

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»

Политехнический институт
Факультет механико-технологический
Кафедра «Технологические процессы и автоматизация машиностроительного
производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ С.В. Сергеев
_____ 2017 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОПРЕССОВЫМ
КОМПЛЕКСОМ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 15.03.04.2017.000.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты
Безопасность жизнедеятельности,
зав. кафедрой МАЭ
_____ В.Г. Некрутов
_____ 2017 г.

Руководитель проекта,
доцент
_____ Е.Н. Гордеев
_____ 2017 г.

Автор проекта
студент группы ДО-550
_____ А.Г. Решетников
_____ 2017 г.

Нормоконтролер,
доцент
_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2017 г.

Челябинск 2017 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ.....	7
1.1 Назначение горизонтального профильного пресса.....	7
1.2 Проблемы, возникающие при эксплуатации пресса.....	9
1.3 Цели модернизации.....	10
1.4 Требования к модернизированной системе	10
1.5 Существующие варианты реализации подобных систем.....	12
2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	13
2.1 Емкость рынка контроллерных средств.....	13
3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ.....	15
3.1 Описание системы управления.....	15
3.1.1 Функциональная гидравлическая схема управления траверсой.....	15
3.1.2 Функциональная схема управления.....	17
3.1.3 Обоснование элементной базы системы управления.....	21
3.2 Описание среды разработки управляющей программы контроллера.....	26
3.3 Выбор языка программирования контроллера.....	28
3.4 Структура проекта Step 7.....	32
3.5 Описание режимов работы пресса.....	33
3.6 Вычисление сигналов управления системы.....	37
3.7 Разработка алгоритма функционирования.....	40
3.8 Разработка программного обеспечения.....	41
3.9 Разработка концепции графического интерфейса операторской станции... ..	54
3.10 Эргономика рабочего места оператора пульта управления.....	62
3.11 Анализ достоинств интерфейса пользователя.....	65
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	68
4.1 Анализ потенциально опасных и вредных факторов.....	68
4.2 Расчет местного освещения на рабочем месте.....	69
4.3 Мероприятия по защите при авариях с выбросом биологически опасных веществ	70
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	74
.....	74
5.1 Расчет себестоимости.....	83
.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	88

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов играет важную роль в развитии любой отрасли современной промышленности, в том числе металлургии, где очень важно получить высококачественную продукцию. Так, например, применение стальных сплавов очень обширно: металлоконструкции, различная строительная арматура, автоматизированные системы, промышленные машины и механизмы, космические корабли и реактивные самолеты.

Повысить качество профильных сплавов можно, используя гидропрессовый комплекс, под воздействием которого изменяется плотность профильных заготовок и повышается их качество.

Такой комплекс находится в кузнечнопрессовом цехе. Система управления гидропрессовым комплексом потеряла свою актуальность. Многие компоненты системы управления уже не выпускаются промышленностью, и поломка одного из них может привести к длительному простоя оборудования и, как результат, невыполнению планов производства, снижению прибыли предприятия. Поэтому было решено модернизировать систему.

Целью данной работы является модернизация автоматизированной системы управления подвижной траверсой гидравлического пресса усилием 6300 тс.

Основными задачами, которые решаются в выпускной квалификационной работе являются написание управляющей программы для промышленного контроллера и разработка концепции интерфейса панели оператора. Они решаются в рамках модернизации системы управления подвижной траверсой гидропрессового комплекса с использованием современного оборудования такого, как: промышленные контроллеры, аппаратный ПИД регулятор и интерфейсные модули.

					15.03.04.2017.100.00.00ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

1.1 Назначение гидропрессового комплекса

Гидропрессовый комплекс усилием 6300 тс модели K25018 установлен в кузнечнопрессовом цехе и используется для получения профильных заготовок из исходных цилиндрических заготовок при диаметре контейнера от 150 до 380 мм.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика пресса

Наименование параметра	Размерность	Величина
Номинальное усилие главного цилиндра при $P=320$ кгс/см ²	тс	6300
Привод главного цилиндра от насосно-аккумуляторной станции с давлением	кгс/см ²	90...320
Скорость прессования	мм/с	10...300
Диаметр контейнеров	мм	150,170,195,240,380
Температура нагрева контейнеров	С	До 450
Длина изделия	мм	1700...15000
Диаметр изделия	мм	40...180

Основанием пресса служит литая станина, жестко закрепленная на фундаменте.

На станине установлена задняя траверса с главным цилиндром, прессующая траверса, контейнеродержатель и передняя траверса.

Задняя траверса закреплена на станине специальными тягами, способными принять на себя возникающие при работе пресса динамические нагрузки.

Передняя траверса установлена на станине свободно.

Контейнер пресса устанавливается в контейнеродержатель и удерживается в нем затворами.

Стол изделий выполнен в виде литого желоба с приводом рольгангом. На столе изделий установлена тянущая тележка, которая предназначена для вывода изделий из проводки на рольганг стола.

На прессе предусмотрена возможность работы по трем технологическим схемам, которые различаются способом отделения прессостатка от изделия.

Основной технологической схемой является прессование с чугунной шайбой.

По этой схеме работы пресса перед началом очередного цикла прессования дозатором прессшайб на подъемник выдается прессшайба. Сюда же из печи выдается нагретая до необходимой температуры чугунная шайба. Обе шайбы поднимаются и скатываются с призмы подъемника на призму податчика заготовок. Одновременно с этим на стол податчика заготовок подаются нагретая до температуры прессования заготовка.

Податчик заготовок транспортирует заготовку, чугунную шайбу и прессшайбу в пресс.

Во время движения податчика заготовок в пресс заготовка катится по столу и скатывается на призму. Далее призма податчика заготовок поднимается и весь комплект, установленный на ось пресса, прессштемпелем заталкивается в контейнер. Податчик заготовок выводится из пресса, ограничитель прессующей траверсы опускается на ось пресса, заготовка подпрессовывается и выпрессовывается через очко матрицы прессштемпелем прессующей траверсы.

После окончания прессования контейнер отводится от матрицы на величину необходимую для поворота инструментальной головки, при этом изделие отрывается от чугунного прессостатка и выводится из передней траверсы на стол изделий. Одновременно с этим отводится прессующая траверса.

Инструментальная головка поворачивается и на ось пресса устанавливается карман для выпрессовывания прессостатка. Контейнер прижимается, и чугунный прессостаток с прессшайбой выталкивается прессштемпелем в карман.

Далее прессующая траверса отводится в исходное положение, а контейнер на величину, необходимую для поворота инструментальной головки, головка поворачивается и контейнер прижимается к матрице.

На этом цикл прессования заканчивается и пресс готов к следующему прессованию. Кроме прессования с чугунной шайбой на прессе можно работать с отделением прессостатка от изделия пилой горячей резки или просечкой.

Питание электрооборудования пресса осуществляется от сети 380 В, 50 Гц.

Аппаратура управления электродвигателями и электромагниты гидрозолотников питаются напряжением 127В, от понижающего трансформатора.

Цепи управления и автоматики постоянного тока питаются напряжением 110В от кремниевых выпрямителей. Сигнальные лампы включены в цепь с напряжением 24В от понижающего трансформатора.

Управление прессом осуществляется дистанционно с центрального пульта управления, вспомогательного пульта управления и пультов управления №3 и №4.

Электроприводы стола изделий пресса питаются от сети трехфазного переменного тока частотой 12,5 Гц.

Кроме того, в принципиальных электрических схемах пресса заложена возможность полуавтоматической работы с автоматизацией отдельных групп технологических переходов по трем циклам:

- 1) прессование с чугунной шайбой;
- 2) прессование с отделением прессостатка пилой за матрицей;

3) прессование с отделением прессостатка перед матрицей.

1.2 Проблемы, возникающие при эксплуатации пресса

Определяющим с точки зрения производительности пресса усилием 6300 тс модели К25-018, а также качества выпускаемой на нем продукции является гидропривод подвижной траверсы пресса, в состав которого входят рабочий и возвратные гидроцилиндры, клапанные гидрораспределители управления рабочим и возвратными гидроцилиндрами и комплекс устройств для управления запорно-регулирующими элементами (ЗРК) указанных гидрораспределителей.

Посредством гидропривода подвижной траверсы пресса должна обеспечиваться заданная скорость перемещения подвижной траверсы пресса с закрепленным на ней прессштемпелем во время рабочего хода, то есть заданная скорость прессования. От точности поддержания скорости прессования зависит качество готовой продукции (в связи с чем, необходимо сохранение информации о фактическом характере изменения этой скорости в процессе прессования). Кроме того, рассматриваемый привод должен обеспечивать перемещение подвижной траверсы с регулируемой скоростью при выполнении хода приближения, при выпрессовке и во время обратного хода. При использовании ручного управления не представляется возможным регулирование скорости перемещения подвижной траверсы пресса с высокой точностью.

В настоящее время на пульте оператора пресса нет отображения действительной скорости перемещения траверсы. В силу длительной эксплуатации гидрооборудования, его износ может быть существенным, а это может повлечь за собой нарушения технологического процесса и как следствие низкое качество выпускаемой продукции. Также это снижает КПД работы гидропривода и ухудшающий температурный режим его работы.

Имеющийся на данный момент технологический процесс предусматривает целый ряд операций, выполняемых вручную, либо требующий непосредственного участия человека. В частности, в ряде случаев заготовка может не уложиться на призму податчика, и технологическому персоналу пресса приходится подправлять ее с помощью лома. В связи с этим нуждается в уточнении содержание полуавтоматического режима работы подвижной траверсой пресса.

Многие компоненты системы управления уже не выпускаются промышленностью, и поломка одного из них может привести к длительному простоя оборудования и, как результат, невыполнению планов производства, снижению прибыли предприятия. Основная часть системы управления состоит из устаревшей релейно-контактной аппаратуры. Такая система управления не отличается повышенной надежностью, возможны самопроизвольные замыкания, залипание контактов, либо, наоборот, их загрязнение, образование нагара и как результат отсутствие контакта. Обнаружения и устранение подобных неисправностей может занимать большое количество времени.

Отсутствие визуализации технологического процесса, температуры и уровня рабочих жидкостей, положения исполнительных механизмов системы не

позволяет в полной мере следить за циклом выполнения всех технологических операций, и в случае нештатных ситуаций вовремя их останавливать.

1.3 Цели модернизации

Целью модернизации гидросистемы и системы управления пресса модели К25-018 являются:

- повышение их надежности и долговечности;
- расширение возможностей управления прессом за счет его модернизации;
- организация ведения протокола работы пресса с помощью компьютера;
- улучшение условий труда оператора пресса и обслуживающего персонала, что в конечном итоге должно способствовать повышению производительности пресса, качества продукции, производимой на прессе, и сокращению простоев пресса, связанных с ремонтами.

Электрогидравлическая система управления пресса в комплексе предназначена для управления оборудованием пресса, проведения наладочных работ, обеспечения оператора информацией о текущем состоянии основных устройств гидросистемы пресса и отдельных нарушениях в ее работе, ведения архива информационных, предупредительных и аварийных сообщений.

Посредством модернизированной электрогидравлической системы управления должны выполняются следующие основные операции:

- свободный ход вперед (ход приближения, или холостой ход) 250 мм/сек;
- рабочий ход 20...100 мм/сек;
- перемещение назад подвижной траверсы с регулируемыми скоростями;
- остановка траверсы в заданном положении или по достижении заданного усилия деформации.

Кроме того, посредством гидроприводов должны производиться перемещения контейнера, выталкивателя, ножниц, инструментальной головки, подъемника призмы податчика, пилы горячей резки, а также поворот инструментальной головки.

В данной выпускной квалификационной работе будет рассмотрена модернизация одного узла всей системы, а именно модернизация системы управления гидропривода траверсы, в состав которого входят рабочий и возвратные гидроцилиндры, клапанные гидрораспределители управления рабочим и возвратными гидроцилиндрами и комплекс устройств для управления запорно-регулирующими элементами (ЗРК) указанных гидрораспределителей.

1.4 Требования к модернизированной системе

Определим основные требования к модернизированной системе:

- 1) осуществление контроля за положением запорно-регулирующих элементов напорных и сливных клапанов клапанного гидрораспределителя рабочего и возвратных гидроцилиндров гидропривода подвижной траверсы пресса посредством датчиков перемещения;

2) осуществление контроля за достижением крайних положений запорным элементом клапанов наполнения рабочего гидроцилиндра гидропривода подвижной траверсы пресса посредством контроля индуктивными датчиками;

3) осуществление контроля за перемещением подвижной траверсы пресса с помощью двух диаметрально расположенных датчиков перемещения;

4) осуществление контроля за достижением подвижной траверсой пресса крайних положений посредством контроля индуктивными датчиками;

5) оснащение пресса главным пультом управления с соответствующими кнопками управления, переключателями, джойстиками, сигнальными лампочками и компьютером верхнего уровня (укомплектованным необходимыми периферийными устройствами);

6) обработка с помощью контроллера сигналов с датчиков перемещения, давления, уровня и температуры рабочей жидкости, концевых выключателей, сигнализаторов уровня рабочей жидкости и загрязненности фильтроэлементов, кнопок управления и переключателей, расположенных на пульте управления пресса и выносном (местном) пульте управления насосной установки;

7) осуществление управления пропорциональным гидрораспределителем и организации местной обратной связи по положению запорно-регулирующего элемента каждого из напорных и сливных клапанов клапанного гидрораспределителя рабочего и возвратных гидроцилиндров гидропривода подвижной траверсы;

8) предоставление оператору пресса возможности задавать с помощью клавиатуры компьютера необходимые значения координат крайних положений траверсы в процессе прессования, предельного значения усилия прессования и потребных скоростей движения подвижной траверсы при осуществлении холостого хода (хода приближения), при выпрессовке, во время рабочего и обратного ходов;

9) обеспечение в режиме аналогового управления регулируемых скоростей перемещения подвижной траверсы пресса в процессе ее холостого хода (хода приближения), при выпрессовке, во время рабочего и обратного ходов;

10) обеспечение возможности работы пресса в наладочном, ручном, и полуавтоматическом режимах;

11) блокирование выполнения операций, начало или продолжение проведения которых в текущих условиях работы пресса сопряжено с созданием аварийных ситуаций;

12) вывод на экран дисплея информационных, предупредительных и аварийных сообщений. Индикация с помощью сигнальных светодиодов об отдельных тревожных и аварийных состояниях гидросистемы и системы управления пресса [8].

1.5 Существующие варианты реализации подобных систем

Горизонтальный гидравлический профильный пресс усилием 6300 тс модели K25-018 был произведен и поставлен в кузнечно-прессовом цехе в 1975 году. В 1981 был проведен капитальный ремонт пресса в части электрооборудования, были внесены изменения в принципиальные электрические схемы. Исходя из вышесказанного, получаем, что принципиальная схема пресса уникальна.

Чтобы удовлетворить всем необходимым требованиям к системе, нужно полностью изменить электрическую принципиальную схему, алгоритмы системы управления, модернизировать гидравлическую схему с обновлением части оборудования.

Стоимость нового оборудования с необходимыми характеристиками будут включать в себя затраты на демонтаж старого оборудования, монтаж нового, что будет гораздо дороже, чем модернизация имеющегося оборудования с приобретением и установкой современных комплектующих.

Обзор литературы показал, что разработка уникальна и принадлежит ОАО «Уральский инжиниринговый центр».

Выводы по разделу один:

После приведенного выше анализа исследуемого объекта и рассмотрения таких вопросов как назначение горизонтального профильного пресса, обозначения целей модернизации и проблемы связанные с эксплуатацией пресса был сформирован перечень требований к модернизированной системе.

После рассмотрения всех изложенных выше вопросов было принято решение о разработке модернизированной системы управления.

2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

В настоящее время автоматизация любых производственных процессов выполняется на базе универсальных микропроцессорных контроллерных средств, которые в России получили название программно-технических комплексов (ПТК). На вход ПТК от датчиков поступают измеренные значения величин, характеризующих производственный процесс. Комплексы реализуют заданные функции контроля, учета, регулирования, последовательного логического управления и выдают результаты на экран дисплея рабочей станции оператора и управляющие воздействия на исполнительные механизмы объекта автоматизации. Все ПТК можно разбить на классы, каждый из которых рассчитан на определенный набор выполняемых функций и соответствующий объем получаемой и обрабатываемой информации об объекте.

2.1 Емкость рынка контроллерных средств

Приведем краткую оценку объема российского рынка контроллерных средств. На нем работают все международные лидеры - производители данной продукции: АВВ (распространяющая также контроллерные средства фирм BailyControls и Gartner&Braun), Emerson (бывшая Fisher-Rosemount), GeneralElectricFanucAutomation, Foxboro, Honeywell, MetsoAutomation (поглотила фирму DamaticAutomation), MooreProducts, Omron, RockwellAutomation, Siemens, Yokogawa, SchneiderAutomation и др. Всего порядка 15 фирм, каждая из которых предлагает от двух до пяти контроллерных средств разных классов.

Около 20 зарубежных производителей меньшего масштаба имеют российских дилеров, внедряющих их контроллерные средства на российских предприятиях (KoyoElectronics, Tornado, Triconex, PEP, Trey, ControlMicrosystems, GF PowerControls и др.).

Более 20 российских предприятий конкурируют с зарубежными производителями в разных классах контроллерных средств («Автоматика», ДЭП, «Импульс», «Инсист Автоматика», «Интеравтоматика», «Квантор», НИИтеплоприбор, «НВТ-Автоматика», ПИК «Прогресс», «Саргон», «Системотехника», ТЕКОН, «Электромеханика», ЭМИКОН и др.).

