

## 2.5 Разработка схемы информационных потоков НПС

Схема информационных потоков, включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки),
- средний уровень (уровень текущего хранения),
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов, данные о вычислении и преобразовании.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Другими словами, она выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллерами и между контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- давление на входе НА-1, МПа;
- давление на выходе НА-1, МПа;
- температура подшипников НА-1, оС;
- температура масла НА-1, оС;
- вибрация корпуса двигателя НА-1(по трем осям), Гц;
- расход нефти на входе НА-1, м<sup>3</sup>/ч;
- расход нефти на выходе НА-1, м<sup>3</sup>/ч.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA\_BBB\_CCCC\_DDDDD:

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

- PRS (pressure) – давление;
- TEM (temperature) – температура;
- LEV (level) – уровень;
- FLW (flow) – расход;
- VBR (vibration) – вибрация;
- SPD (speed) – скорость;
- CRT (current) – ток;
- PWR (power) – мощность;

BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- PPI (pipework, input flow) – входная трубная обвязка;
- PPO (pipework, output flow) – выходная трубная обвязка;
- PU1 (pumping unit 1) – насосный агрегат 1;
- PU2 (pumping unit 2) – насосный агрегат 2;
- PU3 (pumping unit 3) – насосный агрегат 3;
- PU4 (pumping unit 4) – насосный агрегат 4;
- MT1 (motor 1) – двигатель 1;
- MT2 (motor 2) – двигатель 2;
- MT3 (motor 3) – двигатель 3;

CCCC – уточнение, не более 4 символов:

- NHL (high high limit) – верхнее предельное значение;
- HL (high limit) – верхнее допустимое значение;
- LL (low limit) – нижнее допустимое значение;
- LLL (low low limit) – нижнее предельное значение;
- REG (regulation) – регулирование;

DDDDD – примечание, не более 5 символов:

- OIL (oil) – масло;
- PTRLM (petroleum) – нефть;
- BRG (bearing) – подшипник;
- BDY (body) – корпус;

WNDG (winding) – обмотка;

Знак подчеркивания \_ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка сигналов в SCADA

Кодировка	Расшифровка кодировки
PRS_PPI_WORK_PTRLM	Давление нефти на входе
PRS_PPI_HLL_PTRLM	Верхнее предельное давление нефти на входе насоса
PRS_PPI_HL_PTRLM	Верхнее допустимое давление на входе насоса
PRS_PPI_LL_PTRLM	Нижнее допустимое давление на входе насоса
PRS_PPI_HLL_PTRLM	Нижнее предельное давление на входе насоса
PRS_PPI_REG_PTRLM	Регулирование давления нефти на входе насоса
PRS_PPO_WORK_PTRLM	Давление нефти на выходе
PRS_PPO_HLL_PTRLM	Верхнее предельное давление нефти на выходе насоса
PRS_PPO_HL_PTRLM	Верхнее допустимое давление на выходе насоса
PRS_PPO_LL_PTRLM	Нижнее допустимое давление на выходе насоса
PRS_PPO_HLL_PTRLM	Нижнее предельное давление на выходе насоса
PRS_PPO_REG_PTRLM	Регулирование давления нефти на выходе насоса
CRT_MT1_WORK	Сила тока электродвигателя 1
CRT_MT2_WORK	Сила тока электродвигателя 2
CRT_MT3_WORK	Сила тока электродвигателя 3
CRT_MT4_WORK	Сила тока электродвигателя 4
PWR_MT1_WORK	Мощность электродвигателя 1
PWR_MT2_WORK	Мощность электродвигателя 2
PWR_MT3_WORK	Мощность электродвигателя 3

Продолжение таблицы 1.

PWR_MT4_WORK	Мощность электродвигателя 4
TEM_MT1_WORK_OIL	Температура масла электродвигателя 1
TEM_MT1_WORK_BRG	Температура подшипников электродвигателя 1
TEM_MT1_WORK_WNDG	Температура обмотки электродвигателя 1
VBR_MT1_WORK_BODY	Вибрация корпуса электродвигателя 1
SPD_MT1_WORK_SHAFT	Скорость вала электродвигателя 1

Верхний уровень представлен базой данных КИС и базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами

экранных форм АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчетов, все отчеты формируются в формате XML. Генерация отчетов выполняется по следующим расписаниям:

- каждый четный / нечетный час (двухчасовой отчет);
- каждые сутки (двухчасовой отчет в 24.00 каждых суток);
- каждый месяц;
- по требованию оператора (оперативный отчет).

Отчеты формируются по заданным шаблонам:

- сводка по текущему состоянию оборудования;
- сводка текущих измерений.

Историческая подсистема АС сохраняет информацию изменений технологических параметров для сигналов с заранее определенной детальностью. Сохранение данных в базе данных происходит при помощи модуля истории Simp light History. Данные, хранящиеся более трех месяцев, прореживаются для обеспечения необходимой дискретности.

## 2.6 Выбор средств реализации НПС

Задачей выбора программно-технических средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

Программно-технические средства АС НПС включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование, а также системы сигнализации.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

### 2.6.1 Выбор контроллерного оборудования НПС

Современный рынок контроллеров и программно-технических комплексов весьма разнообразен. Выбор наиболее приемлемого варианта автоматизации представляет собой многокритериальную задачу, решением которой является компромисс между стоимостью, техническим уровнем, надежностью, комфортностью, затратами на сервисное обслуживание, полнотой программного обеспечения и многим другим.

Поэтому важно выделить основные характеристики и свойства комплексов контроллеров и ПТК, на основании которых можно сделать выбор при построении систем управления.

В качестве таких характеристик предложим пять обобщенных показателей:

характеристика процессора;

характеристика каналов ввода/вывода, поддерживаемых контроллерами;

коммуникационные возможности;

условия эксплуатации;

программное обеспечение.

Среди наиболее популярной фирмы ABB, Advantech, Allen-Bradley, Bristol Babcock, Control Microsystems, Fisher-Rosemount, Foxboro, GE Fanuc, Hewlett Packard, Hitachi, Honeywell, Koyo, Mitsubishi, Motorola, Omron, PER Modular Computer, Samsung, Schneider Electric, Siemens, Toshiba, Yokogawa, Ремиконт, Техноконт, Сириус, Эмикон-2000, МФК, ТК52, Деконт, КРУИЗ, КРУГ-2000 и т. д.

Также необходимо отметить, что важным критериями при выборе контроллера является соотношение цены и качества, количество часов наработки на отказ, простота обслуживания, сервис предоставляемый компанией-разработчиком/

Программируемый контроллер SLC-500 американской фирмы Allen-Bradley, лаконично вмещает в себя все критерии, предъявляемые в современных условиях.

Программируемые контроллеры серии SLC (Small Logical Controlles) имеют два варианта исполнения: модульный и многоблочные с фиксированным количеством входов/выходов.

Линейка контроллеров SLC-500 включает в себя 4 модификации процессоров, 25 типов модулей входов/выходов, специальные модули, 4 типоразмера шасси для установки модулей (4, 7, 10, 13 мест).

В дополнение к гибкости конфигурирования программируемые контроллеры SLC 500 имеют встроенный порт сети DH-485, DH+, обеспечивая тем самым программную поддержку и мониторинг.

Имеется 4 типа процессоров серии SLC-500: SLC-5/01, SLC-5/02, SLC-5/03, и SLC-5/04, отличающихся объемом памяти, количеством подключаемых входов/выходов и сетевыми средствами.

Процессоры SLC-5/03, SLC-5/04 имеют последовательные порты RS-232 для подключения периферийных устройств.

На рисунке 4 изображен модульный контроллер SLC 500.

/

Рисунок 4 – Контроллер Allen-Bradley SLC-500

Процессоры серии SLC-500 работают с модулями серии 1746. В состав гаммы модулей входов/выходов входят модули для подключения дискретных и аналоговых датчиков.

Реализована мощная систему команд, в том числе: логические и математические функции, битовые инструкции PID-функция, обработка прерываний, индексная адресация, организация подпрограмм.

В данном дипломном проекте система автоматизации построена на базе программируемого контроллера SLC-5/04.

SLC 5/04 - процессор с емкостью памяти до 60К слов и дополнительными 4К для данных с возможностью подключения к сети Data

Highway Plus (DH+) и быстродействием, превышающим SLC 5/03; также обеспечивается возможность коммуникаций через RS-232 и DH-485. Также в состав процессорного модуля входит математический сопроцессор для обработки чисел в формате плавающей запятой.

Количество сигналов НПС с учетом сигналов от исполнительных механизмов:

- дискретные входы - 120;
- аналоговые входы -79;
- аналоговые входы для термопар – 43;
- дискретные выходы - 41;
- аналоговые выходы - 3.

На основании этих данных для обработки сигналов, а также для управления исполнительными механизмами выбраны следующие модули:

- модули аналоговых входов (5 шт.) -1746-NI16I(5);
- модули аналоговых входов для термопар (6 шт.) -1746-NT8;
- модуль аналогового выхода (1 шт.) -1746-NO4I;
- модули дискретных входов (4 шт.) - 1746-IV32;
- модули дискретных выходов (3шт.) - 1746-OV16E.

