затратам, позволяя получить максимальный баланс между вложенными средствами и полученным эффектом.

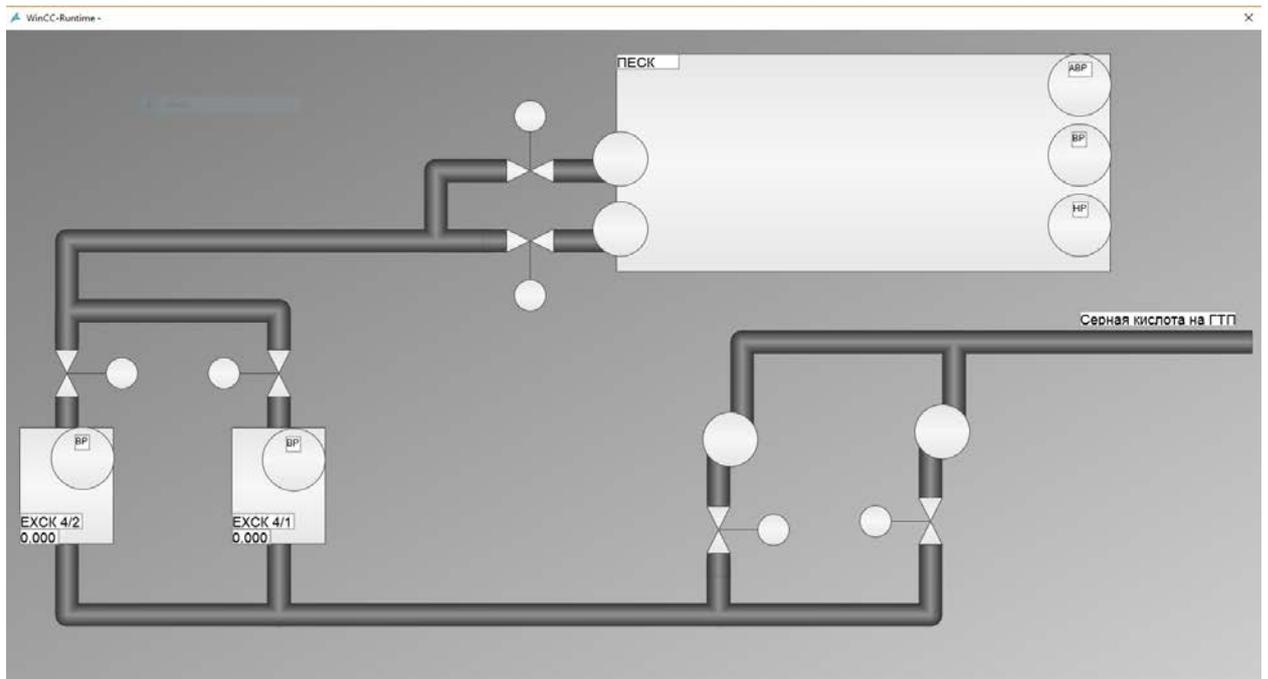


Рисунок 8. Мнемосхема УХиПСК

### Список использованной литературы

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А.С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вищашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
10. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
11. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
14. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
15. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
16. ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности.
17. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N  
197-ФЗ.