Поскольку российские предприятия комплектуют контроллерные средства зарубежными микропроцессорами, стандартными сетями, типовым системным и прикладным программным обеспечением, то продукция отечественного производства оказывается вполне конкурентоспособной по сравнению с импортными аналогами. К сожалению, при этом ее стоимость также становится сопоставимой с зарубежными изделиями.

Спектр продукции, предлагаемой сегодня, чрезвычайно широк. В Таблице 2.1 приведены некоторые характеристики ПЛК различных фирм, наиболее распространенных в России. Все они построены по магистрально-модульному

принципу, монтируются на панель или DIN-рейку, работают от напряжения +24 В, поддерживают протоколы обмена Fieldbus, имеют широкий набор модулей:

Таблица 2.1 – Характеристики ПЛК

Тип ПЛК	ADAM 5510	SIMATIC S7-400	Octagon 6040	ПЛК 154
Фирма производитель	Advantech	Siemens	Octagon	Овен
Страна	США	Германия	США	Россия
Диапазон температуры, °С	-10+70	-25+60	-40+60	-20+70
Влажность воздуха, %	5-95	5-95	5-95	10-80
Гарантийный срок, лет	1	1	2	1
Номенклатура, Шт	12	45	10	5
Кол-во модулей в каркасе	4	До 8	1	1
Кол-во каналов в модуле	16	8/16/32	24	8
Размеры модуля	110×31×75	125×40×120	157×86×85	105×65×90
Вес модуля, г	65–95	190–300	800	400–500
Мощность потребления, Вт	0,25–0,3	0,6–2,0	5–6	5–6

Из данной таблицы выбираем контроллер SIMATIC S7-400, так как в нем наибольшее количество модулей и каналов в модуле.

Выводы по разделу два:

Мы выбрали контроллер SIMATIC S7-400, так как данный контроллер отвечает требованиям системы и полностью обеспечивает управление.

3 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Описание системы управления

3.1.1 Функциональная гидравлическая схема управления траверсой

Для описания системы управления гидропривода траверсы пресса усилием 6300 тс модели К25-018 необходимо сначала разработать принципиальную гидравлическую схему всего комплекса и в частности данного узла.

Инженерами компании ООО «Уральский инжиниринговый центр» была разработана гидравлическая схема управления системы. Функциональная гидравлическая схема указана на рисунке 3.1.

Как видно из схемы, изменение положения подвижной (прессующей) траверсы осуществляется посредством одного рабочего (главного) гидроцилиндра ЦР и двух идентичных возвратных гидроцилиндров ЦВ1 и ЦВ2.

Измерение перемещения подвижной траверсы осуществляется с помощью датчика линейного перемещения, который рассчитан на полную величину хода подвижной траверсы.

Управление рабочим цилиндром ЦР осуществляется с помощью гидрораспределителя А12 клапанного типа, в состав которого входят три двухлинейных двухпозиционных запорно-регулирующих клапана К1.12, К2.12, К3.12, установленные на общем коллекторе. Клапаны К1.12 и К2.12 включены параллельно и выполняют функцию напорных, а клапан К3.12 – функцию сливного.

Управление возвратными гидроцилиндрами ЦВ1 и ЦВ2 осуществляется с помощью гидрораспределителя А11 клапанного типа (по конструкции запорно-регулирующих элементов).

В состав гидрораспределителя входят двухлинейные двухпозиционные запорно-регулирующие напорный клапана К1.11 и сливной клапан К2.11, установленный на общем коллекторе.

Запорно-регулирующие клапаны К1.11, К2.11 и К2.12 являются абсолютно идентичными. Напорный К1.12 и сливной К3.12 клапаны отличаются от вышеперечисленных клапанов только профилем регулирующей части запорно-регулирующего элемента (ЗРЭ).

Для контроля текущего положения ЗРЭ каждого из клапанов К1.11, К2.11, К1.12, К1.12, К2.12 и К3.12 и организации местной (локальной) обратной связи по положению этого элемента каждый из клапанов оснащен датчиком положения, подвижный элемент которого соединен с цилиндрическим хвостовиком ЗРЭ, а корпус датчика с корпусом гидроцилиндра управления.

Благодаря возможности бесступенчатого изменения площади проходного сечения клапанов К1.11, К2.11, К1.12, К2.12 и К3.12 от нуля до максимума, обеспечиваются регулирование скоростей движения подвижной траверсы: при ее свободном движении вперед (холостом ходе) посредством сливного клапана К2.11,

Для управления запорно-регулирующими клапанами К1.11, К2.11, К1.12, К2.12, К3.12 гидрораспределителей А11 и А12 соответственно возвратных и рабочего цилиндров, а также их сообщения с напорной и сливной гидролиниями гидросистем управления используются гидроблоки управления А1, ..., А5.

Гидроблок управления А1 (А2, А3, А4, А5) состоит из гидравлической плиты, на которой установлен четырехлинейный двухкаскадный гидрораспределитель Р2.1(Р2.2, Р2.3, Р2.4, Р2.5) с пропорциональным электрическим управлением.

Помимо этого в гидросистеме предусмотрены запорные клапаны высокого давления К31 и К33, открытие и закрытие которых осуществляется посредством электрогидрораспределителей ЭГП3 и ЭГП1 соответственно.

В состав гидропривода подвижной траверсы входят два наполнительно-сливных клапана КН1 и КН2 рабочего гидроцилиндра. Наполнительно-сливные клапаны управляются с помощью электрогидропереключателя ЭГП4.

Клапаны К34 и К35 – запорные клапаны низкого давления управляются с помощью электрогидропереключателя ЭГП2.

3.1.2 Функциональная схема управления

Общая функциональная схема системы представлена на рисунке 3.2.

Как видно из рисунка, система состоит из трех уровней:

- Уровень управления;
- Уровень автоматизации;
- Полевой уровень.

К уровню управления или диспетчерскому пункту относятся пульты оператора с управляющими органами, а также операторская станция на базе персонального компьютера, способная хранить все технологические параметры и представлять их в виде структурированных графиков или отчетов.

К уровню автоматизации или уровню контроллеров относятся программируемый логический контроллер (ПЛК) и аппаратный усилитель, являющийся по своей сути аппаратным ПИД регулятором. ПЛК получает сигналы различных датчиков и подает сигналы на исполнительные механизмы, полностью контролируя весь технологический процесс. Аппаратный усилитель, получая сигналы с ПЛК по заданному алгоритму, посылает управляющие сигналы на исполнительные механизмы, контролирует их положение и технологические параметры.

К полемому уровню относятся все исполнительные механизмы и датчики, показания с которых передаются на ПЛК с целью дальнейшего анализа и формирования управляющих сигналов.

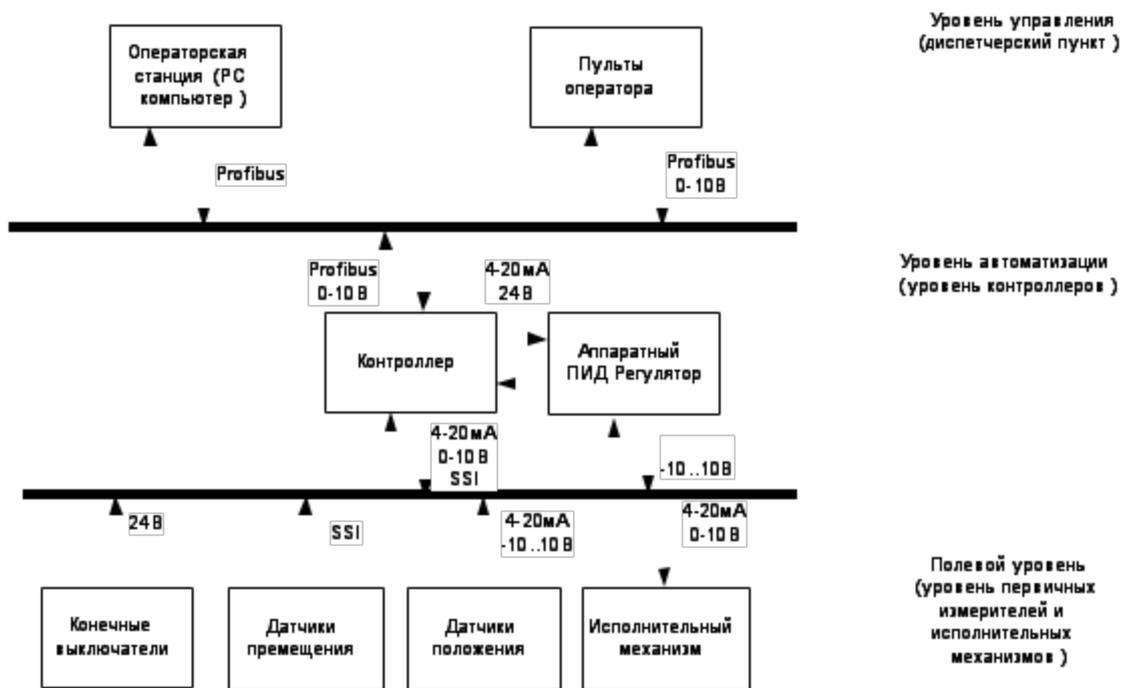


Рисунок 3.2 – Функциональная схема системы

Обобщенная функциональная схема управления системы представлена на рисунке 3.3.

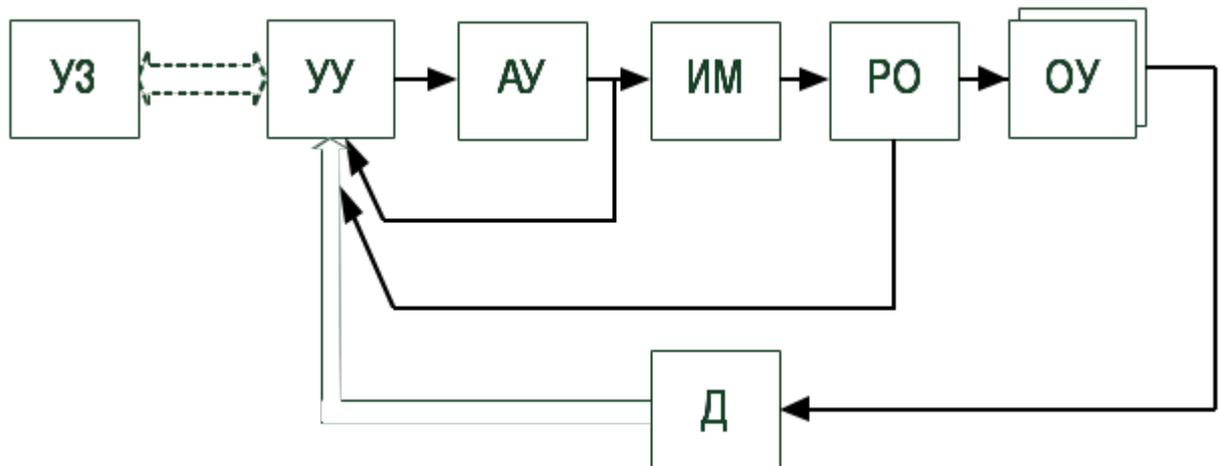


Рисунок 3.3 – Обобщенная функциональная схема системы:
 Уз – устройство задания; УУ – управляющее устройство; АУ – аппаратный усилитель; ИМ – исполнительный механизм; РО – регулирующий орган; ОУ – объект управления; Д – датчик

Рассмотрим принцип ее работы. Устройство управления получает управляющий сигнал с задающего устройства, в нашем случае это сигнал с пульта оператора. Далее устройство управления через аппаратный усилитель подает сигнал на исполнительный механизм, который уже в свою очередь с помощью регулирующего органа воздействует на объект управления. Помимо управления основным процессом – движением траверсы, устройство управления контролирует сигнал с аппаратного усилителя на исполнительный механизм и положение регулирующего органа.

Данная структура помогает в полной мере управлять технологическим процессом, а также следить за его ходом и в случае возникновения аварийной ситуации, либо отказа оборудования оперативно идентифицировать возникшую неисправность.

На рисунке 3.4 представлена функциональная схема управления подвижной траверсой. Как видно из рисунка, система имеет два контура регулирования: внутренний (по положению запорно-регулирующего элемента клапана) и внешний (по регулированию скорости движения подвижной траверсы)

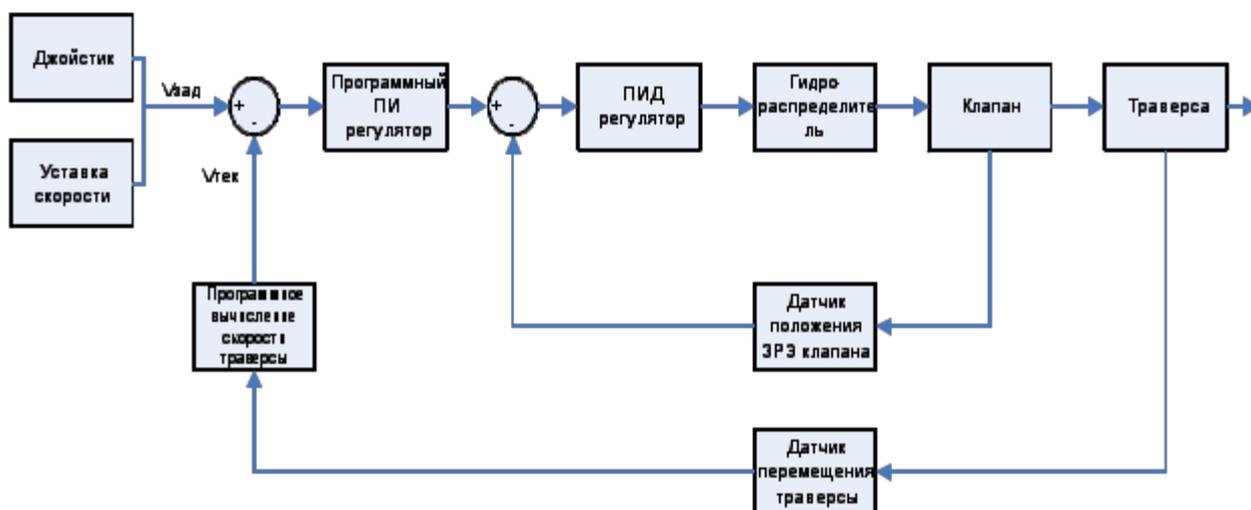


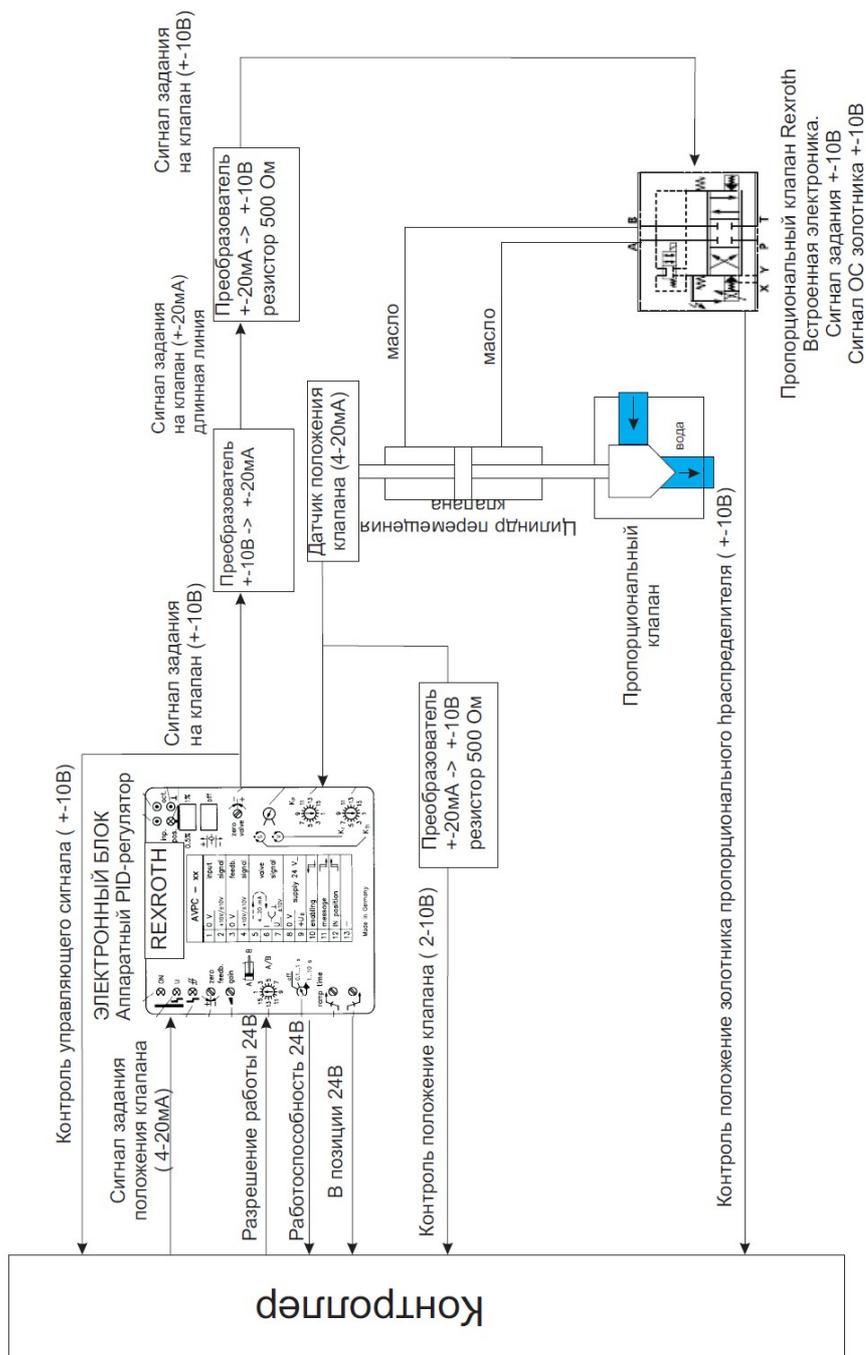
Рисунок 3.4 – Функциональная схема управления подвижной траверсой

Более подробная схема функционирования устройств с отображением управляющих сигналов показана на рисунке 3.5

Как видно из схемы, сигнал задания 4-20мА поступает на аппаратный ПИД регулятор. Электронный блок принимает это задание как установку и в соответствии со своим алгоритмом подает сигнал -10...+10 вольт на исполнительное устройство в нашем случае это пропорциональный клапан. Так как клапан находится на удаленном расстоянии от электронного блока, то для улучшения помехоустойчивости сигнала через блок согласования преобразуем сигнал на токовый со значениями -20...+20 мА. В непосредственной близости с пропорциональным клапаном размещаем блок для преобразования токового сигнала в напряжение. В качестве обратной связи аппаратный ПИД регулятор принимает сигнал 4-20мА с датчика положения клапана.