Потребляемые мощности модулей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики мощности модулей

Модули	Количество	5В	24В
Процессор- SLC 5/04	1	1000 мА	200 мА
Модули AI-1746-NI16I	5	125 мА	75 мА
1746-NT8	6	120 мА	70 мА
Модули АО-1746-NO4I	1	55 мА	195 мА
Модули DI- 1746-IV32	4	106 мА	
Модули DO- 1746-OV16E	3	135 мА	
Блок питания 1746-P2	2	5000 мА	960мА

### 2.6.2 Выбор датчиков

Все датчики и первичные приборы монтируются непосредственно на технологическом оборудовании. Ниже представлены варианты первичных

датчиков, применяемых в системе автоматизации промежуточной нефтеперекачивающей станции. Из всех перечисленных датчиков были выбраны те, которые наиболее полно удовлетворяют требованиям, таким как: диапазон рабочих температур, диапазон измерений, класс точности, тип выходного сигнала и т.д. В основном предпочтение отдается российскому производителю.

### 2.6.2.1 Выбор расходомера

В процессе перекачки нефти на НПС необходимо отслеживать расход поступающей нефти и знать объем поступившей нефти.

- Для измерения расхода будем использовать расходомер OPTIMAS (Рисунок 5).
- Лучший выбор для различных сфер применения
- Лучшее соотношение цены и производительности
- Широкий выбор доступных опций



Рисунок 5 – Расходомер OPTIMAS 1000

Технические характеристики расходомера OPTIMAS 1000 приведены в таблице 3:

Таблица 3 – Технические характеристики расходомера OPTIMAS1000

Техническая характеристика	Значение
Изменяемые среды	жидкость, газ, пар
Температура измеряемой среды	-40...130°C (интегральный монтаж датчика); -100...454°C (удаленный монтаж)



	датчика импульсными линиями)
Избыточное давление в трубопроводе, не более	10 МПа
Диаметр условного прохода трубопровода	Dу 50...2400
Динамический диапазон	8:1, 14:1
Основная относительная погрешность измерений расхода, не более	±0,8%
Температура окружающего воздуха	-40...85°C – без ЖК-индикатора
Выходной сигнал	4...20 мА/HART
Расстояние передачи токового сигнала	до 2,5 км
Физические интерфейсы связи с компьютерной средой	Hart
Протоколы связи с компьютерной средой	HART
Взрывозащищенное исполнение	есть
Степень защиты от воздействия пыли и влаги	IP 66, IP 68
Напряжение питания от внешнего источника постоянного тока	11...55 В без внешней нагрузки (при передаче сигнала по 4...20 мА) или с $R_n > 250$ Ом (при передаче сигнала по HART-протоколу)

OPTIMASS 1000 является эффективным решением для точных измерений в различных областях применения.

OPTIMASS 1000 надежно измеряет массовый расход, плотность, объем, температуру, объемную концентрацию или содержание твердых частиц.

#### Преимущества

- Высокотехнологичные двойные измерительные трубы
- Простота и удобство дренирования и очистки измерительной трубы
- Устойчив к воздействию внешних негативных факторов
- Долгий срок службы
- Оптимизированный разделитель потока для минимизации потери давления
- Высокий уровень точности и превосходное соотношение цены и производительности
- Модульная концепция электронного блока: простота замены электроники
- Отрасли промышленности
- Водопользование и расход воды

- Химическая промышленность
- Пищевая промышленность
- Целлюлозно-бумажная промышленность
- Нефтехимическая промышленность
- Фармацевтическая промышленность
- Принцип измерения кориолисовых массовых расходомеров

### 2.6.2.2 Выбор датчиков давления

Датчик для измерения избыточного давления МЕТРАН-100-ДИ (рисунок 6) предназначен для преобразования избыточного давления на входе и выходе насосных агрегатов, и давления в технологических аппаратах в стандартный токовый сигнал дистанционной передачи.



Рисунок 6 – Датчик давления Метран-100-ДИ

Датчик обеспечивает:

- непрерывную самодиагностику;
- возможность простой и удобной настройки параметров двумя кнопками;
- измеряемые среды: жидкость, пар, газ (в т.ч. газообразный кислород).

Цифровые значения сигнала датчика выводятся на жидкокристаллический дисплей цифрового индикатора (ЦИ), встроенного в корпус электронного блока.

С помощью встроенной кнопочной панели управления осуществляется:

- контроль текущего значения измеряемого датчика;
- контроль настройки параметров датчика;
- настройка единиц измерения;
- настройка времени усреднения выходного сигнала (демпфирования).

Габаритно присоединительные размеры представлены на рисунке 7:

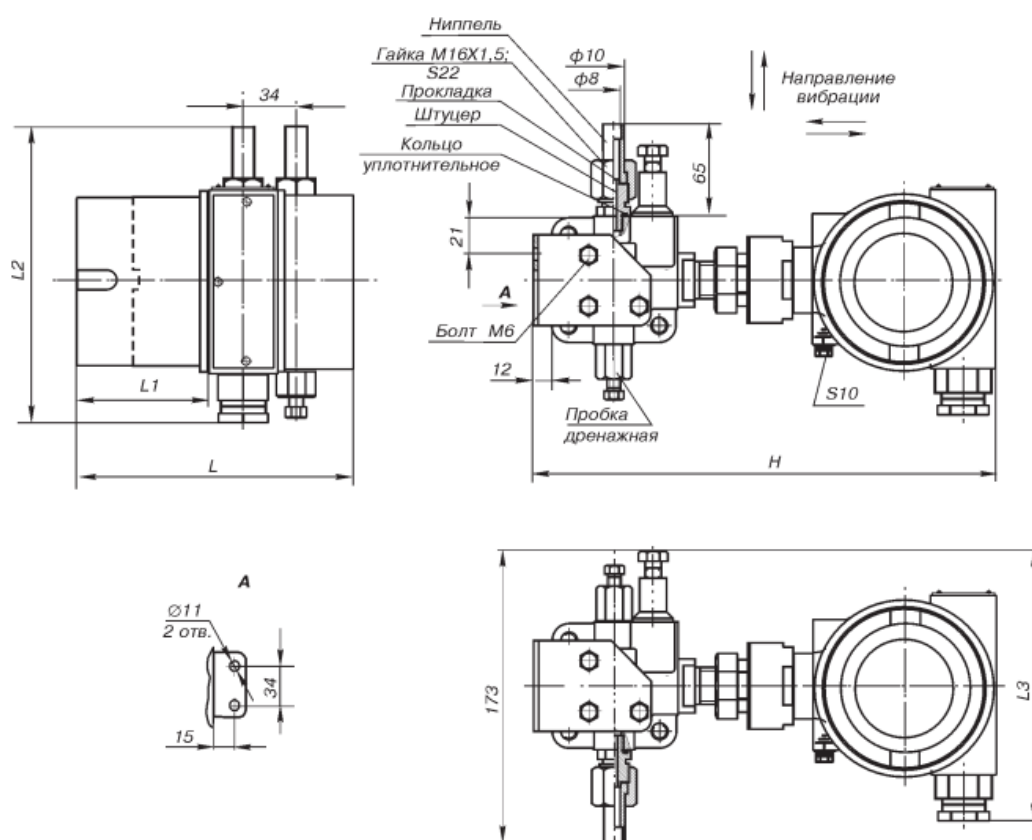


Рисунок 7 – Габаритно-присоединительные размеры Метран-100-ДИ

### 2.6.2.3 Выбор датчика температуры

В ходе работы НПС необходимо измерять температуру нефти в корпусе МНА, температуру масла в маслосистеме МНА, а также температуру подшипников насоса и электродвигателя, температуру обмоток и сердечника статора.

В качестве датчика температуры нефти в корпусе МНА и масла в маслосистеме будем использовать ТСМ Метран-253. Датчик ТСМ Метран-253 предназначен для измерения температуры жидких и газообразных химически не агрессивных сред, а также агрессивных, не разрушающих материал защитной арматуры во взрывоопасных зонах и помещениях. Средний срок службы не менее 8 лет. ТСМ Метран-253 изображен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Датчик температуры Метран-253

Датчики могут быть использованы в системах контроля, сигнализации, блокировки агрегатов (насосов, компрессоров и другого технологического оборудования), в том числе во взрывоопасных условиях.

Датчики соответствуют «общим правилам взрывоопасности для взрывоопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» ПБ 09-540-03 и пригодны для использования в системах противоаварийной автоматической защиты.

По виду выходного сигнала датчики имеют два исполнения:

- с унифицированным токовым сигналом в 4-20мА;
- с двухпозиционным токовым сигналом, имеющим два уровня: 1,0ч 0,5 мА и 4,0ч 0,5 мА.

В качестве датчиков температуры подшипников, обмоток и сердечника статора будем использовать датчики температуры серии НТДТ производства компании НеоТех.

Термометр сопротивления НТДТ состоит из термочувствительного элемента Pt100, размещенного в цилиндрическом корпусе из нержавеющей стали. Выводной кабель содержит одну или две витые пары в экранирующей оплетке и заделан в корпус датчика.

Корпус датчика температуры обеспечивает механическую защиту измерительной схемы.



Рисунок 9 – Датчик температуры НТДТ НеоТех

Защищенность не ниже IP67.

Диапазон измерения от -50 до +300°C

Основные технические параметры температурных датчиков НТДТ:

- Тип термочувствительного элемента – Pt100;
- Группа условий эксплуатации по механическим воздействиям – М27 по ГОСТ 17516.1-90;
- Вид климатического исполнения – УХЛ по ГОСТ 15150-69;
- Корпус датчика – нержавеющая сталь;
- Степень защиты корпуса датчика – IP67;
- Сигнальный кабель – 2 витые пары в экране;
- Масса (без кабеля) – 0,06 кг.

#### **2.6.2.4 Выбор датчика контроля скорости утечек**

В процессе работы МНА необходимо отслеживать скорость утечки. Для этих целей будем использовать сигнализаторы уровня поплавкового типа серии СУ1 (рисунок 10).



Рисунок 10 – Датчик скорости утечек ДС-СУ1

Предназначен для контроля предельной скорости утечек нефти через торцевые уплотнения в магистральных и подпорных насосных агрегатах. В комплекте с преобразователем ПВ-СУ1 обеспечивается уровень взрывозащиты «0» («особо взрывобезопасное оборудование») и вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь». Принцип действия датчика заключается в том, что при превышении скорости притока нефти из трубопровода утечек над скоростью стока ее через калиброванное отверстие сменной шайбы, уровень нефти в поплавковой камере повышается, поплавок перемещается вверх и магнит замыкает герконовые контакты.

Технические характеристики датчика скорости утечек ДС-СУ1 приведены в таблице 4:

Таблица 4 – Технические характеристики ДС-СУ1

Техническая характеристика	Значение
Выходной сигнал	Магнитоуправляющий замыкающий герконовый контакт с параметрами: 0,2А; 50В; 10 Вт.
Условия эксплуатации	температура от минус 40°С (специсполнение от минус 60°С) до 65°С (кратковременно при очистке до 100°С), давление – нормальное атмосферное.
Вес датчика в сборе	Не более 6 кг
Срок службы	12 лет

### 2.6.2.5 Выбор датчика для контроля вибрации и температуры

Приборы контроля вибрации «АРГУС-М» (рисунок 10) имеет модульный принцип построения и выпускается в четырех модификациях, в зависимости от количества измерительных модулей. Каждый измерительный модуль контролирует свой параметр. Такая конструкция прибора позволяет легко перестроиться под любое оборудование и параметры, без модификации системы.

Модуль температуры контролирует 8 каналов (датчиков), модуль вибрации - 6 каналов. В каждом контролируемом канале возможно задание двух контрольных уставок; при выходе параметра за пределы уставки прибор выдает звуковые и световые сигналы для оператора и сигналы блокировки в виде полной группы "сухих" контактов реле (220 В; 0,2 А). Установленные значения уставок и текущее значение контролируемого параметра выводятся на цифровой дисплей.



Рисунок 11 – АРГУС-М

Датчик для измерения вибрации «ГАНИМЕД» позволяет проводить анализ вибрационных колебаний корпуса в процессе коммутации и оценивать динамические процессы в конструкции. Виброускорение: 0,3-100 м/с<sup>2</sup>, виброскорость: 0,3-100 мм/с.

«АРГУС-М» отлично зарекомендовал себя в автоматических системах управления технологическими процессами в нефтепромышленности.

#### **2.6.2.6 Нормирование погрешности канала измерения**

Нормирование погрешности канала измерения выполняется в соответствии с РМГ 62-2003 «Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности

измерений при ограниченной исходной информации ВНИИМС Госстандарта».

В качестве канала измерения выберем канал измерения расхода. Требование к погрешности канала измерения не более 1 %. Разрядность АЦП составляет 12 разрядов.

Расчет допустимой погрешности измерения расходомера производится по формуле

$$\delta_1 \leq \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2 + \delta_6^2)},$$

где  $\delta = 1\%$  – требуемая суммарная погрешность измерения канала измерений при доверительной вероятности 0,95;

$\delta_2$  – погрешность передачи по каналу измерений;

$\delta_3$  – погрешность, вносимая АЦП;

$\delta_4, \delta_5, \delta_6$  – дополнительные погрешности, вносимые соответственно окружающей температурой, температурой измеряемой среды, электропроводностью измеряемой среды.

Погрешность, вносимая двенадцатиразрядным АЦП, рассчитывается следующим образом:

$$\delta_3 = \frac{1 \cdot 100}{2^{12}} = 0,02 \text{ \%}.$$

Погрешность передачи по каналу измерений устанавливается рекомендациями:

$$\delta_2 = \frac{1 \cdot 15}{100} = 0,15 \text{ \%}.$$

При расчете учитываются также дополнительные погрешности, вызванные влиянием:

- температуры окружающего воздуха;
- температуры измеряемой среды;
- электропроводностью измеряемой среды.

Дополнительная погрешность, вызванная температурой окружающего воздуха, устанавливается согласно рекомендации:



$$\delta_4 = \frac{1 \cdot 27}{100} = 0,27 \text{ \%}.$$

Дополнительная погрешность, вызванная температурой измеряемой среды, устанавливается согласно рекомендации [4]:

$$\delta_5 = \frac{1 \cdot 27}{100} = 0,27 \text{ \%}.$$

Дополнительная погрешность, вызванная электропроводностью измеряемой среды, устанавливается согласно рекомендации:

$$\delta_6 = \frac{1 \cdot 8}{100} = 0,08 \text{ \%}.$$

Следовательно, допускаемая основная погрешность расходомера должна не превышать

$$\delta_1 \leq \sqrt{1 - (0,0225 + 0,0004 + 0,0729 + 0,0729 + 0,0064)} = 0,9.$$

В итоге видно, что основная погрешность выбранного расходомера не превышает допустимой расчетной погрешности. Следовательно, прибор пригоден для использования.

## **2.6.3 Выбор исполнительных механизмов**

### **2.6.3.1 Выбор регулирующего клапана**

Исполнительным устройством называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа.

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

В процессе перекачки нефти необходимо регулировать давление на выходе ПНС таким образом, чтобы оно было не выше заданного исходя из условий прочности трубопровода и не ниже заданного давления на входе в МНС с учетом потери давления при прохождении через УУН исходя из

условий кавитации насоса. В качестве исполнительного механизма для регулирования давления нефти будем использовать клапан с электроприводом.

В качестве способа регулирования давления будем использовать метод дросселирования (рисунок 12). PE-PT-PC-PY – контур регулирования давления (P).

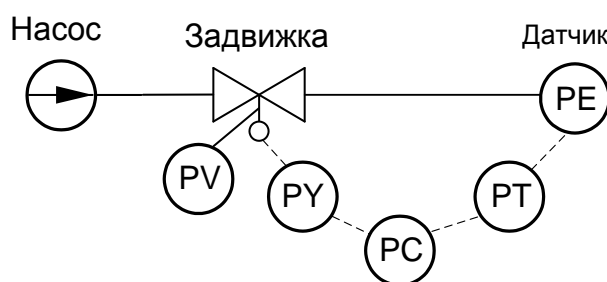


Рисунок 12 – Регулирование давления по методу дросселирования

Для быстрого и плавного изменения величины давления в настоящее время наибольшее распространение получил метод дросселирования потока. Дросселирующим устройством может служить задвижка (кран, вентиль) или специальная шайба. Применяются также дроссельные втулки.

Для дросселирования используют задвижку только на напорном трубопроводе насоса, но не на всасывающем. Дросселирование всасывающей задвижкой увеличит сопротивление линии всасывания и может вывести насос на режим кавитации.

Регулирование подачи задвижкой удобно тем, что с ее помощью можно быстро изменить режим работы насоса в зависимости от обстоятельств, т. е. если насос работает в переменном режиме. В то же время, если требуется какая-то определенная подача, то после остановки насос необходимо снова регулировать, выводя его на заданный режим работы. В этом случае следует применять дроссельную шайбу, которая обеспечит постоянный перепад давления (при постоянном расходе).

Выбран конструкционный тип клапана – клеточно-плунжерный регулирующие-отсечной типа КМР.

Пропускную способность клапана  $Kv$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ) рассчитывают по формуле:

$$Kv = Q_{\max} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}},$$

где  $\Delta p_0$  – потеря давления на клапане (ее принимают равной 1 кгс/см<sup>2</sup>);

$\Delta p$  – изменение давления в трубопроводе до и после клапана;

$\rho$  – плотность среды ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );

$\rho_0 = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$  – плотность воды (в соответствии с определением значения  $Kv$ ).

Исходными данными для расчета пропускной способности являются следующие:

$\Delta p_0$  – потеря давления на клапане принята равной 1 кгс/см<sup>2</sup>;

$\Delta p$  – изменение давления в трубопроводе 0,5 кгс/см<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность нефти 838 кг/м<sup>3</sup>;

$Q_{\max}$  – максимальное значение расхода 480 м<sup>3</sup>/ч.

Расчетная пропускная способность клапана должна быть не менее 621 м<sup>3</sup>/ч.

В соответствии с таблицей зависимости диаметра трубопровода от расхода жидкости получен присоединительный размер клапана к трубопроводу –  $D_y = 700 \text{ мм}$ .

Выбран стандарт присоединения регулятора к процессу – европейский стандарт DIN.

В соответствии с таблицей, подтверждено, что расчетная пропускная способность затвора, регулирующего соответствует условной пропускной.