Контроллер в данной системе отслеживает сигнал управления, подаваемый аппаратным ПИД регулятором на пропорциональный клапан, положение пропорционального клапана, а также сигнал обратной связи золотника пропорционального клапана $-10\dots+10$ В. Также контроллер выдает сигнал готовности 24В для электронного блока регулятора, контролирует его сигналы «Работоспособность» и «В позиции». Все это необходимо для правильного управления технологическим процессом и своевременным отслеживанием аварийных ситуаций в процессе работы оборудования.

Рисунок 3.5 –
Схема
функционального
устройства с
отображением
управляющих
сигналов



3.1.3 Обоснование элементной базы системы управления

Подберем программируемый логический контроллер (ПЛК) для системы управления. Программируемый логический контроллер – это специализированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима длительной работы ПЛК, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, выступает его автономное использование, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека. Ассортимент предлагаемых программируемых логических контроллеров на мировом рынке постоянно растет, появляются новые, более совершенные и

технологичные изделия повышенной степени интеграции, новые решения. Количество фирм-производителей также неуклонно растет при одновременном повышении их уровня технической и технологической оснащенности. Наибольшее распространение на рынке в настоящее время получили ПЛК компании Siemens.

Для систем автоматизации средней и высокой степени сложности используют программируемый логический контроллер SIMATIC S7-400.



Рисунок 3.6 – Программируемый логический контроллер SIMATIC S7-400

Особенности ПЛК S7-400:

- Широкий спектр модулей для максимальной адаптации к требованиям решаемой задачи;
- Использование распределенных структур ввода-вывода и простое включение в сетевые конфигурации;
- Горячая замена модулей;
- Удобная конструкция и работа с естественным охлаждением;
- Высокая мощность благодаря наличию большого количества встроенных функций;
- Возможное расширение до 300 модулей

S7-400 находит применение в машиностроении, автомобильной промышленности, металлургии, в складском хозяйстве, в технологических установках, системах измерения и сбора данных, в текстильной промышленности, на химических производствах и т.д.

Программируемые контроллеры S7-400 могут включать в свой состав:

- Модуль центрального процессора (CPU). В зависимости от степени сложности решаемых задач в программируемом контроллере могут использоваться различные типы центральных процессоров. При необходимости можно использовать мультипроцессорные конфигурации, включающие до 4 центральных процессоров;
- Сигнальные модули (SM), предназначенные для ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов;
- Коммуникационные процессоры (CP) для организации сетевого обмена данными через IndustrialEthernet, PROFINET, PROFIBUS или PtP интерфейс;
- Функциональные модули (FM) – интеллектуальные модули для решения задач скоростного счета, позиционирования, автоматического регулирования и других;
- Интерфейсные модули (IM) для подключения стоек расширения к базовому блоку контроллера;
- Блоки питания (PS) для питания контроллера от сети переменного или постоянного тока.

Конструкция контроллера отличается высокой гибкостью и удобством обслуживания:

- Все модули устанавливаются в монтажные стойки и фиксируются в рабочих положениях винтами. Объединение модулей в единую систему выполняется через внутреннюю шину монтажных стоек. К одному базовому блоку допускается подключать до 21 стойки расширения;
- Произвольный порядок размещения модулей в монтажных стойках. Фиксированные посадочные места должны занимать только блоки питания;
- Наличие съемных фронтальных соединителей, позволяющих производить быструю замену модулей без демонтажа их внешних цепей и упрощающих выполнение операций подключения внешних цепей модулей. Механическое кодирование фронтальных соединителей исключает возможность возникновения ошибок при замене модулей;
- Применение модульных и гибких соединителей TOP Connect, существенно упрощающих выполнение монтажных работ и снижающих время их выполнения.

Для автоматизации всей установки выберем модуль центрального процессора CPU414-2 DP. Дискретные, аналоговые входы и выходы будут взаимодействовать с центральным процессором через интерфейсные модули IM151-1 HighFeature посредством интерфейса RS-485.

Для точного позиционирования положения исполнительного механизма, а именно пропорционального клапана подберем аппаратный ПИД регулятор или по-другому – аналоговый регулятор положения.

Ведущим мировым производителем оборудования для гидравлических, пневматических систем, элементов управления и контроля систем является компания BoschRexroth. Одним из решений для управления положением

исполнительного механизма служит аналоговый регулятор положения серии VT-MACAS-1X [18].

Для решения поставленной задачи воспользуемся регулятором VT-MACAS-500-10/V0/I.

Характеристики регулятора:

- Питательное напряжение: 24В;
- Входной сигнал: 4...20мА;
- Сигнал готовности: 24В;
- Сигнал обратной связи: 4...20мА.

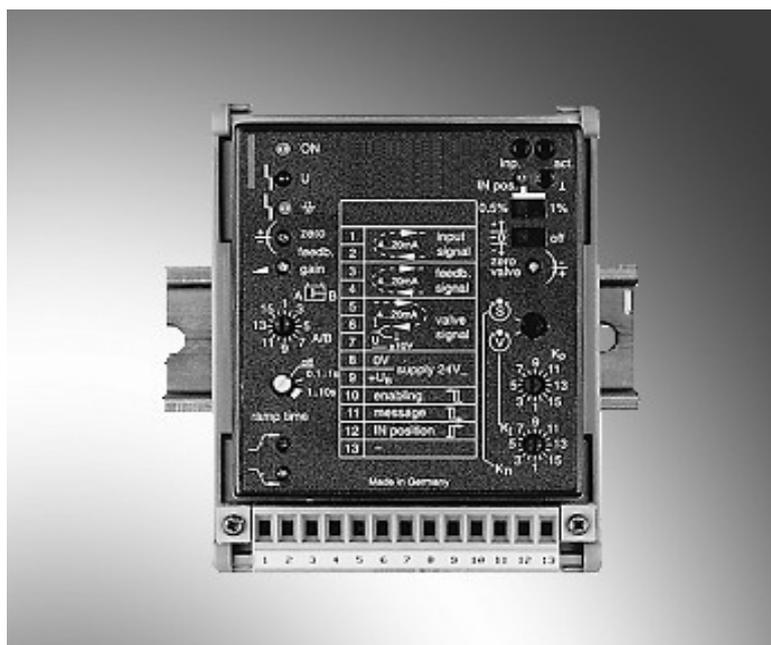


Рисунок 3.7 – Аналоговый регулятор положения серии VT-MACAS-1X

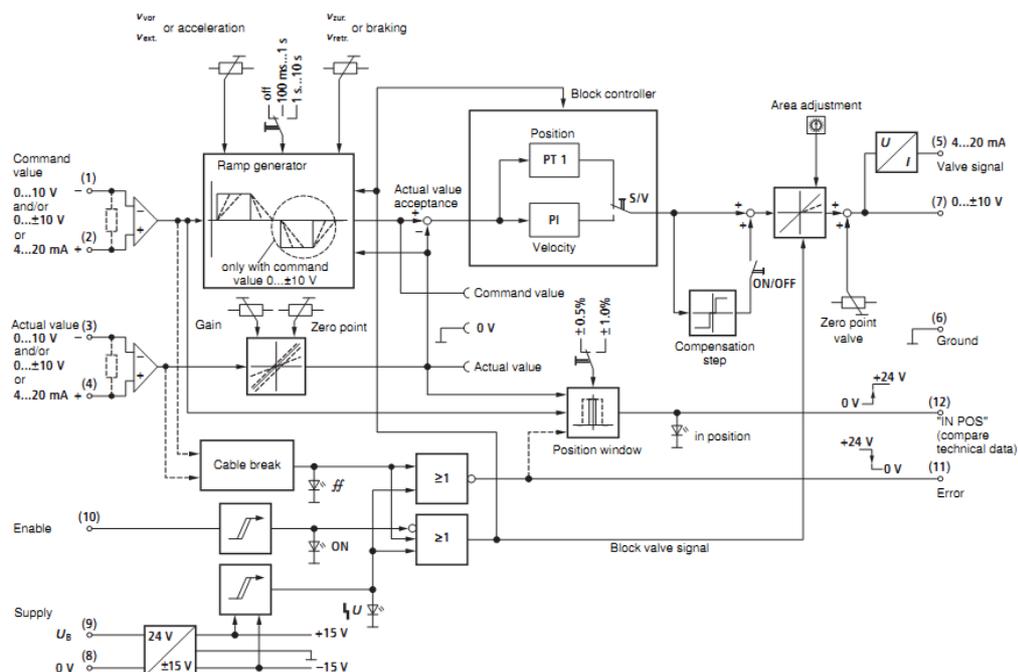


Рисунок 3.8 – Функциональная схема работы аналогового регулятора положения серии VT-MACAS-1X

Одним из ведущих производителей гидрораспределителей для гидравлических систем является компания «MOOG». Более 25 лет MOOG серийно изготавливает пропорциональные распределительные клапана со встроенной электроникой.

Для реализации гидравлической системы специалистами компании ООО «Уральский Инжиниринговый Центр» был выбран четырехлинейный трехпозиционный двухкаскадный гидрораспределитель с пропорциональным электрическим управлением и встроенной электроникой типа D682 с кодом P02HAZS6NEM5-H.

Электрические характеристики клапана:

- Питательное напряжение: 18...32 В;
- Управляющий сигнал: -10...+10 В. Ход золотника пропорционален разности напряжений на входе. 100% открытие клапана обеспечивается при номинальном значении +10 В. При входном сигнале 0 В распределительный золотник находится в среднем положении;
- Выходной сигнал: 4...20 мА. 20 мА соответствует 100% открытию клапана [11].



Рисунок 3.9 – Гидрораспределитель «MOOG» с пропорциональным электрическим управлением

Для АСУП подобраны следующие датчики:

Для измерения температуры:

Термопреобразователь сопротивления Метран-253 ТСМ(50М) предназначен для измерения температуры жидких и газообразных химических и неагрессивных сред.

Основные технические характеристики:

- НСХ.....50М;
- Схема соединений..... 2-х, 3-х или 4-х проводная;
- Диапазон измеряемых температур..... от -50 до + 150°С.

Для измерения давления/разрежения:

Датчики давления серии Метран–43(рис.3.10) предназначены для измерения давления в системах контроля и регулирования нейтральных и агрессивных сред.

Таблица 3.1– Основные характеристики датчиков.

Наименование датчика	P_{\min}	P_{\max}	Выходной сигнал
Датчик избыточного давления Метран-43Ех-ДИ-3153-01	400 кПа	1 МПа	4...20 мА
Датчик давления Метран-43Ех-ДИ-3173-01	25 МПа	40 МПа	4...20 мА
Датчик разрежения Метран-43-ДВ-3241	60 кПа	100 кПа	4...20 мА

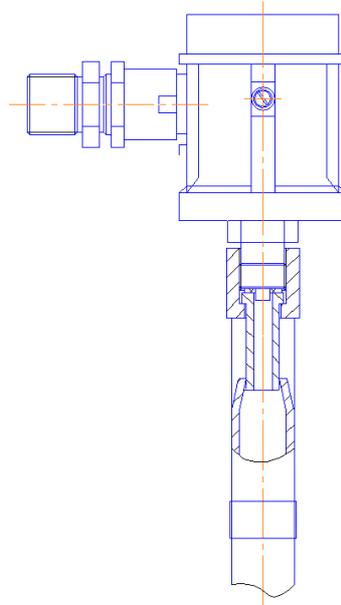


Рисунок 3.10 – Датчик давления Метран-43

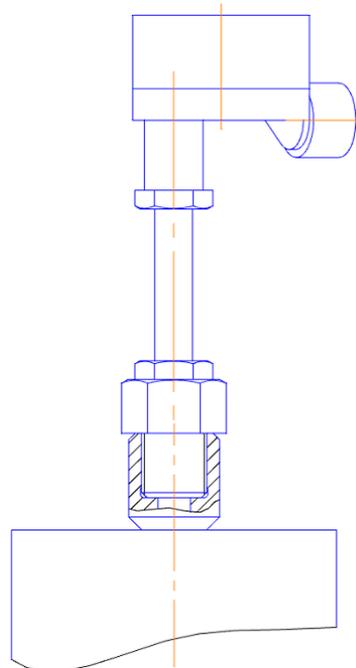


Рисунок 3.11 – Датчик температуры Метран-253

3.2 Описание среды разработки управляющей программы контроллера

Выбор среды разработки управляющей программы определен выбором контроллера SIMATIC S7-400.

SimaticStep 7 — программное обеспечение фирмы Siemens AG для разработки систем автоматизации на основе программируемых логических контроллеров Simatic S7-300, S7-400

С помощью этой программы выполняется комплекс работ по созданию и обслуживанию систем автоматизации на основе программируемых логических

контроллеров Simatic S7-300 и Simatic S7-400 фирмы Siemens. В первую очередь это работы по программированию контроллеров. В основе работы лежит концепция проекта, под которым понимается комплексное решение задачи автоматизации. Работу с проектом в целом обеспечивает главная утилита Step 7 — SimaticManager.

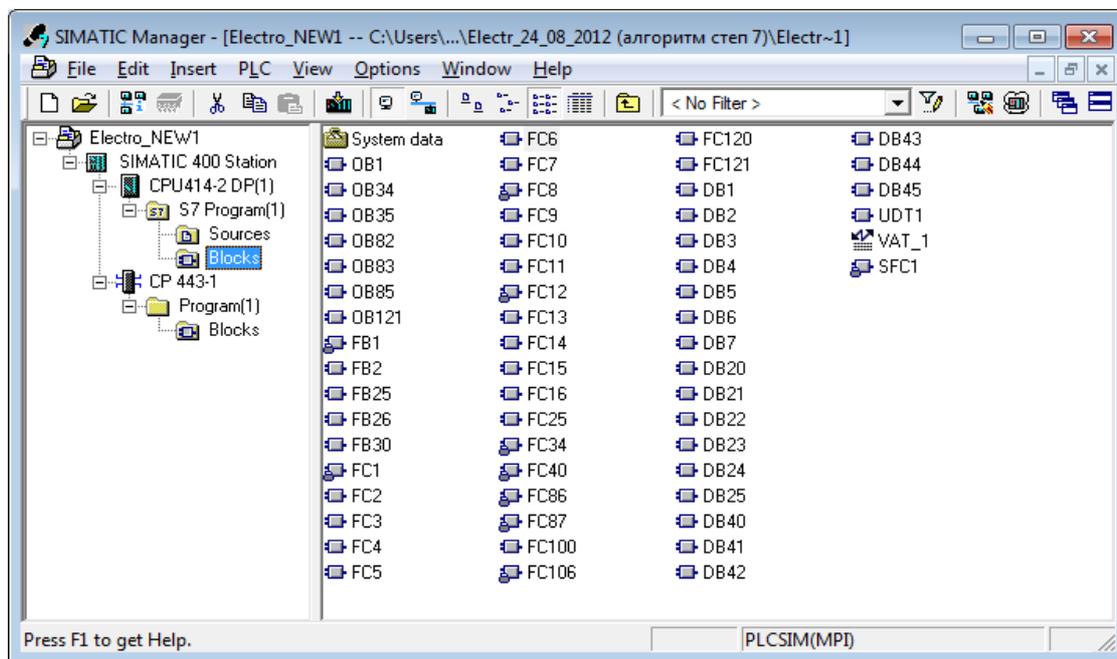


Рисунок 3.12 – Утилита SIMATICManager программного комплекса STEP 7

Step 7 позволяет производить конфигурирование программируемых логических контроллеров и сетей. В процессе конфигурирования определяется состав оборудования в целом, разбиение на модули, способы подключения, используемые сети, выбираются настройки для используемых модулей. Система проверяет правильность использования и подключения отдельных компонентов. Завершается конфигурирование загрузкой выбранной конфигурации в оборудование, что по сути является настройкой оборудования. Утилиты конфигурирования позволяют осуществлять диагностику оборудования, обнаруживать аппаратные ошибки или неправильный монтаж оборудования.

В семействе программных продуктов компании Siemens для решения комплексных задач автоматизации Step 7 выполняет интеграционные функции. В проект Step 7 могут быть включены системы человеко-машинного интерфейса (Human machine interface, HMI), например, операторские панели, конфигурируемые с помощью производимого Siemens программного обеспечения WinCCFlexible или персонального компьютера с программным обеспечением WinCC. Интеграция проектов для HMI в проект Step 7 облегчает автоматическое связывание проектов для контроллера и операторского интерфейса, ускоряет проектирование и позволяет избежать ошибок, связанных с раздельным использованием программ. В полной мере эти преимущества

проявляются при использовании системы проектирования PCS7, в основе которой также используется Step 7.