Затвор регулирующей дисковый на рисунке 13.

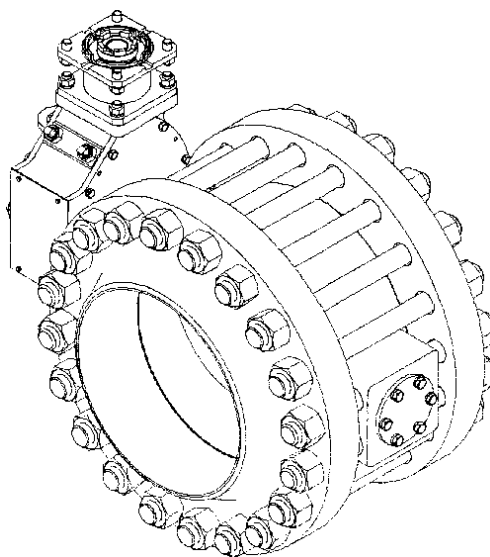


Рисунок 13 – Затвор регулирующий дисковый  
Электроприводы «МИРД-1100»



Рисунок 14 – Электропривод МИРД-1100

На рисунке 14 электропривод «МИРД-1100» для управления затвором дисковым регулирующим Ду 700 PN 8,0 МПа имеют малую массу и небольшие габариты. Главным достоинством этих электроприводов является компактный волновой редуктор с промежуточными телами качения, имеющий высокие нагрузочные характеристики, точность, плавность, надёжность и долговечность.

Функции:

- закрытие-открытие проходного сечения затвора, регулирующего и остановку диска в любом промежуточном положении по командам оператора;
- выдача дискретных команд «Открыть» и «Закрыть» с местного поста управления изделия (ПМУ);
- перемещение диска в требуемое положение с помощью привода ручного дублёра;
- указание положения диска в процессе работы на местном указателе положения;
- автоматическое отключение привода ручного дублёра или блокировка совместной работы с электродвигателем.
- 

#### **2.6.4 Разработка схемы внешних проводов**

Схема внешней проводки приведена в приложении В. Первичные и вне щитовых приборов включают в себя уровнемер Rosemount 5600, расположенный на резервуаре РВС-1/1,2, расходомер Метран-350, датчик температуры Метран-274, расположенный в резервуаре РВС-1/1,2, датчики давления Метран-75, расположенный в нагнетательных коллекторах после насосов. Уровнемер имеет встроенный преобразователь излученного и принятого сигнала. Таким образом, на выходе уровнемера имеется унифицированный токовый сигнал 4...20 мА. В расходомерах сигнал с диафрагмы преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА. На выходе датчика температуры токовый сигнал 4..20 мА. Датчик давления имеет встроенный преобразователь сигнала, таким образом, на выходе имеем токовый сигнал 4..20 мА.

Для передачи сигналов от уровнемера, датчиков давления, датчиков температуры и расходомеров на щит КИПиА используются по три провода, а для сигнализаторов – два провода. В качестве кабеля выбран КВВГ. Это – кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом и предназначен для

неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

### **2.6.5 Выбор алгоритмов управления АС НПС**

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

- алгоритмы пуска (запуска)/ останова технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA-форме),
- релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование давления, и т. п.) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) и др.

В данном курсовом проекте разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора данных измерений,
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

Для представления алгоритма пуска/останова и сбора данных будем использовать правила ГОСТ 19.002.

#### **2.6.5.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления в трубопроводе. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных.

При включении, начинается инициализация датчика. Далее идет проверка на обрыв линии, если, обрыв линии то выводится сообщение об обрыве, если обрыва нет, то идет проверка на короткое замыкание. Если кз, то выводится сообщение, если нет, то идет инициализация уставок. Далее последовательно проверяется максимально предельный, допустимый, уровни. Если после проверки какой-либо из уровней выше допустимого или предельного, то выводится сообщение об предельном и максимальном давлении. Если все в норме, то идет перевод единиц в МПа.

#### **2.6.5.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром**

В процессе перекачки нефти на НПС необходимо поддерживать давление нефти в трубопроводе на выходе, чтобы оно не превышало заданного уровня, исходя из условий прочности трубопровода, и не падало ниже заданного уровня, исходя из условий кавитации насосных агрегатов. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление нефти в трубопроводе на выходе НПС. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Структурная схема автоматического регулирования давлением приведена на рисунке 15. Данная схема состоит из следующих основных элементов: задание, настройка задания, ПИД-регулятор, ЦАП, регулирующий орган, объект управления, возмущение, АЦП.

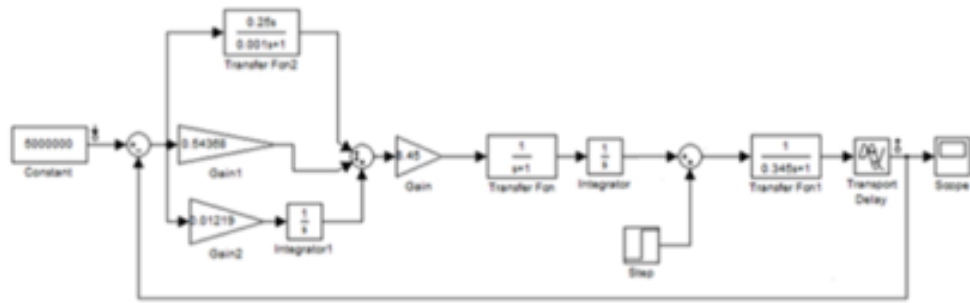


Рисунок 15 – Структурная схема автоматического регулирования давлением

Определим передаточные функции основных элементов структурной схемы регулирования [3].

Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина этого участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов и составляет 5 метров. Динамика объекта управления  $W(p)$ , выраженная как отношение «расход вещества через клапан» (объемный расход жидкости после клапана) к «расходу вещества через расходомер» (измеряемый объемный расход жидкости) приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Воспользовавшись типовой передаточной функцией трубопровода согласно [3] для схемы управления насосом дросселированием потока на линии нагнетания передаточная функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода будет:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(d)} = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p}, \quad (3)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad (4)$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad (5)$$

$$c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, \quad (6)$$

$$f = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (7)$$



где  $Q_k(p)$  – объемный расход жидкости после клапана;

$Q(p)$  – измеряемый объемный расход жидкости;

$\rho$  – плотность жидкости;

$L$  – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

$d$  – диаметр трубы;

$f$  – площадь сечения трубы;

$\Delta p$  – перепад давления на трубопроводе;

$\tau_0$  – запаздывание;

$T$  – постоянная времени.

Характеристики объекта управления приведены в таблице 5.

Таблица 5 –Характеристики объекта управления

	Наименование	Ед. изм.	Количество
1	Плотность нефти	кг/м <sup>3</sup>	838
2	Вязкость нефти при 20°С	мм <sup>2</sup> /с	5,86
3	Выход фракций, не менее, до температуры: 200 °С 300 °С 350 °С	% об.	27 47 57
4	Массовая доля парафина, не более	% масс.	6,0
5	Массовая доля воды, не более	% масс.	0,5
6	Класс опасности в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76*		3
7	Предельно допустимая концентрация аэрозоля нефти в воздухе рабочей зоны (при перекачке и отборе проб)	мг/м <sup>3</sup>	10
8	Температура самовоспламенения	°С	250
9	Рабочее давление в трубопроводе, не более	МПа	5
10	Объемный расход жидкости	м <sup>3</sup> /ч	480
11	Длина участка трубопровода	м	5
12	Диаметр трубы	мм	200
13	Перепад давления на трубопроводе	кгс/см <sup>3</sup>	0,5

Рассчитаем передаточную функцию объекта управления:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^2,$$

$$c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}} = \frac{480}{0,0314} \sqrt{\frac{838}{2 \cdot 0,098 \cdot 0,5 \cdot 10^6}} = 0,3827 \text{ с},$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 0,0314 \cdot 0,3827^2}{\frac{480}{3600}} = 0,354 \text{ с},$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{5 \cdot 0,0314}{\frac{480}{3600}} = 1,2 \text{ с},$$

$$W(p) = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p} = \frac{1}{0,354p+1} e^{-1,2p}.$$

В процессе управления объектом необходимо поддерживать давление на выходе равное 5 МПа, поэтому в качестве передаточной функции задания выступает константа равная 5000000.

Блок настройки задания представлен двумя передаточными функциями, каждая из которых имеет вид масштабирующего звена с коэффициентами масштабирования 0,1 каждый.

Передаточная функция ПИД-регулятора имеет вид:

$$W_{\text{пид}}(s) = K + 1/T_i s + T_d s,$$

где  $K=0,54368$ ,  $T_i = 1,72$  и  $T_d=0,43$  коэффициенты, которые были получены путем настройки ПИД-регулятора методом Циглера-Никольса.

Передаточная функция блока ЦАП представляется в виде коэффициента  $k_{\text{ЦАП}}$ , примерно равного 8,45.

Регулирующий орган (клапан регулирования давления) описывается с помощью двух звеньев: апериодического и интегрального, так как регулирование давление осуществляется изменением угла перемещения задвижки.

Процесс регулирования давления осуществляется следующим образом. На объект управления в процессе его функционирования оказывают воздействия различные факторы, поэтому выход объекта управления должен суммироваться с возмущающим воздействием. Итоговое давление на выходе объекта управления измеряется расходомером. Полученный сигнал поступает на АЦП и преобразуется в цифровой. Далее сигнал с АЦП сравнивается с заданием. В итоге вычисляется ошибка регулирования. Результат вычисления ошибки поступает на ПИД-регулятор, который в зависимости от значения ошибки формирует управляющее воздействие на объект управления. Управляющее воздействие регулятора подается через ЦАП на регулирующий орган, а регулирующий орган в свою очередь, в зависимости от управляющего воздействия, оказывает воздействие на объект управления с целью уменьшения ошибки.

График переходного процесса САР мы можем наблюдать на рисунке 16.

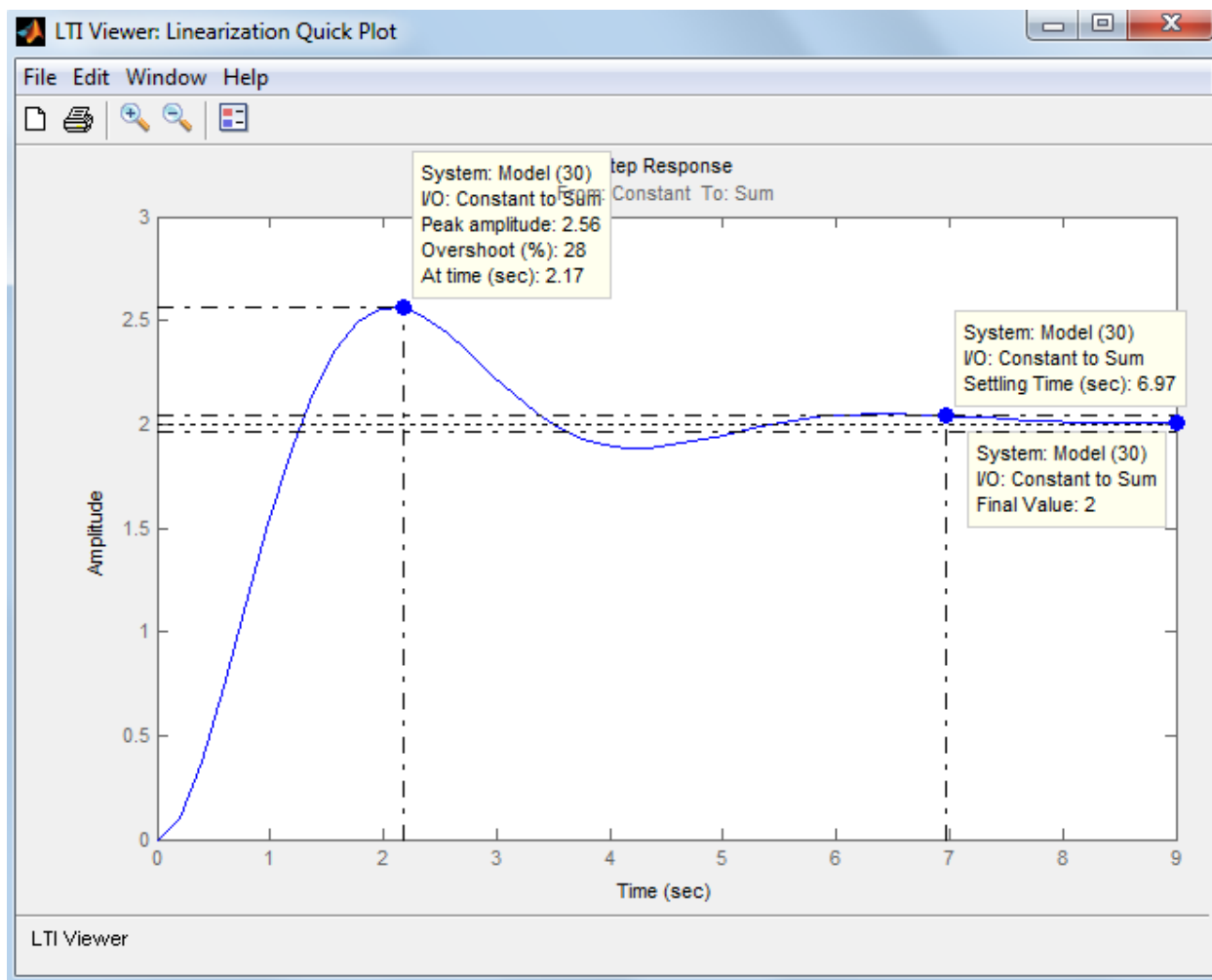


Рисунок 16 – График переходного процесса

Из рисунка 16 видно, что время переходного процесса составляет порядка 6,97с. Перерегулирование относительно небольшое, хотя скачкообразное изменение регулируемой величины будет негативно сказываться на исполнительных и регулирующих механизмах. Поэтому необходимо более внимательно следить за их износом.

### 2.6.6 Экранные формы АС НПС

Управление в АС НПС реализовано с использованием SCADA-системы Simplight SCADA компании. Ее основная задача – это отображение процессов, протекающих на станции, сигнализация об авариях и регистрация данных.

Эта SCADA-система предназначена для использования на действующих технологических установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении,

отвечающей жестким требованиям в смысле надежности, стоимости и безопасности. SCADA-система Infiniy обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Другими словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода/вывода. Это позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

Управление в АС НПС реализовано с использованием SCADA-системы Simplight Scada. Ее основная задача – это отображение процессов, протекающих на станции, сигнализация об авариях и регистрация данных.

Эта SCADA-система предназначена для использования на действующих технологических установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении, отвечающей жестким требованиям в смысле надежности, стоимости и безопасности. SCADA-система Infiniy обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Другими словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода/вывода. Это позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

#### **2.6.6.1 Разработка дерева экранных форм**

Все экраны выполнены в единообразном исполнении со стандартными органами управления. Верхняя строчка представляет собой навигационное меню, позволяющее переключаться между функциональными экранами. Вторая строка отображает текущее время и дату. Интерфейс состоит из 7 экранов.

На мониторе отображаются следующие формы:  
стартовый экран технологической схемы НПС;

экран подпорных насосных агрегатов;  
экран маслосистемы;  
экран сбора утечек;  
экран ФГУ;  
экран исторических трендов;  
журнал аварий.

Иерархия графических экранов приведена на рисунке 17:

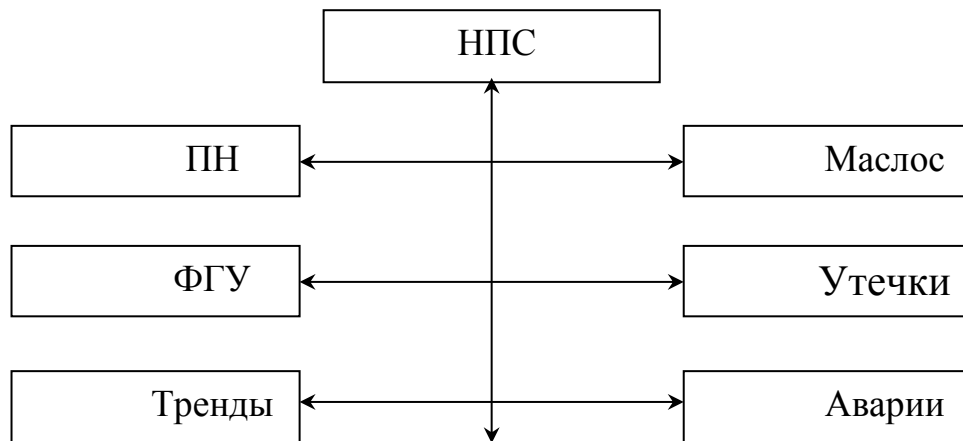


Рисунок 17 – Дерево экранных форм

Большое удобство наблюдения за технологическим процессом придает цветная индикация состояния объектов. Открытые задвижки отображаются зеленым цветом. Все неисправности отображаются красным цветом.

В каждом из экранов предусмотрена возможность выхода в начальный экран «НПС» и на любой другой экран с помощью навигационного меню.

На экране «ПН» изображена подпорная насосная станция. Значения параметров каждого из подпорных насосов выведены на экран в специальных окнах. Есть возможность управления задвижками и насосами.

На экране «Маслосистема» изображена технологическая схема маслосмазки. Также значения параметров выведены на экран. Есть возможность управления погружными насосами, один из которых должен быть основным (оранжевый), а другой оставаться в резерве (коричневый).

На экране «Утечки» изображена технологическая схема сбора утечек на НПС «Демьянское-3». Значения параметров выведены на экран. Есть возможность управления всеми тремя погружными насосами.

На экране «ФГУ» изображено три фильтра грязеуловителя. Значение перепада давления выведено на экран, чтобы отслеживать степень загрязненности фильтров. Есть возможность управления задвижками.

На экране «Тренды» отображается информация в графическом виде о важнейших параметрах работы НПС.

На экране «Аварии» ведется журнал аварий, где фиксируется вся информация о предупреждениях и случившихся авариях на подпорной насосной НПС.