Аналогично в Step 7 интегрируется программное обеспечение для настройки и управления сложными измерительными или исполнительными устройствами автоматизации, например, частотными приводами. Step 7 также позволяет спроектировать сетевые настройки.соединения и передачу данных между устройствами автоматизации, например, системы Master-Slave при обмене данных по шине [Profibus](#) с использованием протокола DP [10].

3.3 Выбор языка программирования контроллера

Программирование контроллеров производится редактором программ, обеспечивающим написание программ на трех языках:

- LAD (LadderDiagram) – язык релейно-контактной логики;
- FBD (FunctionBlockDiagram) – язык функциональных блочных диаграмм;
- STL (Statement List) – язык списка инструкций;

В дополнение к трем основным языкам могут быть использованы четыре дополнительных языка:

- SCL (StructuredControlLanguage) – структурированный язык управления, по синтаксису близкий к Pascal;
- GRAPH 7 – язык управления последовательными технологическими процессами;
- HiGraph 7 – язык управления на основе графа состояния системы;
- CFC (Continuous Function Chart) – постоянные функциональные схемы;

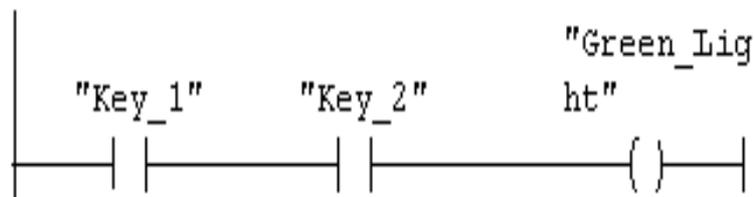


Рисунок 3.13 –Язык релейно-контактной логики

```
A      "Key_1"  
A      "Key_2"  
=      "Green_Light"
```

Рисунок 3.14 – Язык списка инструкций

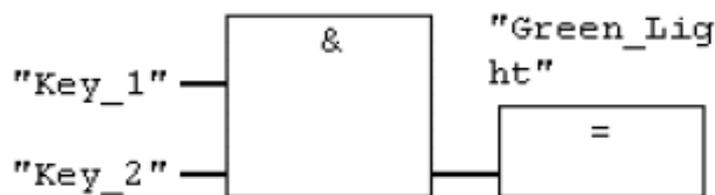


Рисунок 3.15 – Язык функциональных блочных диаграмм

Релейно-контактная схема – форма программирования, появившаяся из релейных систем управления, которая использует релейные символы для представления алгоритма работы программы.

Синтаксис языка удобен для замены логических схем, выполненных на релейной технике. Язык ориентирован на инженеров по автоматизации, работающих на промышленных предприятиях. Обеспечивает наглядный интерфейс логики работы контроллера, облегчающий не только задачи собственно программирования и ввода в эксплуатацию, но и быстрый поиск неполадок в подключаемом к контроллеру оборудовании.

Программа на языке релейной логики имеет наглядный и интуитивно понятный инженерам-электрикам графический интерфейс, представляющий логические операции, как электрическую цепь с замкнутыми и разомкнутыми контактами. Протекание или отсутствие тока в этой цепи соответствует результату логической операции (истина — если ток течет; ложь — если ток не течет).

Релейно-контактная схема состоит из одной вертикальной линии, от которой вправо отходят последовательности (цепочки) базовых инструкций, определяющие логическую функцию управления.

Основными элементами языка являются контакты, которые можно образно уподобить паре контактов реле или кнопки. Пара контактов отождествляется с логической переменной, а состояние этой пары — со значением переменной.

Базовые инструкции позволяют программировать логику управления в виде последовательной логической зависимости (цепочки) некоторых событий (условий) представляемых операндами-битами.

Цепочки базовых инструкций могут образовывать сложные условия, но всегда заканчиваются одним или несколькими базовыми инструкциями вывода [10].

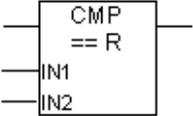
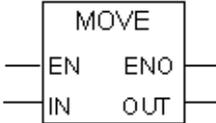
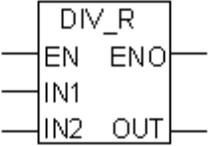
Таблица 3.2 – Базовые инструкции

Графическое обозначение	Название	Описание
$\langle \text{адрес} \rangle$ 	Нормально открытый контакт	Если состояние сигнала по указанному адресу равно 1, то контакт замкнут, и команда дает результат, равный 1.

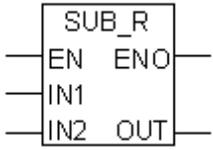
Продолжение таблицы 3.2

Графическое обозначение	Название	Описание
		Если состояние сигнала по указанному адресу равно 0 , то контакт разомкнут, и команда дает результат, равный 0.
<p><адрес> -- / --</p>	Нормально замкнутый контакт	Если состояние сигнала по указанному адресу равно 0, то контакт замкнут, и команда дает результат, равный 1. Если состояние сигнала по указанному адресу равно 1 , то контакт разомкнут, и команда дает результат, равный 0.
<p><адрес> --()</p>	Выходная катушка - Выход	Выходная катушка присваивает состояние сигнала логической цепи катушке, к которой адресуется команда. Если ток течет через цепь, то состояние сигнала равно 1; в обратном случае состояние сигнала равно 0.
<p><FC/SFC no.> --(CALL)</p>	Вызов FC/SFC без параметров	С помощью этой инструкции можно вызвать функцию (FC) или системную функцию (SFC), которые не имеют параметров .
<p><Имя метки> --(JMP)</p>	Безусловный переход	Выполняется как безусловный переход на метку, если нет других элементов контактного плана между этой катушкой и питающей шиной слева.
	Вызов функции	Вызывает для выполнения FC при состоянии сигнала на входе EN=1. После этого продолжение программы

Продолжение таблицы 3.2

Графическое обозначение	Название	Описание
		продолжается в вызывном блоке. С помощью инструкции SAVE осуществляется выход из блока и устанавливается ENO=1;
	Вызов FB	Вызывается FB(функциональный блок) при состоянии сигнала на входе EN=1. После этого продолжение программы продолжается в вызывном блоке. С помощью инструкции SAVE осуществляется выход из блока и устанавливается ENO=1;
	Сравнение чисел	Эта инструкция сравнивает входы IN1 и IN2 в соответствии с типом сравнения. Если условие сравнения выполняется, то бит RLO получает значение 1.
	Передача значения	Инструкция MOVE активируется при разрешении на входе EN. Значение, указанное на входе IN, копируется в адрес, указанный на выходе OUT. ENO имеет тоже состояние сигнала, что и EN.
	Деление чисел	Состояние сигнала на входе EN активирует инструкцию деления чисел. Инструкция делит вход IN1 на IN2. Результат может быть считан на выходе OUT.
	Умножение чисел	Состояние сигнала на входе EN активирует инструкцию умножения чисел. Инструкция умножает вход IN1 на IN2. Результат может быть считан на выходе OUT.
	Сложение чисел	Состояние сигнала на входе EN активирует инструкцию сложения чисел. Инструкция складывает вход IN1 с IN2. Результат может быть считан на выходе OUT.

Окончание таблицы 3.2

Графическое обозначение	Название	Описание
	Вычитание чисел	Состояние сигнала на входе EN активирует инструкцию вычитания чисел. Инструкция вычитает вход IN2 из IN1. Результат может быть считан на выходе OUT.
<p><Т номер> ---(SP) <время></p>	Катушка таймера	Запускает указанный таймер с заданным значением времени, если RLO имеет положительный фронт. Таймер продолжает работать с заданным временем, пока значение RLO положительно. Если RLO меняется с 1 на 0 до истечения заданного времени, таймер останавливается
<p><С no.> ---(SC) <preset value></p>	Установка значения счетчика	Инструкция назначает предустановленное значение счетчику при появлении положительного фронта RLO. При ее выполнении задаваемая величина передается в системную память счетчиков.

3.4 Структура проекта Step 7

STEP 7 объединяет все файлы программ пользователя и все файлы данных в блоки. В пределах одного блока могут быть использованы другие блоки. Механизм их вызова напоминает вызов подпрограмм. Это позволяет улучшать структуру программы пользователя, повышать их наглядность, обеспечить удобство их модификации, перенос готовых блоков из одной программы в другую.

В составе программ STEP 7 могут быть использованы блоки следующих типов:

- Организационные блоки (OB), которые осуществляют управление ходом выполнения программы. В зависимости от способа запуска (циклическое выполнение, запуск по временному прерыванию, запуск по событию и т.д.) организационные блоки разделяются на классы, имеющие различные уровни приоритета. Организационные блоки с более высокими уровнями приоритета способны прерывать выполнение блоков с более низкими приоритетными уровнями. Предусмотрена возможность детального описания события, вызывающего запуск организационного блока. Эта информация может быть использована в программе пользователя;

- Функциональные блоки (FB) содержат отдельные части программы пользователя. Выполнение функциональных блоков сопровождается обработкой различных данных. Эти данные, внутренние переменные и результаты обработки

загружаются в выделенный для этой цели блок данных IDB (InstanceDataBlock). Управление данными, хранящимися в IDB, осуществляет операционная система программируемого контроллера;

- Функции (FC) – блоки, которые содержат программы вычисления. Каждая функция формирует фиксированную выходную величину на основе получаемых входных данных. К моменту вызова функции все ее входные данные должны быть определены. Такой механизм позволяет использовать функции без блоков данных;

- Блоки данных (DB) предназначены для хранения данных пользователя. В отличие от данных, хранящихся в IDB и используемых одним блоком FB или SFB, глобальные данные, хранящиеся в DB, могут использоваться любым из программных модулей. В DB могут храниться данные, имеющие элементарный или структурный тип. Примерами данных элементарного типа могут служить данные логического (BOOL), целого (INTEGER), действительного (REAL) или других типов. Данные структурного типа формируются из данных элементарного типа. Для обращения к данным, записанным в DB, может использоваться символьная адресация;

- Системные функциональные блоки (SFB) – это функциональные блоки, встроенные в операционную систему центрального процессора (например, SEND/RECEIVE). Эти блоки не занимают места в памяти программ контроллера, но требуют использования IDB.

- Системные функции (SFC) – это функции, встроенные в операционную систему контроллера. Например, функции таймеров, счетчиков, передачи блоков данных и т.д. [10].

3.5 Описание режимов работы пресса

Работу пресса организуем в трех режимах – наладочном, ручном и полуавтоматическом режиме управления. Кроме того, в рамках режима ручного управления осуществим два специальных диагностических режима.

В наладочном режиме должна производиться проверка работы гидравлической системы управления клапанными распределителями A11 и A12 пресса, работающей на масле (в первую очередь, проверка исправности гидрораспределителей P2.1 ... P2.5) с пропорциональным управлением). Данный режим допустим лишь при условии, что подвижная траверса находится в крайнем положении или на твердом упоре. Проверка выполнения данного условия возлагается на обслуживающий персонал. При переходе в наладочный режим формируются сигналы на обесточивание электромагнитов YA1,... YA4 гидропереключателей ЭГП1,..., ЭГП4 для обеспечения закрытия проходных сечений клапанов K31, K33, K34, K35, КН1, КН2. Возможность работы автоматически блокируется если отсутствуют сигналы с конечных индуктивных выключателей закрытого состояния гидропереключателей ЭГП1,..., ЭГП4 запорных клапанов высокого и низкого давления и наполнительно-сливных клапанов. В наладочном режиме предусмотрена возможность подачи

управляющего электрического сигнала по отдельности на каждый из гидроаппаратов с электрическим управлением (пропорциональных и направляющих гидрораспределителей), включение и выключение приводящих электродвигателей насосов. Предусмотрено тестирование работы пропорциональных гидрораспределителей. При этом на вход электронного усилителя, к выходу которого присоединен вход встроенного электронного блока пропорционального гидрораспределителя, подается ряд ступенчатых задающих сигналов разного уровня, а реакция привода, в состав которого входит упомянутый гидрораспределитель, сравнивается оператором с эталонным переходным процессом, полученным при проведении аналогичного эксперимента с новым исправным приводом [4].

Если для тестируемого привода отличие переходных процессов по перемещению золотника выходного каскада пропорционального гидрораспределителя и перемещению выходного звена привода, обусловленных отработкой задающего сигнала, от эталонных переходных процессов превышает допустимую величину, то обслуживающий персонал должен проанализировать результаты тестирования, выявить причины изменения характеристик работы привода и принять меры для устранения негативных факторов, обусловивших изменение работы привода.

При работе пресса в режиме ручного управления все операции осуществляются по сигналам, подаваемым оператором (в пределах, допустимых блокировками).

Управление подвижной траверсой производится посредством джойстика. При этом возможны три режима работы с точки зрения регулирования скорости движения траверсы.

При работе в режиме ручного управления с полным регулированием направление и величина отклонения ручки джойстика на пульте оператора из исходного (нейтрального) положения определяют соответственно подлежащую выполнению операцию (движение траверсы вперед или назад) и необходимую скорость движения траверсы (в пределах от минимально устойчивой ползучей скорости до максимальных скоростей) [4]. В этом режиме используется главная отрицательная обратная связь по положению подвижной (прессующей) траверсы, реализуемая на основании сигнала датчика линейного перемещения.

При работе в режиме ручного управления с регулированием без использования главной обратной связи направление и величина отклонения ручки джойстика из исходного (нейтрального) положения определяют соответственно подлежащую выполнению операцию (движение траверсы вперед или назад) и величину задающего сигнала, подаваемого на электронный усилитель, управляющий соответствующим пропорциональным гидрораспределителем, и определяющим величину открытия проходного сечения напорного или сливного клапана гидрораспределителей А11 и А12. В этом режиме обратная связь по положению подвижной траверсы не используется. Оба рассмотренных режима является режимами с аналоговым управлением.

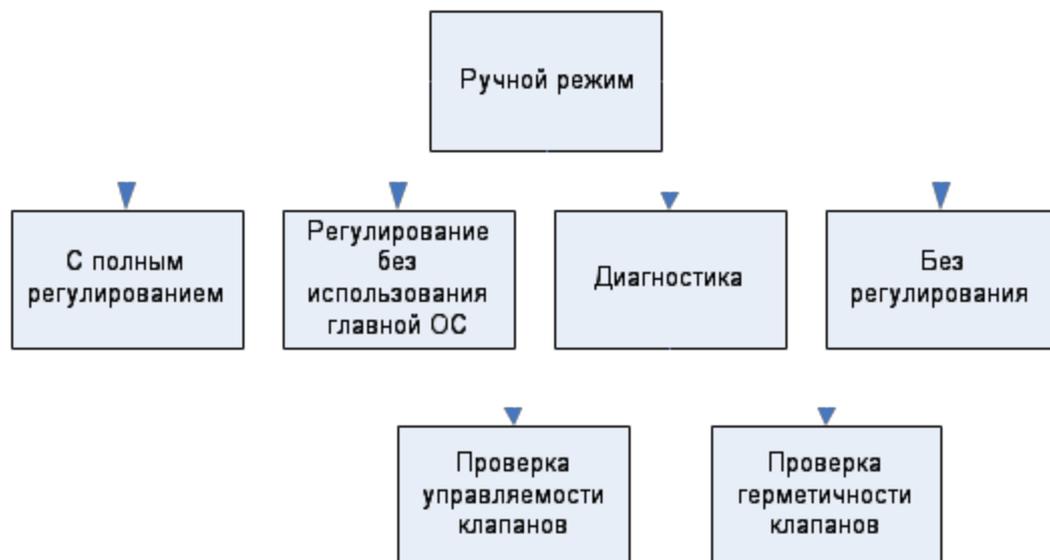


Рисунок 3.16 –Виды ручного режима

При работе в режиме ручного управления без регулирования не используются как обратная связь по положению подвижной траверсы, так и обратная связь по положению запорно-регулирующих клапанов гидрораспределителей А11 и А12 возвратных и рабочего гидроцилиндров. В указанном случае при отклонении ручки джойстика из исходного (нейтрального) положения вперед или назад на угол, превышающий некоторое установленное значение, осуществляется движение траверсы соответственно вперед или назад с максимально возможными скоростями (то есть в этом случае формируются управляющие сигналы, которым соответствуют открытие проходных сечений напорных и сливных клапанов гидрораспределителей А11 и А12 на максимальную величину или полное закрытие проходных сечений клапанов). В этом режиме для управления клапанами гидрораспределителей А11 и А12 используется только направляющие гидрораспределители Р1.1,..., Р1.5 гидроблоков А1,...,А5. Данный режим является режимом с дискретным управлением.

В рамках ручного управления существуют два специальных диагностических режима:

- Режим проверки управляемости клапанов рабочего и возвратных гидроцилиндров;
- Режим проверки герметичности клапанов рабочего гидроцилиндра.

Режим проверки управляемости клапанов рабочего и возвратных гидроцилиндров используется в тех случаях, когда возникают проблемы с перемещением запорно-регулирующих элементов указанных гидроаппаратов. При этом режиме создаются предпосылки для удаления защемленных частиц загрязнений, препятствующих перемещению запорно-регулирующих элементов клапанов гидрораспределителей А11 и А12.