### 2.6.6.2 Разработка экранных форм АС НПС

Интерфейс оператора содержит рабочее окно (рисунок 18), состоящее из следующих областей:

- главное меню;
- область видеокadra;
- окно оперативных сообщений;



Рисунок 18 – Рабочее окно

### 2.6.6.3 Главное меню

Вид главного меню представлен на рисунке 19:



Рисунок 19 – Главное меню

В главном меню расположены индикаторы и кнопки, выполняющие различные функции.

### 2.6.6.4 Область видеокadra

– Видеокadры предназначены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием. В состав видеокadров входят:

- мнемосхемы, отображающие основную технологическую информацию (приложение Г);
- всплывающие окна управления и установки режимов объектов и параметров;
- табличные формы, предназначенные для отображения различной технологической информации, не входящей в состав мнемосхем, а также для реализации карт ручного ввода информации (уставок и др.).

В области видеокadра АРМ оператора доступны следующие мнемосхемы:

- НПС;
- ПНА;
- МНА;
- маслосистема;
- сбор утечек;
- фильтры грязеуловители



### 2.6.6.5 Мнемознаки

На рисунке 20 представлен мнемознак аналогового параметра:

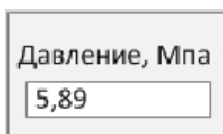


Рисунок 20 – Мнемознак аналогового параметра

В нижней части отображается значение аналогового параметра.

Приняты следующие цвета основной для отображения аналогового параметра:

- серый цвет – параметр достоверен и в норме;
- желтый цвет – параметр достоверен и достиг допустимого (максимального или минимального) значения;
- красный цвет – параметр достоверен и достиг предельного (максимального или минимального) значения;
- темно-серый цвет – параметр недостоверен;
- коричневый цвет – параметр маскирован.

Красный цвет основной части сопровождается миганием до тех пор, пока оператор не выполнит операцию квитирования, т.е. не подтвердит факт установки аварийного состояния аналогового параметра.

В части верхней отображается единица измерения аналогового параметра.

Мнемознак задвижка имеет следующие цветовые обозначения:

- зеленый цвет – задвижка открыта;
- желтый цвет – задвижка закрыта;
- периодическая смена зеленого и желтого цветов – задвижка открывается/закрывается;
- серый цвет – неопределенное состояние.

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

### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия, имеющие НПС, предназначенный для приема нефти с установок по ее подготовке или нефтепродуктов с нефтеперерабатывающих заводов

В таблице 6 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: срок эксплуатации выше, цена разработки ниже, повышение производительности и

#### 3.1.3 Технология QuaD

Процедуру проведения QuaD проведем в табличной форме (таблица 8).

Средневзвешенное значение получилось равным 68,35, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

#### 3.1.4 SWOT – анализ

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

(сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 9.

Таблица 9 – SWOT-анализ.

### 3.2 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При организации работ в рамках научно-исследовательской работы необходимо чётко распланировать занятость каждого из участников проекта в работе. На данном этапе определяется полный перечень работ, распределение времени работ между всеми участниками.

В разработке проекта задействованы следующие исполнители: инженер, руководитель проекта. В качестве структуры, показывающей необходимые данные, используется линейный график работ, представленный в таблице 5.

#### 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

#### 3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также

выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного

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

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

### 3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование, оплата

#### Социальная ответственность

#### Введение

В ВКР рассматривается модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом магистрального насосного агрегата, расположенного на территории центрального пункта сбора нефти, использующего в работе ЭВМ. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматриваются вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, разработки мер защиты от них для рабочего места

Объектом исследования будет выступать рабочее место сотрудника отдела автоматизации технологических процессов.

#### 4.1 Профессиональная социальная безопасность

##### 4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов

Работа на персональных электронно-вычислительных машинах относится к категории работ, связанных с опасными и вредными условиями труда. По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические [1]. В связи с тем, что на состояние здоровья работника химические и биологические факторы существенного влияния не оказывают, то рассматриваются лишь

Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров магистрального насосного агрегата МНА. Здание, в котором находится диспетчерская, расположено на территории центрального пункта сбора нефти ЦПС.

##### 4.1.2 Анализ вредных факторов

Отклонения показателей микроклимата

Состояние здоровья человека, его работоспособность в значительной степени зависят от микроклимата на рабочем месте. Не имея возможности эффективно влиять на протекающие в атмосфере климатообразующие процессы, люди располагают качественными системами управления факторами воздушной среды

Микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей. Постоянным считают рабочее место, на котором человек находится более 50 % рабочего времени (или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным

При длительном и систематическом пребывании человека в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функциональное и тепловое состояние организма без напряжения механизмов терморегуляции. При этом ощущается тепловой комфорт (состояние удовлетворения внешней средой), обеспечивается высокий уровень работоспособности. Такие

Допустимые микроклиматические условия при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжение механизмов терморегуляции, не выходящие за пределы

физиологических приспособительных возможностей. При этом не нарушается состояние здоровья, но возможны дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и снижение

Работа оператора АСУ относится к категории работ Ia,, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные параметры микроклимата

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: в теплое время года для удаления избыточного тепла и влаги используется кондиционер, в

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Посредством зрения люди воспринимают до 90 % необходимой для работы информации. Свет необходим для нормальной жизнедеятельности человека, сохранения его здоровья и поддержания высокой работоспособности. Рациональное

Состояние функции зрения определяется следующими свойствами глаза: остротой зрения — способностью глаза различать мелкие предметы; скоростью зрительного восприятия — временем, в течение которого глаз успевает рассмотреть предметы; временем ясного устойчивого видения, характеризующимся периодом, за который рассматриваемый предмет не утрачивает четкости контуров; контрастной чувствительностью — способностью глаза различать яркости различной интенсивности; зрительной адаптацией — приспособлением глаза к изменяющимся

условиям освещенности; аккомодацией — способностью глаза

Рациональное освещение рабочего места позволяет предупредить травматизм и многие профессиональные заболевания. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность, действует на человека тонизирующие, создаёт хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности и увеличивает производительность труда. Из-за постоянной занятостью перед монитором возникает перенапряжение зрительное.

Рабочая зона или рабочее место оператора АСУ освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

По нормам освещенности [3] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещённости для работы за ПК

#### Повышенный уровень шума

Одним из факторов, негативно влияющих на здоровье человека, является производственный шум. В следствие долгого воздействия шума ухудшается слух, снижается трудоспособность, а также ухудшается внимание и координация работников. В результате, все эти факторы могут привести к несчастному случаю или аварийной ситуации на предприятии.



На рабочем месте оператора АСУ основными источниками шума являются оборудование: персональный компьютер, различная периферия и др. Также источником шума является система вентиляции или шумы поступающий извне помещения.

По нормам [4] (таблица 6) при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА.

Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и

Допустимый уровень звукового давления колеблется от 38 дБ до 86 дБ при частоте от 8000 Гц до 31,5 Гц соответственно.

Для уменьшения воздействий шума можно использовать следующие методы:

- применение звукоизоляции;
- экранирование рабочих мест, то есть установка перегородок между рабочими местами;
- установка оборудования, производящего минимальный шум.

Наиболее действенным способом облегчения работ, является кратковременные отдыхи в течение рабочего дня при выключенных

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Основным источником неблагоприятного воздействия компьютера на здоровье пользователя являются мониторы на основе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Однако не стоит недооценивать и излучения, связанные с работой системного блока (в первую очередь - процессора), источников бесперебойного питания и прочих устройств. Все эти элементы формируют сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте

На биологическую реакцию человека влияют такие параметры электромагнитных полей ЭВМ, как интенсивность и частота излучения, продолжительность облучения и модуляция сигнала, частотный спектр и периодичность действия. Сочетание вышеперечисленных параметров может давать различные последствия для реакции облучаемого биологического объекта. Кроме того, следует отметить и такие дополнительные факторы, характерные для пользователей ЭВМ, как изменение состава воздуха, увеличение нагрузки на зрение, синдром длительной

В настоящее время существует достаточно данных, указывающих на отрицательное влияние работы с компьютером на все жизненно важные системы человека. Кроме того, биологический эффект электромагнитных полей в условиях длительного воздействия может, накапливаясь, стать причиной тяжелых заболеваний. При работе с ЭВМ возможны различные заболевания кожи лица, а также заболевания зрительных органов –

Не случайно во всем мире предъявляются жесткие требования к характеристикам ЭВМ по параметрам, способным оказывать влияние на здоровье пользователя.

Во всех случаях для защиты от излучений глаза должны располагаться на расстоянии вытянутой руки до монитора (не ближе 70 см).

Мониторы, используемые при работе оператора АСУ с маркировкой Low Radiation, практически удовлетворяют требованиям стандартов. Компьютеры с жидкокристаллическим экраном не наводят статического электричества и не имеют источников относительно мощного электромагнитного излучения.

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ [5] по электрической составляющей

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час

дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и

производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и

#### 4.1.3 Анализ опасных факторов

##### Электробезопасность

Труд оператора АСУ связан с постоянным взаимодействием с ПК. Таким образом, существует опасность поражения работника

Рассматриваемое помещение было определено как помещение без повышенной опасности поражение электрическим током. Так как приборы, работающие в помещении, питаются от сети с напряжением 220 В и частотой 50Гц, необходимо предусмотреть случаи случайного прикосновения к токоведущим частям и способы защиты от последствий таких действий [6]:

наличие защитных ограждений или оболочек;

безопасное расположение токоведущих частей и их изоляция;

изоляция рабочего места;

защитное отключение;

предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности;

заземление корпусов устройств.