Для анализа фактического состояния клапанных пар полезным является режим проверки герметичности клапанов рабочего гидроцилиндра. В данном

режиме закрывается проходное сечение сливного клапана и наполнительно-сливных клапанов рабочего гидроцилиндра. Проходные сечения напорных клапанов в рассматриваемой ситуации изначально должны быть закрыты. Наблюдая за изменением давления в полости рабочего гидроцилиндра пресса, можно сделать заключение о том, закрылось ли на самом деле проходное сечение напорных клапанов, а также о том, насколько они герметичны.

При работе в полуавтоматическом режиме оператором задаются величины координат контрольных положений подвижной траверсы, средних скоростей ее движения во время хода приближения (холостого хода), рабочего хода, хода выпрессовки и обратного хода.

При работе в этом режиме автоматически поддерживаются заданные с использованием клавиатуры панели оператора скорости движения подвижной траверсы на разных этапах технологического цикла: во время холостого хода, во время рабочего хода, во время отвода траверсы для последующих перемещений контейнера, отрезки изделия и поворота инструментальной головки в позицию «Карман выпрессовки», во время хода выпрессовки, во время обратного хода, а также осуществляются остановки траверсы по достижении контрольных положений [4].

Работа пресса в полуавтоматическом режиме может быть представлена следующим образом.

Смещение ручки джойстика управления движением пресса из исходного (нейтрального) положения вперед на угол, превышающий некоторое предельное значение, воспринимается как сигнал на выполнение цикла прессования. По этому сигналу осуществляется перемещение подвижной траверсы с заданной скоростью холостого хода в направлении передней траверсы до установленного положения, соответствующего возможности подхвата прессшайбы после подъема удерживающего ее кожуха. После того, как заготовка окажется на оси пресса (достижение этого состояния помимо сигнала с концевых выключателей требует подтверждения оператора пресса) производится подъем кожуха, удерживающего прессшайбу. Далее производится заталкивание заготовки с прессшайбой в контейнер. Конец выполнения этой операции определяется либо по остановке подвижной траверсы, либо по достижению ей определенной координаты. Затем производится опускание призмы и отвод податчика заготовок. После этого осуществляется подпрессовка и прессование до достижения подвижной траверсой заданного положения. Затем осуществляется комплекс действий по выводу заготовки за пределы траверсы и отвод подвижной траверсы в исходное положение.

Для повторения цикла необходимо вернуть ручку в исходное (нейтральное положение), а затем снова отклонить ее вперед. При возвращении джойстика в исходное (нейтральное) положение до окончания цикла последний прерывается. При повторном смещении джойстика управления движением из исходного положения вперед происходит продолжение прерванного технологического цикла.

Работа в полуавтоматическом режиме всегда осуществляется с использованием главной обратной связи по положению подвижной траверсы (то

есть с полным регулированием) и автоматическим переходом с режима свободного хода траверсы вперед на режим рабочего хода (на основании контроля давления в рабочей полости возвратных гидроцилиндров и дополнительно скорости движения траверсы).

3.6 Вычисление сигналов управления системы

Для регулирования скорости движения подвижной траверсы при ее свободном ходе вперед (холостом ходе) и ходе назад (обратном ходе) используются соответственно сливной К2.11 и напорный К1.11 клапаны гидрораспределителя А11, площадь проходного сечения которых изменяется с использованием гидрораспределителей Р2.2 и Р2.1 с пропорциональным электрическим управлением, а в процессе рабочего хода – напорные клапаны К1.12 и К2.12 гидрораспределителя А12, площадь проходного сечения которых изменяется с использованием гидрораспределителей Р2.3 и Р2.4 с пропорциональным электрическим управлением.

В процессе пусконаладочных работ экспериментальным путем определяется соответствие между величиной задающего сигнала, подаваемого на вход электронного усилителя соответствующих пропорциональных гидрораспределителей, и установившейся скоростью движения траверсы при ее свободном ходе вперед, ходе назад и в процессе рабочего хода и хода выпрессовки.

При подаче команды на перемещение траверсы с заданной скоростью $v_{зад}$ задающий сигнал Y_k , подаваемый со стороны контроллера на вход электронного усилителя каждого используемого пропорционального гидрораспределителя, складывается [3]:

- из сигнала $Y_{ск}$, необходимого для обеспечения перемещения траверсы с заданной скоростью $v_{зад}$ в соответствии с экспериментальными данными, полученными в процессе пусконаладочных работ;

- из сигнала, пропорционального с коэффициентом усиления $k_{о.с}$ расхождению между величиной координаты $x_{зад}$, которую в текущий момент времени t должна иметь контрольная точка подвижной траверсы при условии ее движения с заданной скоростью $v_{зад}$ с момента страгивания траверсы после подачи текущей команды на ее перемещение, и фактической (фиксируемой с помощью соответствующего датчика перемещения) текущей координатой $x_{фак}$ данной контрольной точки траверсы в тот же момент времени: $k_{о.с} (x_{зад} - x_{фак})$.

- из сигнала, пропорционального с коэффициентом усиления $k_{инт}$ интегралу по времени t от расхождения между величиной координаты $x_{зад}$, которую в текущий момент времени должна иметь контрольная точка подвижной траверсы при условии ее движения с заданной скоростью $v_{зад}$ с момента страгивания траверсы после подачи текущей команды на ее перемещение, и фактической текущей координатой $x_{фак}$ данной контрольной точки траверсы в тот же момент времени

$$k_{инт} \int_0^t (x_{зад} - x_{фак}) dt$$

Получаем

$$Y_{кск} = Y_{ос} + k_{зад} (x_{фак} - x_{зад}) + k_{инт} \int_0^t (x_{фак} - x_{зад}) dt$$

На вход встроенного электронного блока управления пропорционального гидрораспределителя управляющий сигнал $Y_{упр}$ с выхода электронного усилителя поступает, будучи дополнительно скорректированным в электронном усилителе (в состав которого входит ПИ-регулятор) с учетом текущей координаты $x_{зрз}$ запорно-регулирующего элемента управляемого напорного или сливного клапана (по которой организована местная отрицательная обратная связь) и в итоге имеет величину

$$Y_{упр} = k_{н.м.} (Y_k - k_{ос.м.} x_{зрз}) + k_{инт.м.} \int_0^t (Y_k - k_{ос.м.} x_{зрз}) dt$$

где:

- Y_k — сигнал, поступающий на вход электронного усилителя со стороны контроллера,
- $k_{ос.м.}$ коэффициент усиления местной обратной связи по положению запорно-регулирующего элемента управляемого напорного или сливного клапана;
- $k_{н.м.}$ — коэффициент усиления пропорционального звена ПИ-регулятора, входящего в состав электронного усилителя;
- $k_{инт.м.}$ — коэффициент усиления интегрирующего звена ПИ-регулятора, входящего в состав электронного усилителя;
- t — время (отсчитываемое с момента страгивания траверсы после подачи текущей команды на ее перемещение).

Коэффициенты $k_{ос}$ и $k_{инт}$ главной обратной связи по погрешности перемещения подвижной траверсы назначаются в числовом виде в программе контроллера и их в связи с этим их контролируемое изменение не вызывает каких-либо трудностей.

Величина коэффициента $k_{ос.м.}$ определяется параметрами аналогового электронного усилителя и не регулируется.

Для установки (настройки) требуемых значений коэффициентов $k_{н.м.}$ и $k_{инт.м.}$ аналогового электронного усилителя можно использовать следующую методику. При этом гидросистема управления пресса может быть выключена [3].

1. Коэффициенты k_{oc} и $k_{инт}$ главной обратной связи по погрешности перемещения подвижной траверсы установить равными нулю, что равносильно исключению из работы электрогидравлической системы управления прессы указанной обратной связи.

2. Подвижное звено датчика перемещения запорно-регулирующего элемента управляемого гидроаппарата (напорного или сливного клапана) установить в положение, при котором сигнал на выходе датчика равен нулю (в процессе настройки коэффициентов $k_{н.м.}$ и $k_{инт.м.}$ он должен постоянно оставаться равным нулю). При этом величина $k_{oc.м.} x_{зр\acute{e}}$ (при любом значении коэффициента $k_{oc.м.}$) также равна нулю.

3. Установить коэффициент усиления интегрирующего звена ПИ-регулятора электронного усилителя равным нулю, что равносильно отключению указанного звена.

На вход электронного усилителя подать некоторый фиксированный управляющий сигнал Y_k .

Контролируя изменение величины сигнала $Y_{упр}$ на выходе электронного усилителя и изменяя положение регулировочной ручки пропорционального звена ПИ-регулятора, добиться того, чтобы сигнал $Y_{упр}$ на выходе электронного усилителя принял значение $k_{н.м.} Y_k$, где $k_{н.м.}$ — подлежащее установке (настройке) значение коэффициента усиления пропорционального звена ПИ-регулятора.

4. На вход электронного усилителя подать некоторый фиксированный управляющий сигнал Y_k .

При использовании ПИ-регулятора в соответствии с вышеизложенным сигнал на выходе электронного усилителя изменяется по закону

$$Y_{упр} = k_{н.м.} Y_k + k_{инт.м.} \int_0^t dt$$

Контролируя изменение величины сигнала $Y_{упр}$ на выходе электронного блока во времени и изменяя положение регулировочной ручки интегрирующего звена ПИ-регулятора, добиться того, чтобы за заданный отрезок времени t после подачи управляющего сигнала Y_k сигнал $Y_{упр}$ на выходе электронного усилителя увеличивался по сравнению с начальным значением $k_{н.м.} Y_k$ на величину $k_{инт.м.} Y_k t$, где $k_{инт.м.}$ — подлежащее установке (настройке) значение коэффициента усиления интегрирующего звена ПИ-регулятора.

Для установления соответствия между величиной скорости перемещения подвижной траверсы и величиной сигнала $Y_{ск}$, который для обеспечения этой скорости должен быть сформирован контроллером, необходимо следующее [3].

1. Коэффициенты $k_{ос}$ и $k_{инт}$ главной обратной связи по погрешности перемещения подвижной траверсы установить равными нулю, что равносильно исключению из работы электрогидравлической системы управления прессы указанной обратной связи.

2. На вход электронного усилителя подать некоторый фиксированный управляющий сигнал Y_k . При этом гидросистема прессы должна находиться полностью в рабочем состоянии.

3. Замерить установившуюся скорость $v_{уст}$ перемещения подвижной траверсы (при этом управляющий сигнал $Y_{упр}$, поступающий с выхода электронного усилителя на вход встроенного электронного блока пропорционального гидрораспределителя должен быть равен нулю) и соответствующее значение координаты $x_{зрз}$ запорно-регулирующего (регулирующего) элемента управляемого гидроаппарата.

4. Поставить в соответствие скорости $v_{уст}$, как скорости $v_{зад}$, текущее значение сигнала Y_k , как сигнала $Y_{ск}$, а также зафиксированное значение координаты $x_{зрз}$ запорно-регулирующего (регулирующего) элемента управляемого гидроаппарата.

3.7 Разработка алгоритма функционирования

Алгоритм управления механизмами прессы представлен на 9 листе графической части.

Описание представлено ниже:

1. Прессовщик включает рабочую станцию, происходит включение режима «Настройка»;

2. Происходит проверка исправности системы и регистрация текущего состояния всех измеряемых параметров;

3. Если все в норме, то происходит закрытие двери кабины, что обеспечивает безопасность человека при возникновении нештатных ситуаций, иначе выдается предупреждение о неисправном состоянии, после которого прессовщику необходимо устранить неисправность;

4. После закрытия двери кабины прессования также происходит проверка срабатывания датчика на двери, если датчик не сработал, то система выжидает некоторое время, после чего повторно пытается закрыть дверь (есть возможность отключить таймер и закрыть дверь вручную);

5. После закрытия двери кабины прессования прессовщику необходимо выбрать технологическую карту, после чего произвести сверку карты с базой технолога, если все верно, то система переключается в режим «Дежурство», иначе

выдает предупреждение о несоответствии технологической карты с базой технолога;

6. После перехода системы в режим «Дежурство» в пресс-форме создается вакуум. Текущее значение разрежения выводится на экран, по достижении необходимого уровня вакуума включается прессование;

7. Происходит нарастание давления. Плунжер перемещается на холостом ходу. Величина давления выводится на экран и сверяется с заданным по технологической карте, как только давление достигло определенного по технологической карте, то плунжер переключается с холостого на рабочий ход;

8. На рабочем ходу происходит дальнейшее увеличение давления, только на более медленной скорости, чем было на холостом ходу. Также как и в предыдущем случае, значение давления выводится на экран и сверяются с заданным по технологической карте, при достижении нужного давления происходит его поддержание;

9. Во время поддержания заданного давления прессования включается нагрев пресс-инструмента паром. Температура отображается на экране, при достижении заданной по технологической карте температуры происходит включение выдержки;

10. В процессе выдержки некоторые параметры такие как давление или температура могут выходить за установленные рамки ограничений, в этом случае включается световое предупреждение и таймер выдержки приостанавливается до тех пор, пока давление и температура не стабилизируются в заданных пределах;

11. При окончании работы таймера заканчивается и выдержка. Происходит включение охлаждения пресс-инструмента водой. Давление поддерживается на заданном уровне.

12. Как только достигается нужная температура охлаждения, то происходит снижение давления. Все текущие значения выводятся на экран.

13. После окончания прессования происходит сохранение всех параметров прессования и открывается дверь кабины.

14. Производится выключение рабочей станции.

3.8 Разработка программного обеспечения

Структура проекта SIMATICStep7 такова, что операционная система CPUS7 исполняет организационный блок OB1 непрерывно. Когда OB1 исполнен, операционная система вновь начинает его обработку Циклическая обработка OB1 начинается по окончании стадии запуска. В OB1 вызываются функциональные блоки и функции.

Организационный блок OB1 имеет самый низкий приоритет среди всех OB, время выполнения которых контролируется; иными словами все остальные OB, кроме OB90 могут прерывать. Если OB1, операционная система отправляет глобальные данные. Перед повторным запуском OB1 операционная система записывает таблицу выходов образа процесса в модули вывода, обновляет таблицу входов образа процесса и получает глобальные данные для CPU.

Структура нашего проекта такова, что в организационном блоке ОВ1 последовательно вызываются функции управления узлами: насосной станцией, получения данных с аналоговых датчиков, управления системой световой индикации, управления исполнительными устройствами – клапанами.

Основная логика управления клапанами находится в организационном блоке ОВ35.

Организационный блок ОВ35 является блоком циклических прерываний. Step7 представляет в распоряжение пользователя до девяти ОВ циклических прерываний (ОВ30 – ОВ38), которые могут прерывать программу через фиксированные интервалы времени. Для ОВ35 предусмотрен интервал прерывания 100 миллисекунд.

В организационном блоке циклических прерываний ОВ34 высчитывается скорость перемещения траверсы согласно датчику перемещения. Организационный блок ОВ34 гарантированно вызывается с периодичностью 200 миллисекунд.

В организационном блоке ОВ1 последовательно вызываются функции проверки и управления узлами оборудования. Алгоритм выполнения блока ОВ1 представлен на рисунке 3.17.

В первую очередь работа организационного блока начинается с функции FC2 «Управление насосной станцией». Данная функция используется для определения готовности запуска насосной станции, определения значений давления в магистрали, контроль запуска и управление насосами станции, определения режима запуска насосной станции, выявление и идентификация ошибок возникающих при работе пресса, аварийная остановка станции в случае обнаружения аварийных ситуаций.

Далее вызывается функция FC3 «Аналоговые датчики». В данной функции происходит опрос аналоговых датчиков, в зависимости от их типа, рассчитываются показания физических величин, измеряемых ими, также определяется величина сигнала с джойстика управления, его положение: в сторону нормального перемещения траверсы (вперед), нейтральное положение, и обратного движения траверсы. Помимо этого рассчитывается усилие прессования. Более подробная работа этой функции будет рассмотрена далее.

После выполнения FC3 выполняется функция FC4, отвечающая за формирование световой сигнализации во время выполнения технологических операций пресса.

Следующая функция FC7 «Управление клапанами». Данная функция формирует задания на распределители. Эта функция подробно будет рассмотрена ниже.

Функция FC9 определяет в каком положении – закрыт или открыт находятся запорно-регулирующие элементы клапанов K1.11, K2.11, K1.12, K2.12, K3.12.

В последнюю очередь выполняется ряд операций, направленных на определения положения траверсы с помощью датчика положения с интерфейсом SSI.

В функции «Аналоговые датчики» происходит опрос аналоговых датчиков, вычисление значений физической величины и вывод ее корректного значения, не выходящего за пределы измерения датчика.



Рисунок 3.17 – Алгоритм выполнения организационного блока ОВ1

Для вычисления показаний для всех типов аналоговых датчиков (с токовой петлей 4..20мА, 0...20мА, с сигналом напряжением 0..10В, -10...+10В) используется она универсальная функция FC11 «Вычисление показаний датчика».

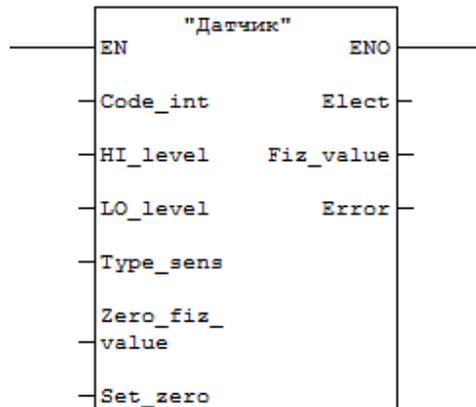


Рисунок 3.18 – Функция FC11

Входными параметрами данной функции являются:

- Code_int – значение кода с аналогового модуля соответствующего датчика;
- HI_level – верхний предел датчика в единицах физической величины;
- LO_level – нижний предел датчика в единицах физической величины;
- Type_sens – тип датчика 0 – 4...20мА, 1 – 0...20мА, 2 – 0...10В, 3 – ±10В, 4 – -20...+20мА.

Выходными параметрами данной функции являются:

- Elec – электрическая величина с датчика (ток или напряжение);
- Fiz_value – значение физической величины;
- Error – ошибка преобразования датчика (значение вне диапазона);

Входные-выходные параметры (IN/OUT параметры – переменные, которые используют функции в качестве входных значений. По завершению работы функция записывает полученные значения в эти же переменные.):

- Zero_fiz_value – настройка нуля датчика (смещение);
- Set_zero – установить ноль датчика;

Работа функции начинается с того, что в зависимости от полученных данных определяется тип датчика, и устанавливаются во внутренние переменные верхние и нижние значения электрического сигнала. Далее с учетом особенностей преобразования аналогового сигнала в электрический входными модулями аналогового сигнала для CPUS7-400 устанавливаются диапазоны измеряемой величины в формате целых чисел: для однополярного сигнала от 0 до 27648; для двуполярного от 0 до 55296. После этого высчитывается на основании полученных значений с датчика его электрический сигнал. После получения сигнала необходимо определить зависимость физической величины от значения электрического сигнала. Зависимость физической величины пропорциональна величине электрического сигнала и может описываться формулой

$$F(x) = K1 \cdot x + B1,$$

где K1 – коэффициент пропорциональности,

B1 – коэффициент;

F(x) – значение физической величины;

x – Величина электрического сигнала;

Коэффициент K1 определяется формулой

$$K1 = \frac{HI_level - LO_level}{HI_elec - LO_elec},$$

где, *HI_level* – максимальное значение измеряемой величины датчика;

LO_level – минимальное значение измеряемой величины датчика;

HI_elec – максимальное значение выходной величины датчика;

LO_elec – минимальное значение выходной величины датчика.

Коэффициент B1 вычисляется по формуле ;

$$B1 = LO_level - LO_elec \cdot K1,$$

Подстановкой полученного от датчика значения электрической величины для измеряемой физической величине. Можно определить фактическое значение это физической величины.

Алгоритм функции FC11 «Вычисление показаний датчика» приведен на рисунке 3.19.

Помимо вычислений показаний аналоговых датчиков функция FC3 вычисляет значение текущего усилия прессования.

Значение усилия высчитывается по закону Паскаля, формула которого имеет вид:

$$F = p \cdot S,$$

где F – приложенная сила (усилие);

p – давление;

S – площадь поверхностей сосуда.

В нашем случае площадь сосуда будет являться площадь поверхности главного рабочего цилиндра ЦР. Площадь поверхности будем рассчитывать по формуле

$$S_{нов} = 2S_{осн} + S_{бок},$$

$$S_{нов} = 2\pi R^2 + 2\pi RH_{бок}$$

Исходя из размеров рабочего цилиндра, получаем

$$S_{нов} = 2 \cdot 14 \cdot \left(\frac{1,58}{2}\right)^2 + 2 \cdot 14 \cdot \frac{2,58}{2} \cdot 0,04 = 19,6 \text{ м}^2.$$

Усилие высчитывается по формуле

$$F = 19.6 [\text{м}^2] \cdot \dots$$



Рисунок 3.19 – Алгоритм функции FC11

Для определения состояния механизмов при выполнении технологических операций в маркере MW 120 записывается значение, соответствующее определенному режиму работы:

- 0 – исходно положение механизмов (проходные сечения клапанов K1.11, K2.11, K1.12, K2.12 являются полностью закрытыми, а проходное сечение клапана K3.12 является полностью открытым);
- 1 – режим холостого хода;

- 2 – режим перехода к рабочему ходу, при котором закрывается ЭГП4, закрывается К3.12;
- 3 – ЭГП4 закрыт, следующим шагом закрывается К2.11, используемый ранее для регулирования скорости холостого хода;
- 4 – снижение давления в полости возвратных цилиндров, автоматический переход в ручной режим работы;
- 5 – переход на рабочий режим кнопкой;
- 6 – режим закрытия проходных сечений клапанов К1.12 и К2.12 и сбрасываем давление открытием клапана К3.12;
- 7 давление сброшено, после этого закрываем К2.11 и переходим в состояние 0.

Перед началом холостого хода проверяется готовность и положение механизмов к осуществлению холостого хода (проверяется включение ЭГП4, закрытие клапанов К1.12, К2.12 и открытие клапана К3.12) результатом готовности является установка маркера M250 в состояние true.

Как только открыт клапан наполнения из бака электрогидропереключателем ЭГП4 и сливной клапан главного цилиндра начинаем движение траверсы на холостом ходе, MW120=1.

При холостом движении траверсы в ходе пуско-наладочных работ получена характеристика зависимости скорости ее движения от степени открытия К2.11, таким образом, мы получаем опорную точку для регулятора (переменная MD98). Это условие соблюдается при работе пресса в режиме обратной связи по скорости. В случае если выбран режим без обратной связи по скорости, то сигнал на клапан просто пропорционален отклонению джойстика.

%	v , мм
0	0
10	20
20	30
30	55
40	78
50	120
60	180
70	220
80	235
90	235
100	240

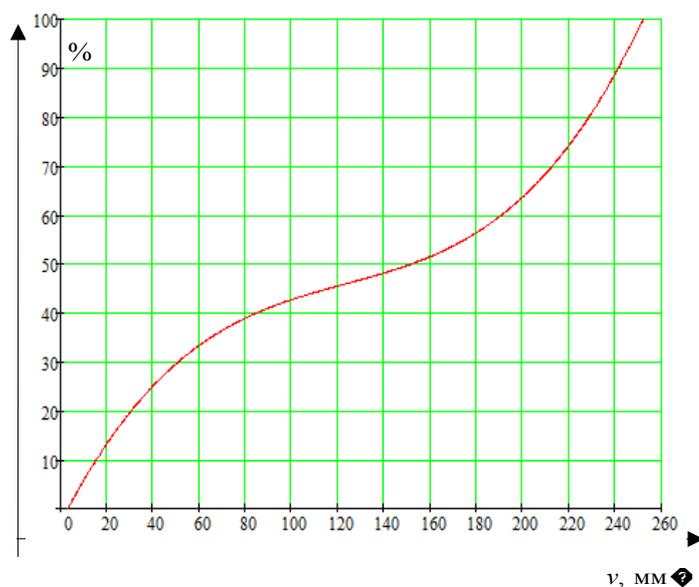


Рисунок 3.20 - Характеристика зависимости скорости движения траверсы на холостом ходу от степени открытия клапана К2.11 (слева) и график ее аппроксимированной функции (справа)

При движении функциональный блок FB20 вычисляет текущую скорость движения за определенный интервал времени и определяет текущее положение траверсы. Исходя из этих расчетов и соответствия скорости движения траверсы от степени открытия клапана, вычисляем предполагаемую степень открытия клапана.

Формирование управляющего сигнала определяется по формуле (п. 3.5)

где:

$$Y_{kcx} = Y_{np} + Y_{int} + Y$$

Y_c — опорная точка регулятора (MD98);
 Y_n — пропорциональная составляющая;
 $Y_{инт}$ — интегральная составляющая;

$$Y_k = Y_{ck} + k_{np} \Delta x + k_{инт} \int_0^t \Delta x dt$$

$$\Delta x = koord_zad_xx - MD50$$

где

$koord_zad_x$: — заданная координата траверсы в определенный момент времени;
 L — маркер, содержащий в себе текущее положение траверсы;

$$temp_r1 = k_{np} \Delta x + k_{инт} \int_0^t \Delta x dt.$$

В процессе движения траверсы на холостом ходу в зависимости от рассогласования текущего и необходимого (задаваемого) положения траверсы формируется сигнал $temp_r1$ с регулятора, используя функциональный блок FB1 «PID_CONT». ПИД регулятор организован с помощью стандартных библиотечных средств SIMATIC S7.

Входными параметрами функционального блока, используемыми в проекте, являются:

- CYCLE – время дискретизации(константа);
- SP_EXT – внешнее заданное значение (уставка);
- PV_IN – вход переменной процесса;
- SP_HLM – верхний предел уставки;
- SP_LLM – нижний предел уставки;
- LMN_HLM – верхний предел управляющего сигнала;
- LMN_LLM – нижний предел управляющего сигнала;

Выходными параметрами данной функции являются:

- LMN – управляющее воздействие.

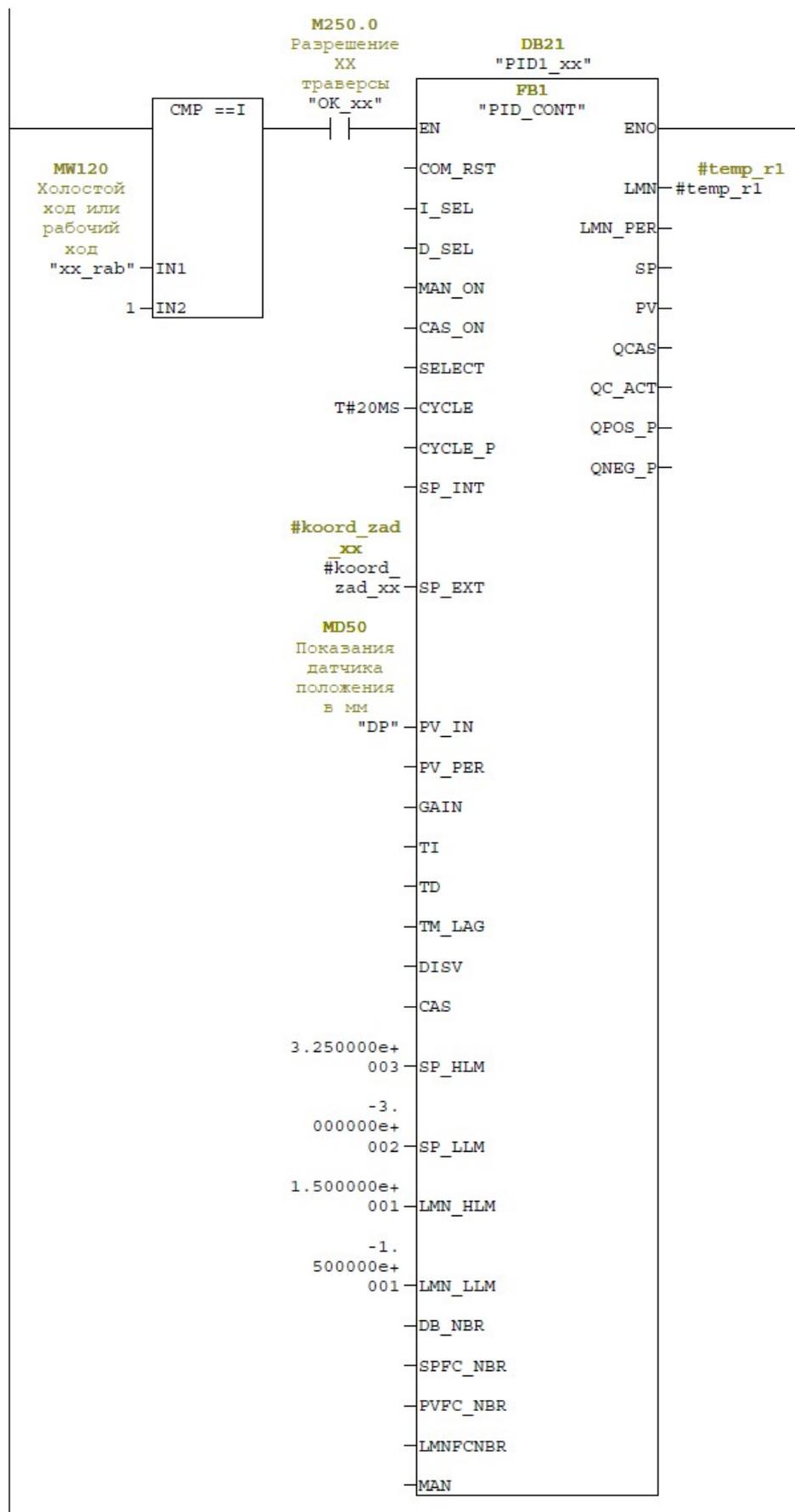


Рисунок 3.21 –Блок ПИ регулятора

Коэффициенты ПИ регулятора были определены в процессе пуско-наладочных работ:

$$k_{np} = 2, k_{инт} = 0,05.$$

В зависимости от опорного положения MD98 и сигнала с регулятора формируется сигнал задания на клапан K2.11 для осуществления холостого хода это справедливо для режима работы пресса с обратной связью по скорости.

$$Y_{kcx} = Y + temp_r1$$

Вычисленный сигнал получаем в процентах открытия клапана. Так как сигнал полного закрытия клапана соответствует 100%, то для получения задания с контроллера необходимо из 100% вычитать полученный результат.

$$Y_{зад} = 100 - Y_{cx} - temp_r1$$

Управление скоростью движения на рабочем ходе, и обратном ходе осуществляется по аналогичному алгоритму. Единственное отличие только управляющие клапана. При рабочем ходе используются клапана 1.12 и 2.12 для управления скоростью движения, а при обратном ходе используется напорный клапан 1.11.

Сигналы на распределители формируются в функции FC7.

Управление клапанами в функции FC7 осуществляется в двух режимах: режиме настройки, и в рабочем режиме.

Для режима настройки клапанов вводятся ограничения: одновременно управлять можно только одним клапаном и должен быть закрыт клапан воды высокого давления.

Режим настройки включает в себя юстировку клапана (определение пределов перемещения клапана) и проверку его движения в определенных юстировкой пределах.

При определении перемещения клапана с помощью джойстика происходит перемещение запорно-регулирующего элемента клапана для определения показаний датчика перемещения, соответствующих крайним положениям запорно-регулирующего элемента клапана, при которых проходное сечение клапана либо полностью закрыто, либо открыто на максимально возможную величину. При перемещении ЗРЭ происходит запись максимального и минимального значения измерения датчика положения.

При проверке работоспособности клапана изменением положения джойстика клапан перемещается в пределах установленных юстировкой. При проведении проверки следует обращать внимание на степень расхождения задания на позиционирование запорно-регулирующего элемента клапана и текущей фактической координаты запорно-регулирующего элемента в соответствии с сигналом его датчика перемещения.

На рисунке 3.22 приведен образец кода программы, используемый для юстировки клапана K1.11.

Как видно из рисунка, юстировка возможна только при активации режима калибровки и разрешении на настройку. Настройка разрешена при включенном режиме «Наладка» и закрытых клапанов высокого давления К31 и К33.

Непосредственное формирование задания на распределитель происходит в функции FC6 «Настройка».

Входными параметрами данной функции являются:

- Max_mm – верхняя граница регулирования в миллиметрах;
- Min_mm – нижняя граница регулирования в миллиметрах;
- zadanie – сигнал задания в процентах (положение клапана);
- zadanie_type – сигнал задания (true – 100...100%, false – 0...100%);
- vpered_OK – флаг движение механизмов вперед при управлении (сигнал true).

Выходными параметрами данной функции являются:

- zadanie_out – выходная величина задания;
- Error – флаги ошибки (true).

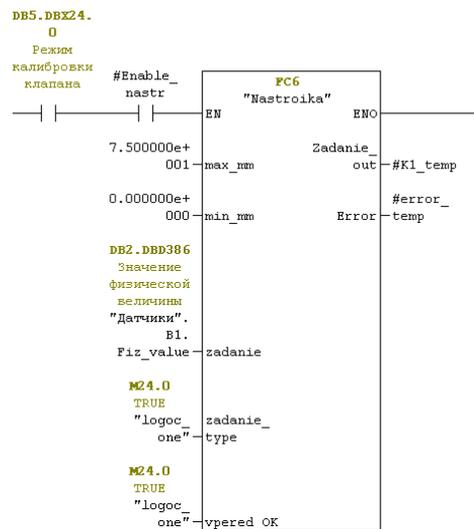


Рисунок 3.22 –Блок функции «Настройка»

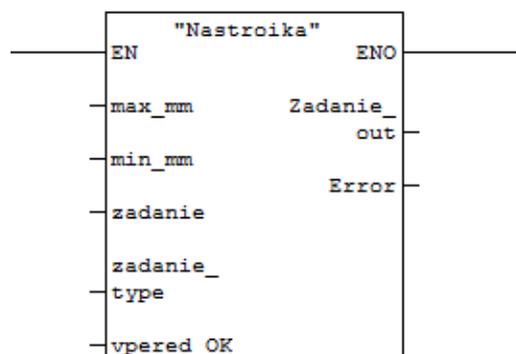


Рисунок 3.23 – Функция FC6

его нулевому положению. Если сигнал для клапана равен 100%, то для гарантированного закрытия клапана и удерживания его в крайнем положении на клапан подается сигнал на 5% больший сигнала, соответствующего его максимального крайнего положения. Алгоритм выполнения функции FC6 «Настройка» приведен на рисунке 3.24.

Функция FC7 последовательно формирует управляющие сигналы на каждый из клапанов в зависимости от режима работы в данный момент времени, а также сигнал разрешения работы на аппаратный блок регулятора MACAS.

3.9 Разработка концепции графического интерфейса операторской станции

Одним из основных компонентов системы управления подвижной траверсой пресса K25-018 является панель оператора, установленная на пульте управления.