Перед началом работы необходимо убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей. Перед приемом на работу очередного сотрудника необходимо проводить инструктаж по электробезопасности. Также стоит предусмотреть проведение инструктажа при смене условий работы, при обновлении техники и

## 4.2 Экологическая безопасность

При разработке любых автоматизированных систем возникает необходимость утилизировать производственные отходы [7], в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров. Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант является более предпочтительным, так как переработка отходов является перспективным направлением развития технологии и позволяет сберегать природные ресурсы, а также

Также в ходе производства возникает необходимость отводить сточные воды. Они должны передаваться организации, занимающейся очисткой сточных вод, по специальному изолированному трубопроводу. Если сточные воды не соответствуют требованиям принимающей организации, то необходимо организовать их очистку в пределах предприятия с помощью специальных очистных сооружений. В данном случае специальная очистка не требуется, и сточные воды подаются

В процессе эксплуатации ЦПС, а именно хранения осушки, очистки, хранения нефти и газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются по методике по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу. Испарение нефти и нефтепродуктов с поверхностей происходит достаточно легко при любой температуре. При этом выделяются низкомолекулярные углеводороды с примесями, например, алканы и циклоалканы. Алканы сравнительно малоядовиты и поддаются биологическому разложению, в отличие от циклоалканов, которые плохо поддаются биологическому

По охране окружающей среды проведены мероприятия:

Максимальная герметизация производственного процесса;

Сокращено прямоточное водоснабжение за счет использования аппаратов воздушного охлаждения для продуктов стабилизации нефти;

Направление не сконденсировавшихся газов стабилизации в систему газосбора или в дренажные емкости;

Осадки, после зачистки резервуаров и грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной

Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором.

#### 4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

##### 4.3.1 Пожарная безопасность

По взрыво- и пожароопасности все помещения, согласно техническому регламенту НПБ 105-95, делятся на 5 категорий, в зависимости от применяемых на производстве веществ и их количества. Помещение и здание операторной относится к категории «В» по степени пожарной опасности.[8] Стены здания и перекрытия выполнены из трудно сгораемых и несгораемых

Основным источником пожара может стать короткое замыкание в проводке вследствие нарушения изоляции или неисправности самой проводки, что может стать причиной возгорания устройств ЭВМ. Также несоблюдение правил использования технического оборудования может привести к пожару.

Для предотвращения возникновения пожароопасных ситуаций необходимо для работников проводить следующие мероприятия:

- проведение противопожарных инструктажей для работников предприятия;

- определение действий работников предприятия в случае возникновения пожара;

разработка плана эвакуации работников предприятия;  
размещение планов эвакуации, плакатов с инструкциями на каждом этаже;  
проведение инструктажей по работе за оборудованием;  
плановый осмотр и своевременный ремонт оборудования;  
проверка средств пожаротушения и средств оказания первой помощи пострадавшим.

Помещение и здание операторной оснащены ручными углекислотными огнетушителями ОУ-2, а также аптечками первой

К основным причинам пожаров на нефтебазах можно отнести следующие:

переполнение при наливке резервуара, что приводит к предельной концентрации взрывоопасной смеси под верхней крышей резервуара;

короткие замыкания в цепях систем автоматики;

нагрев резервуаров в летний период, особенно в районах с жарким климатом;

несоблюдение правил пожарной безопасности на территории нефтебаз (курение и т. п.).

Пожарная безопасность установки комплексной подготовки нефти (УКПН) в соответствии с требованиями [9] должна

предотвращения разлива и растекания нефти;

предотвращения образования на территории УКПН горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей



противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефти из резервуаров, оборудования, трубопроводов;

организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего УКПН, к предупреждению, локализации и

#### 4.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Эргономическая безопасность персонального компьютера [10] может быть охарактеризована следующими требованиями:

к визуальным параметрам средств отображения информации индивидуального пользования (мониторы);

к эмиссионным параметрам ПК – параметрам излучений дисплеев, системных блоков, источников питания и др.

Кроме того, важнейшим условием эргономической безопасности человека при работе перед экраном монитора является [12] правильный выбор визуальных параметров самого монитора и светотехнических условий рабочего места.

Работа с дисплеем при неправильном выборе яркости и освещенности экрана, контрастности знаков, цветов знака и фона, при наличии бликов на экране, дрожании и мелькании изображения приводит к зрительному утомлению, головным болям, к значительной физиологической и психической нагрузке, к ухудшению зрения и т.п.

Человек должен так организовать свое рабочее место, чтобы условия труда были комфортными и соответствовали следующим

удобство рабочего места (ноги должны твердо опираться на пол; голова должна быть наклонена немного вниз; должна быть специальная подставка для ног);

достаточное пространство для выполнения необходимых движений и перемещений;

необходимый обзор (центр экрана монитора должен быть расположен чуть ниже уровня глаз; монитор должен отстоять от глаз человека на расстоянии 45-60 сантиметров; должна регулироваться яркость и контрастность изображения);

достаточное освещение (внешнее освещение должно быть достаточным и равномерным; должна быть настольная лампа с регулируемым плафоном для дополнительного подсвета рабочей документации);

#### 4.4.1 Особенности законодательного регулирования проектных решений

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с

Согласно [11] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти- или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами

постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежедневно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [11] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор,
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением

Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым,

## Заключение

В результате выполненной работы была разработана система автоматизированного управления нефтеперекачивающей станцией. В ходе выпускной квалификационной работы был изучен технологический процесс перекачки нефти на НПС. Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации НПС, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Системы автоматизации НПС, диспетчерского контроля и управления были спроектированы на базе полевых устройств фирмы Rosemount, промышленных контроллеров Allen-Bradley SLK-500 и программного SCADA-пакета Simp Light. В данной работе была разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы пуска/останова технологического оборудования и управления сбором данных. Для поддержания давления нефти в трубопроводе на выходе подпорной насосной станции был выбран способ регулирования давления (дресселирование) и разработан алгоритм автоматического регулирования давления (разработан ПИД-регулятор). В заключительной части курсового проекта были разработаны дерево экранных форм, мнемосхемы НПС и объектов НПС.

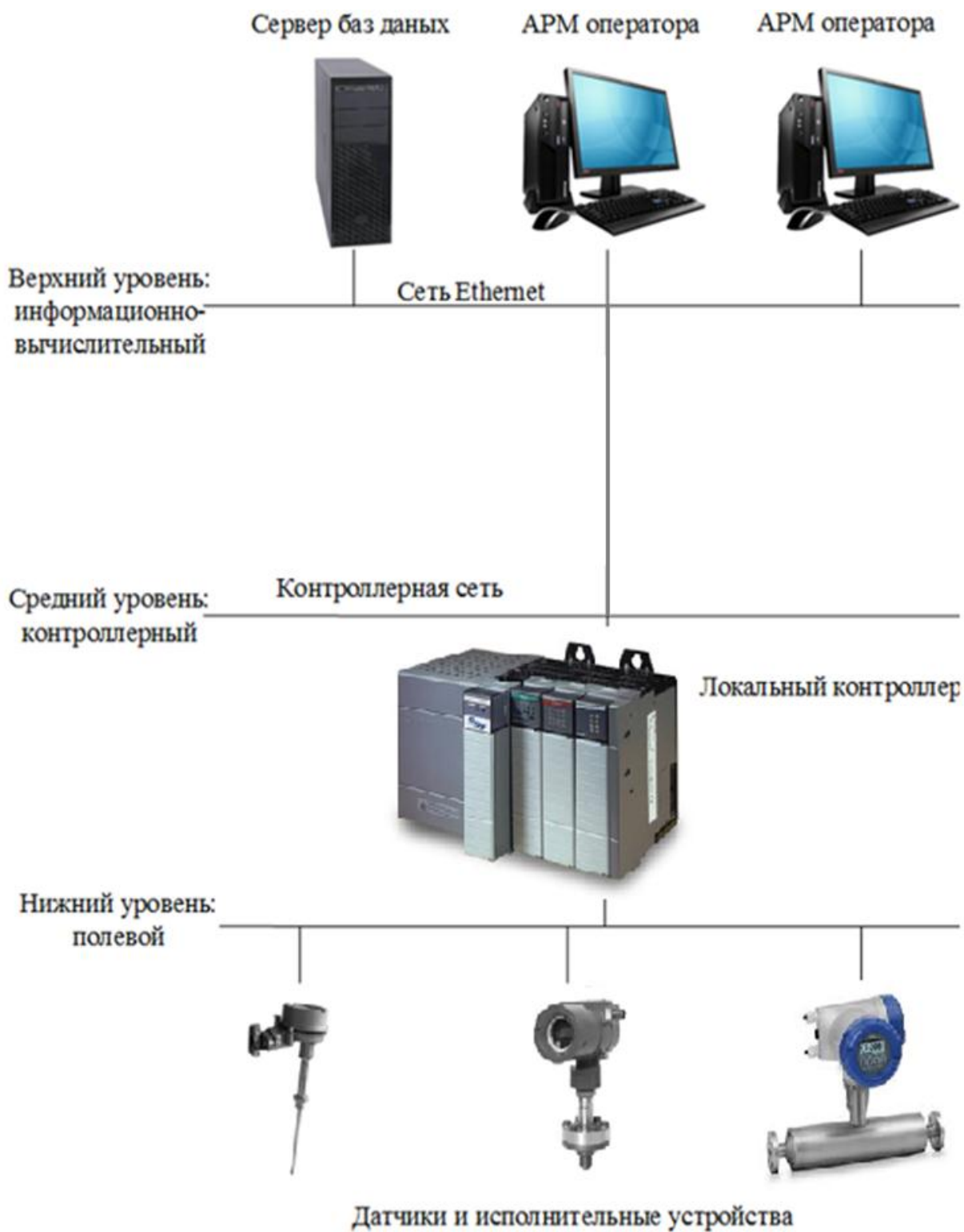
Таким образом, спроектированная САУ НПС не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями. Кроме того, SCADA-пакет, который используется на всех уровнях автоматизации НПС, позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем.