С помощью панели оператора осуществляется:

- визуализация работы оборудования системы управления подвижной траверсой пресса;
- вывод предупредительных, информационных и аварийных сообщений;
- ввод и редактирование различных параметров, регламентирующих работу системы управления;
- управления гидравлическими устройствами в режиме наладки.

Управление и ввод информации осуществляется путем нажатия на сенсорные клавиши, имеющие на текущем экране, выводимом на панель.

Возможна реализация следующих экранов:

- главный экран;
- насосная установка;
- структурная схема;
- гидрораспределитель рабочего цилиндров;
- гидрораспределитель возвратных цилиндров;
- сообщения;
- состояние клапанов;
- юстировка;
- аналоговые датчики.

Переход от экрана к экрану осуществляется путем нажатия на любом текущем экране на соответствующую клавишу вызова экрана. Кнопки вызова экрана.

На всех экранах интерфейса оператора вверху располагается всплывающее окно сообщений, в котором отображается текущее предупредительно или аварийное сообщение.

Аварийное сообщения соответствуют ситуациям, когда дальнейшая работа оборудования невозможна без устранения причины возникновения сообщения.

Предупредительные сообщения носят информационный характер.

Типовой экран представляет собой поле для ввода-вывода информации о работе пресса либо для осуществления настроек.

В верхней части любого экрана расположено навигационное меню, которое служит для осуществления перехода между экранами.

Поля экрана «Текущая скорость» и «Текущая координата подвижной траверсы» предназначены для отображения текущих значений соответствующих параметров.

На экране также имеются поля для ввода числовой информации, снабженные соответствующими поясняющими надписями.

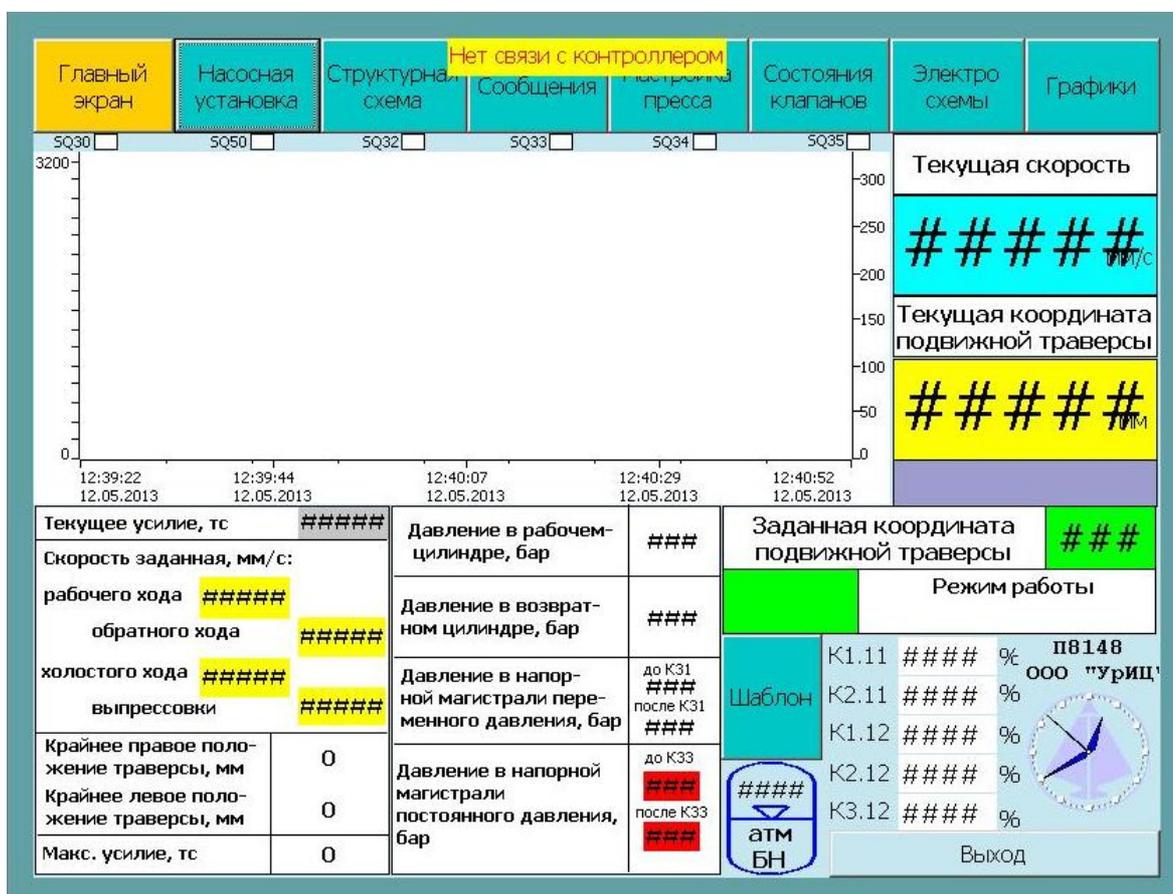


Рисунок 3.25 – Типовая структура экрана

Главный экран (рисунок 3.25) выводится на дисплей панели оператора автоматически при включении оборудования системы управления прессом.

При работе с данным экраном с использованием области ввода параметров последовательно задаются требуемые параметры движения траверс пресса, используемые при полуавтоматическом режиме управления последней.

В поле графиков строится график изменения во времени координаты траверсы, график изменения скорости движения траверсы.

Помимо этого на экране отображается текущие значения давления в гидросистеме пресса. На главном экране также отображается информация о текущем режиме работы пресса.

На рассматриваемом экране (рисунок 3.26) отображается структурная схема гидропривода подвижной траверсы пресса.

В поля, расположенные на экране, выводится информация о значениях давления на входе клапанных гидрораспределителей рабочего и возвратных гидроцилиндров и в баке наполнения, а также о текущей координате подвижной траверсы.

Изменение положения подвижной траверсы пресса сопровождается изменением положения ее изображения на экране вдоль линейной шкалы с пределами от 0 до 3250 мм.

Прямоугольники «Гидрораспределитель возвратных цилиндров», «Гидрораспределитель рабочего цилиндра», «Насосная установка системы управления» на структурной схеме выполняют роль сенсорных клавиш, позволяющих выполнить переход к одноименным экранам.

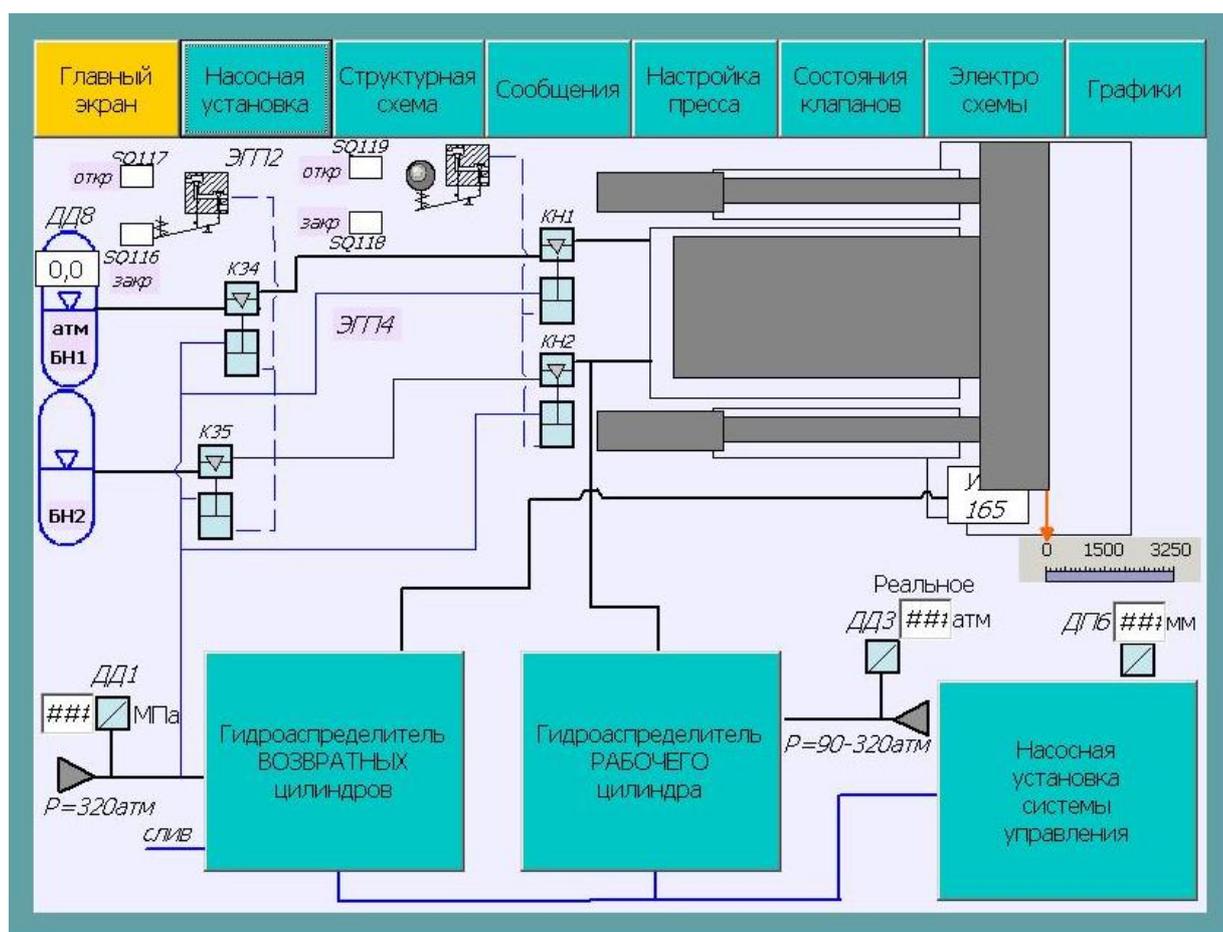


Рисунок 3.26 – Экран «Структурная схема»

Переход к экрану «Гидрораспределитель возвратных цилиндров» производится от экрана «Структурная схема».

На экране «Гидрораспределитель возвратных цилиндров» (рисунок 3.27) показан фрагмент гидравлической принципиальной схемы гидросистемы пресса, относящийся к управлению возвратными гидроцилиндрами подвижной траверсы.

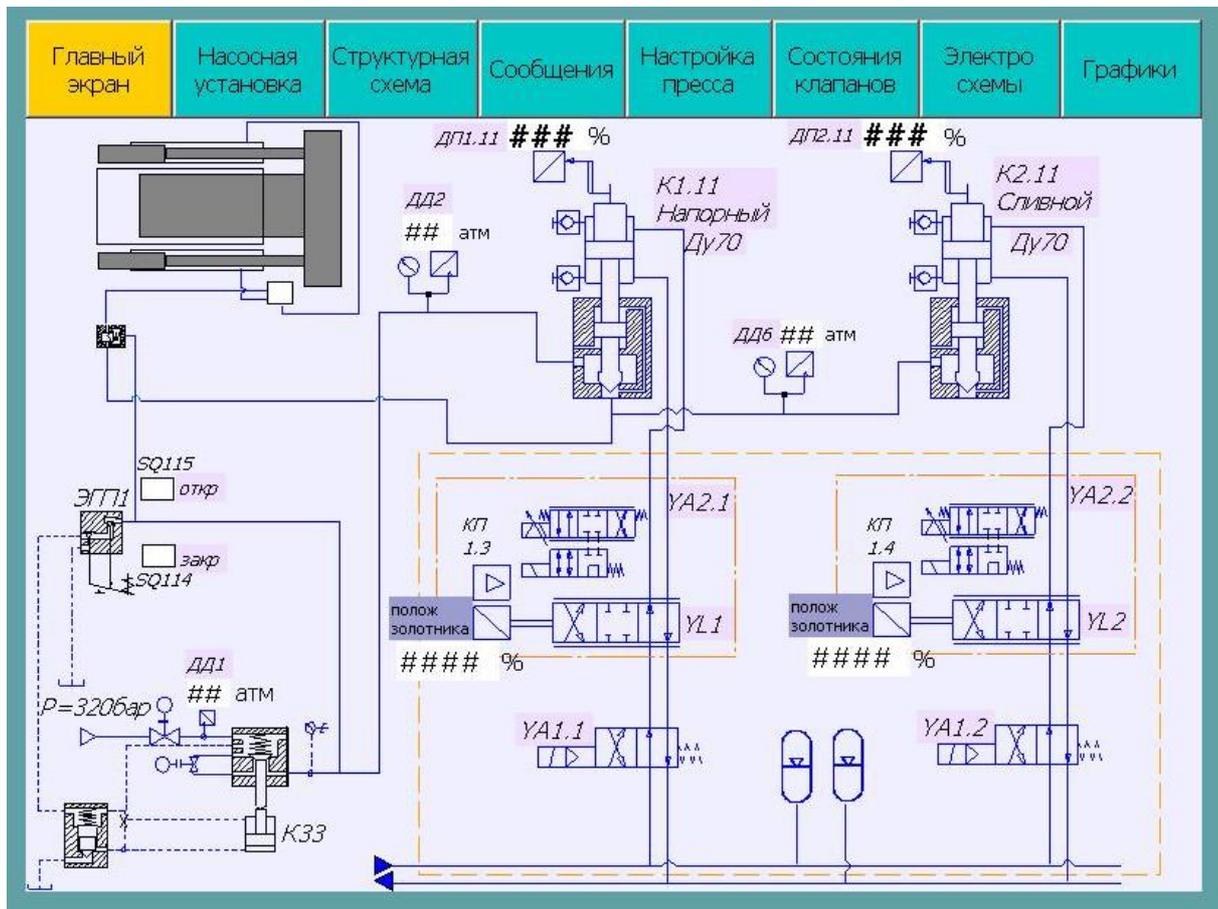


Рисунок 3.27 – Экран «Гидрораспределитель возвратных цилиндров»

На полях вывода, расположенных около условных обозначений напорного K1.11 и сливного K2.11 клапанов гидрораспределителя возвратных гидроцилиндров, отображается в процентах степень текущего открытия проходного сечения этих клапанов в соответствии с сигналами, поступающими с датчиков. Кроме того, на соответствующие поля выводятся текущие значения давления на входе и выходе клапана высокого давления K33 и на выходе напорного клапана K1.11 в соответствии с сигналами датчиков давления, а также в процентах от полного хода значения смещения золотников выходных каскадов пропорциональных гидрораспределителей P2.1, P2.2, управляющих клапанами K1.11, K2.11.

На экране также отображается наличие или отсутствие сигнала на выходе концевых выключателей SQ114, SQ115, посредством которых производится контроль состояния электрогидропереключателя ЭГП1, управляющего клапаном высокого давления K33, и состояние электромагнитов (обесточен или находится под напряжением) гидрораспределителей, управляющих клапанами K1.11, K2.11.

Переход к экрану «Гидрораспределитель рабочего цилиндра» производится от экрана «Структурная схема».

На экране «Гидрораспределитель рабочего цилиндра» (рисунок 3.28) показан фрагмент гидравлической принципиальной схемы гидросистемы пресса, относящийся к управлению рабочим гидроцилиндром подвижной траверсы.

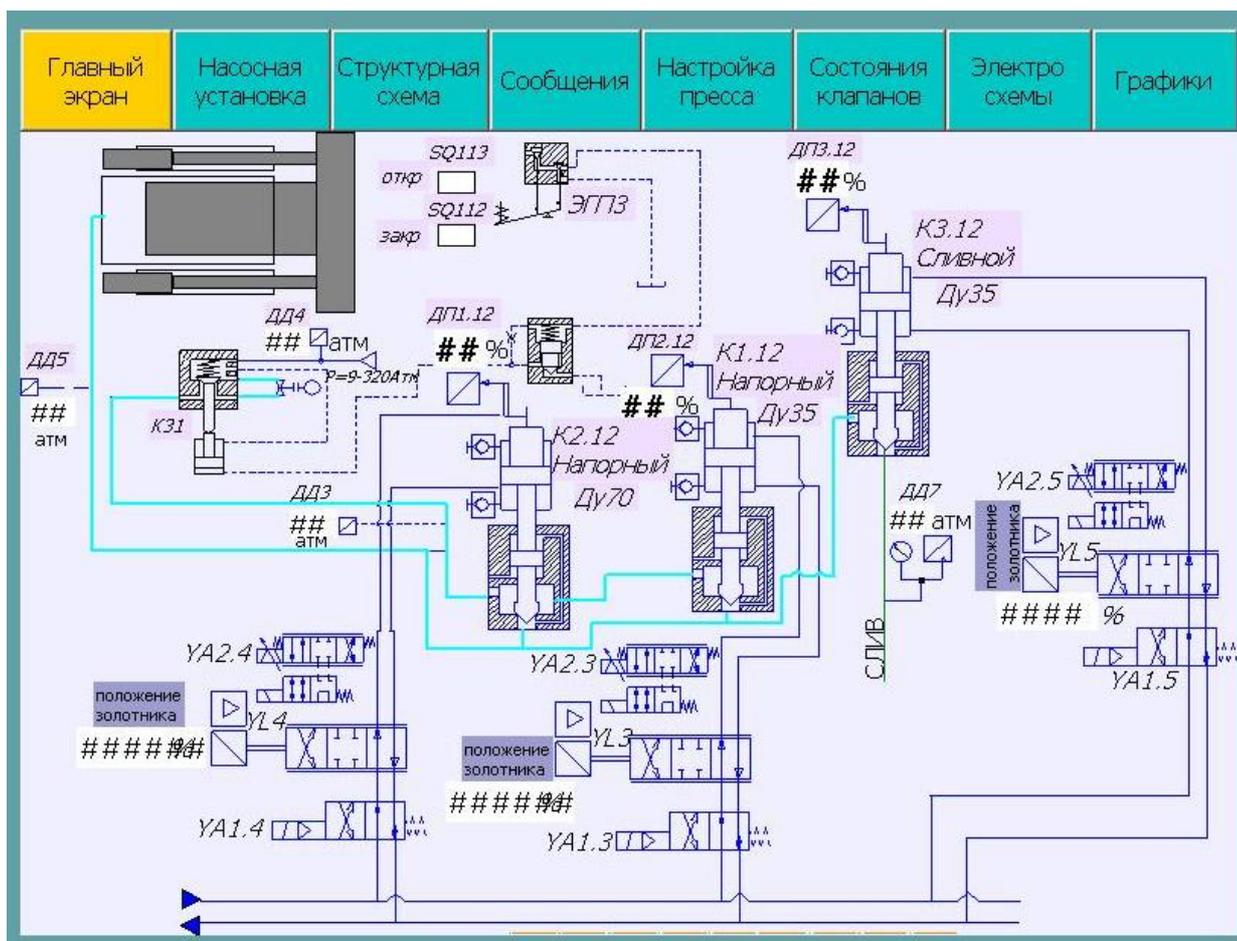


Рисунок 3.28 – Экран «Гидрораспределитель рабочего цилиндра»

На полях вывода, расположенных около условных обозначений напорных K1.12, K2.12 и сливного K3.12 клапанов гидрораспределителя рабочего гидроцилиндра, отображается в процентах степень текущего открытия проходного сечения этих клапанов в соответствии с сигналами, поступающими с датчиков. Кроме того, на соответствующие поля выводятся текущие значения давления на входе и выходе клапана высокого давления K31 и на выходе напорных клапанов K1.12, K2.12 в соответствии с сигналами датчиков давления, а также в процентах от полного хода значения смещения золотников выходных каскадов пропорциональных гидрораспределителей P2.3, P2.4, P2.5, управляющих клапанами K1.12, K2.12, K3.12.