## Список используемых источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. 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.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы»;
9. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
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 жилой застройки»;

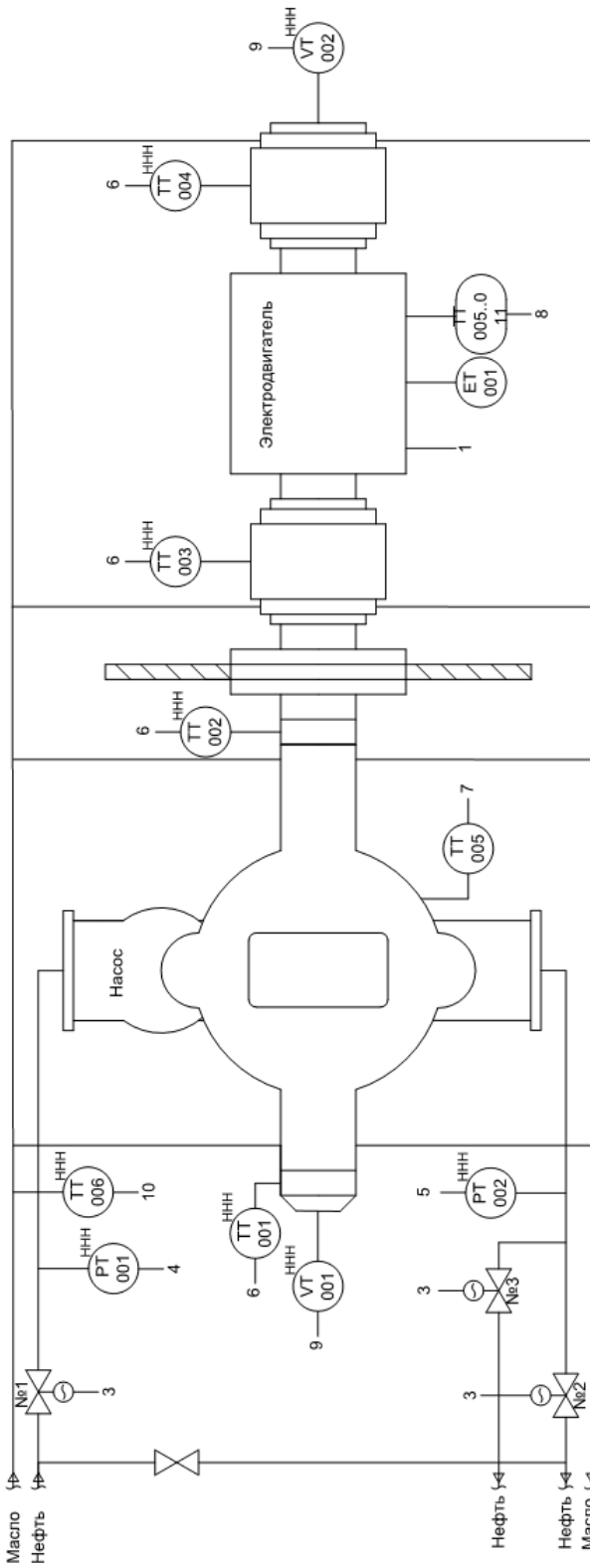
12. САНПИН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы"
13. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
14. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 28.07.2012) "Об отходах производства и потребления";
15. НПБ от 18.06.2003 г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
16. ГОСТ 12.1.004-76 и ГОСТ 12.1.010-76 «Основы противопожарной защиты предприятий»;
17. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
19. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»;

## Приложение А Трехуровневая система АС





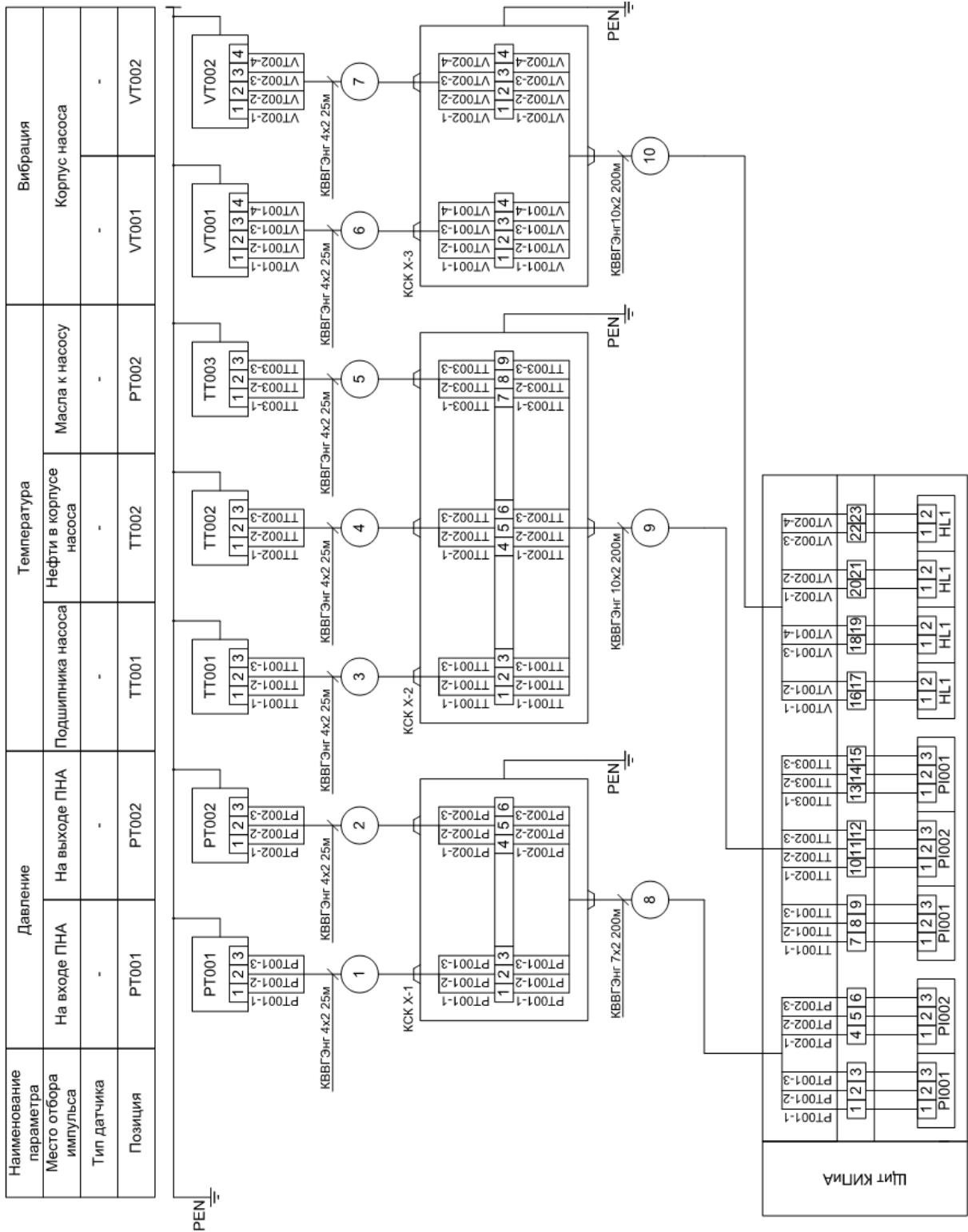
## Приложение Б Структурная схема автоматизации



ET001 - преобразователь, расчет тока и мощности Омь-4.04  
 VT001 - датчик вибрации Аргус-М  
 PT и TT давления и температуры

SCADA	Управление	Измерение	Сигнализация
Приборы по месту	NSA 001	EY 001	
Щкаф оператора	EY 001	EY 002	
	NSA 002	PI 001	PI 002
1	Состояние электродвигателя	Сила тока и активная мощность	
2	3шт.		
3	Состояние электродвигателя		
4	Давление во входном трубопроводе		
5	Давление в выходном трубопроводе		
6	Температура подшипников насоса и ЭД		
7	Температура нефти в корпусе насоса		
8	Температура обмоток и сердечника статора		
9	2шт.	HL001.002; HL003.004	
10	Температура масла к насосу		

## Приложение В Схема внешних проводов



# Приложение Г Мнемосхема АС