На экране также отображается наличие или отсутствие сигнала на выходе концевых выключателей SQ112, SQ113, посредством которых производится контроль состояния электрогидропереключателя ЭГПЗ, управляющего клапаном высокого давления K31, и состояние электромагнитов (обесточен или находится под напряжением) гидрораспределителей, управляющих клапанами K1.12, K2.12, K3.12.

На экране «Состояние клапанов» (рисунок 3.29) отображается информация о состоянии всех напорных (K1.11, K1.12, K2.12) и сливных (K2.11, K3.12)

клапанов возвратных и рабочего гидроцилиндров пресса, а также электрогидропереключателей ЭГП1, ..., ЭГП4.



Рисунок 3.29 – Экран «Состояние клапанов»

Каждому из клапанов K1.11, K1.12, K2.12, K2.11, K3.12 на экране соответствует сенсорная клавиша, снабженная соответствующей надписью. Если клапан прошел юстировку, то соответствующая ему клавиша окрашена в зеленый цвет, а над клавишей высвечивается информационный текст: «Настроен». В противном случае клавиша окрашивается в красный цвет, а над ней высвечивается информационный текст: «Не настроен». Под каждой сенсорной клавишей имеется поле вывода, на котором отображается в процентах степень текущего открытия проходного сечения соответствующего клапана. Для проведения юстировки какого-либо из клапанов необходимо нажать на экране на соответствующую ему сенсорную клавишу, после чего происходит переход к экрану «Юстировка» (рисунок 3.30). Каждому из клапанов соответствует индивидуальный экран юстировки, однако все экраны юстировки клапанов имеют одинаковую структуру.

Каждому из электрогидропереключателей ЭГП1, ..., ЭГП4 на экране соответствует очерченная прямоугольная область, снабженная соответствующей надписью с указанием позиционных обозначений конечных выключателей,

используемых для контроля состояния электрогидропереключателя. Если управляющий электромагнит электрогидропереключателя обесточен, то соответствующая последнему область является бесцветной, при подаче на электромагнит управляющего электрического сигнала указанная область окрашивается в зеленый цвет.

Каждому из клапанов К1.11, К2.11, К1.12, К2.12, К3.12 соответствует индивидуальный экран юстировки, на котором в правом нижнем углу указывается условный порядковый номер клапана, а именно: 1 для К1.11, 2 для К2.11, 3 для К1.12, 4 для К2.12, 5 для К3.12.

На экран «Юстировка» (рисунок 3.30) в соответствующие поля выводятся числовые значения: угла отклонения джойстика из нейтрального положения (в процентах от максимально возможного угла отклонения джойстика из нейтрального положения); заданной координаты запорно-регулирующего элемента клапана (в мм) в системе координат его датчика перемещения; фактической текущей координаты запорно-регулирующего элемента клапана (в мм) в соответствии с сигналом его датчика перемещения; смещения запорно-регулирующего элемента клапана относительно его седла (в процентах от полного хода запорно-регулирующего элемента); электрического сигнала на выходе датчика перемещения запорно-регулирующего элемента клапана (в мА); смещения золотника выходного каскада пропорционального гидрораспределителя, управляющего клапаном, из нейтрального положения (в процентах от полного хода золотника из нейтрального положения); сигнала на входе электронного блока управления пропорционального гидрораспределителя, управляющего клапаном (в процентах от максимального значения данного сигнала). Над каждым из перечисленных полей имеется надпись, поясняющая, значение какого параметра выводится на соответствующее поле, а под каждым полем располагается числовая шкала, на которой в виде столбчатой диаграммы отображается текущее значение параметра.

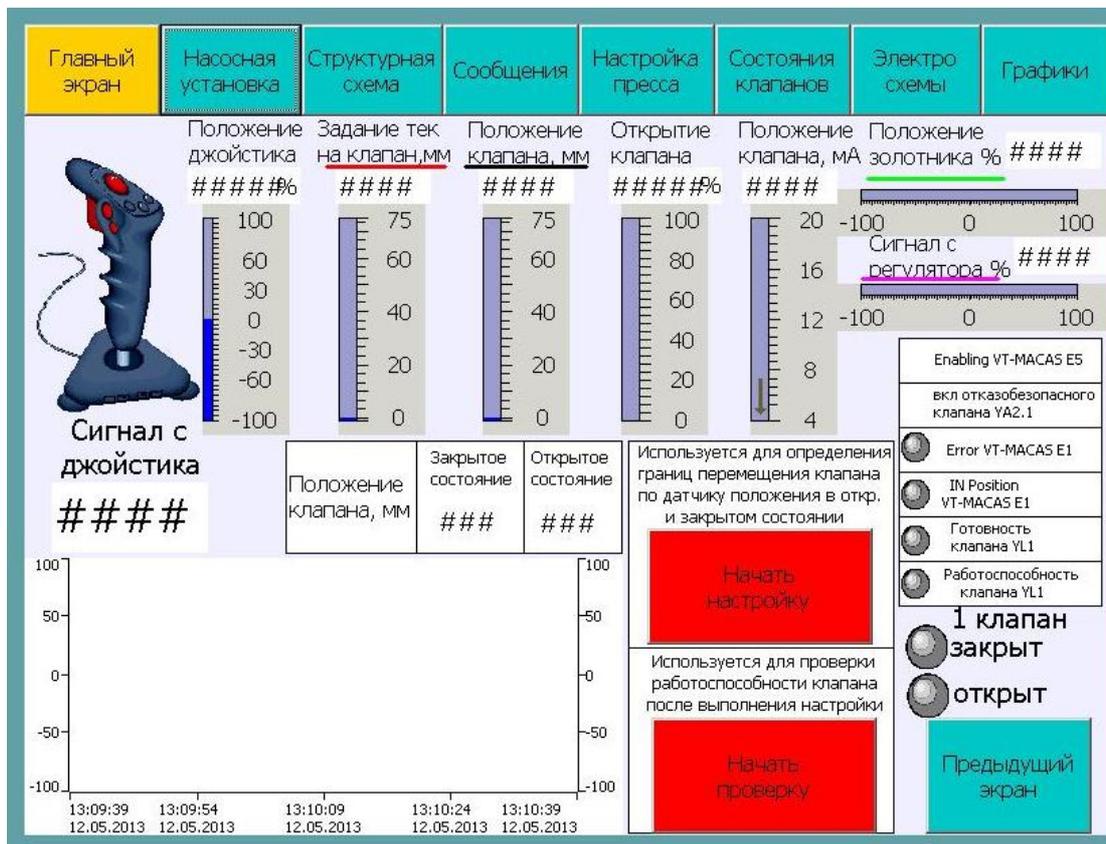


Рисунок 3.30 – Экран «Юстировка»

Справа на экране «Юстировка» имеется панель с индикаторами, сигнализирующими о состоянии пропорционального гидрораспределителя, управляющего клапаном, и о состоянии электронного блока управления, посредством которого реализуется отрицательная обратная связь по положению запорно-регулирующего элемента клапана.

В правом нижнем углу экрана «Юстировка» расположена сенсорная клавиша «Предыдущий экран», с использованием которой можно переходить к ранее вызывавшемуся экрану юстировки другого клапана, минуя экран «Состояние клапанов».

На экране «Датчики положения» (рисунок 3.31) отображается таблица значений пределов измерения и показаний датчиков перемещения запорно-регулирующих элементов напорных и сливных клапанов K1.11, K2.11, K1.12, K2.12, K3.12 возвратных и рабочего гидроцилиндров пресса, а также изображения трех сенсорных клавиш.

В случае отказа в работе датчика (появлении на его выходе сигнала, находящегося за пределами диапазона 4 ... 20 мА) в последней графе таблицы «Ошибка» в строке соответствующего датчика появляется сообщение «DANGER!».



Рисунок 3.31 – Экран «Датчики положения»

В связи с тем, что неверное задание нижнего и верхнего пределов измерения датчика и его обнуление могут привести в процессе эксплуатации прессы к серьезным нарушениям в работе последнего и к аварийным ситуациям, доступ к выполнению указанных операций защищен паролем.

Для включения режима настройки датчиков необходимо нажать на экране сенсорную клавишу «Включить настройку датчиков», выделенную желтым цветом.

3.10 Эргономика рабочего места оператора пульта управления

Для работы оператора необходимо создать наиболее благоприятные условия труда, т.к. она относится к монотонной работе. При этом надо учитывать психофизиологические особенности человека. Рабочее место должно быть спланировано с учетом антропометрических данных человека, удобства выполнения работ, экономии времени оператора и рационального использования производственных площадей. Требования по организации рабочего места пользователей ПЭВМ приведены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (с изменениями на 30 апреля 2010 г.).

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления [12].

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углов наклона вперед до 15° и назад до 5°;

- высоту опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;

- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $\pm 30^\circ$;

- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм;

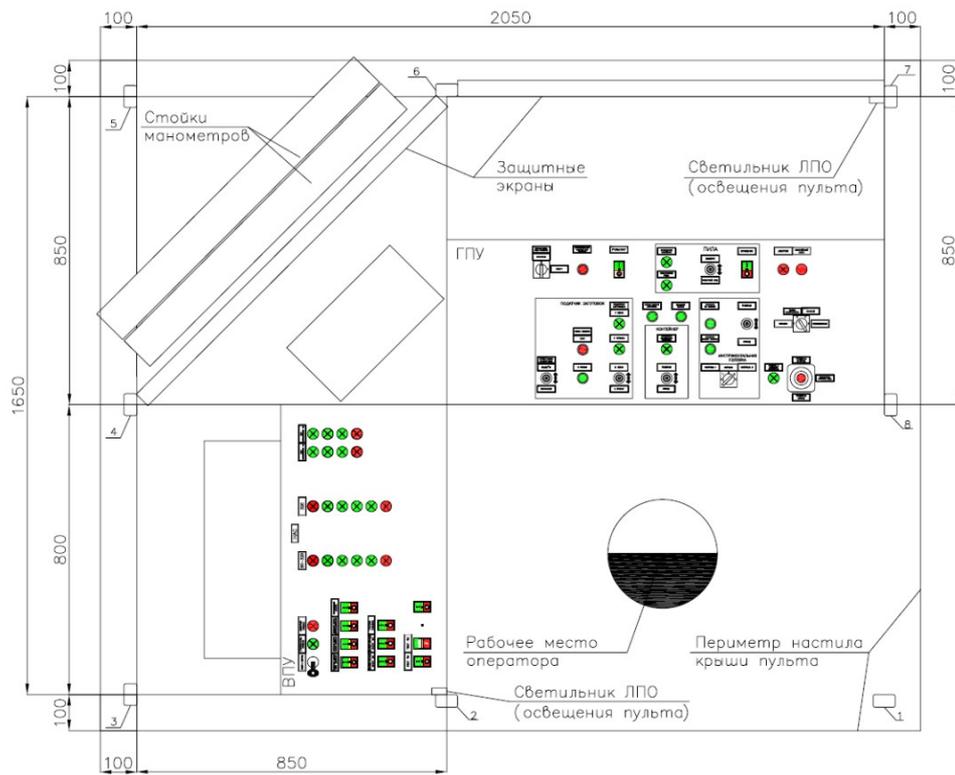
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм;

- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Все органы пульта управления размещены в области моторной досягаемости (рисунки 3.32, 3.33).

Режим труда и отдыха операторов, работающих с ЭВМ, должен быть следующим: через каждый час интенсивной работы необходимо устраивать 15 - минутный перерыв, при менее интенсивной через каждые 2 - часа. Эффективность регламентируемых перерывов повышается при их сочетании с производственной гимнастикой. Производственная гимнастика должна включать комплекс упражнений, направленных на восполнение дефицита двигательной активности, снятие напряжения мышц шеи, спины, снижение утомления зрения. Она проводится в течение 5 - 7 мин. 1 - 2 раза в смену.



Обозначения:

- 1,...,8 – Опорные стойки крыши пульта оператора (из стальной профильной прямоугольной трубы 60x30x3);
 ГПУ – Главный пульт управления прессом;
 ВПУ – Вспомогательный пульт управления прессом.

юху

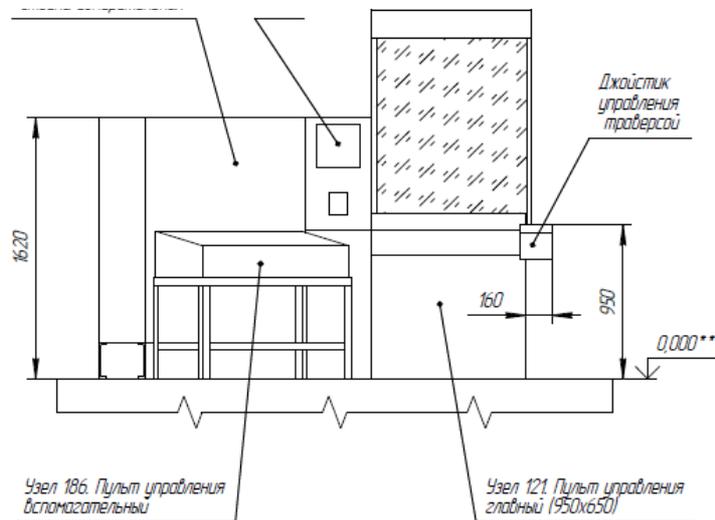


Рисунок 3.33– Пульт управления прессом. Вид в горизонтали

3.11 Анализ достоинств интерфейса пользователя

Система управления прессом реализована на панели SIEMENSSIMATICMP-377 12”Touch с сенсорным экраном с поддержкой 65536 цветов, что позволяет обойтись без мыши и клавиатуры.

Панель оператора линии предназначена для:
визуализации работы механизмов участка;
диагностики работы оборудования;
ввода и редактирования параметров системы;
управления механизмами линии в режиме НАЛАДКА.

Управление осуществляется нажатием на сенсорные клавиши. Навигация и переход между экранами осуществляется путем нажатия на соответствующую клавишу вызова экрана. Кнопки вызова экранов доступны из любого текущего экрана. Перемещения по экранам, редактирование полей ввода осуществляется аналогично тому, как это делается при работе с другими предложениями, созданными на базе ОС Windows.

На всех экранах интерфейса оператора сверху расположено всплывающее поле сообщений, в котором отображается текущее аварийное сообщение, требующее незамедлительного вмешательства оператора пресса.

Текущее сообщение исчезает только после устранения причин его возникновения или появления нового сообщения. Однако, при желании, содержание всех сообщений, а также дату и время их появления и исчезновения можно прочитать, открыв экран архива аварийных сообщений. Сообщения делятся на группы по степени важности:

-Аварийные сообщения, работа оборудования невозможна, требуется устранение причины

-Предупреждающие сообщения, носят информационный характер, оператор подтверждает квитированием то, что видел сообщение, и продолжает работу с оборудованием.

Типовой экран (Рисунок 3.34) представляет собой информационное поле ввода-вывода информации о работе пресса, либо его настройки.

Верх любого экрана представляет собой навигационное меню, и служит для перехода между экранами. Нажатием на сенсорную поверхность в месте, соответствующем желаемой клавише, мы можем осуществлять переход с экрана на экран.

«Главный экран» (выноска 1) используется большую часть времени во время прессования.

Экран «Насосная установка» (выноска 2) служит для отображения параметров НУ а также перехода на экран выбора насосов

Экран «Структурная схема» (выноска 3) условно показывает всю систему управления прессом.

Экран «Сообщения» (выноска 4) служит для просмотра текущих аварийных или предупреждающих сообщений.

Экран «Настройка пресса» (выноска 5) позволяет выбрать режим работы САУ.

Экран «Состояние клапанов» (выноска 6) позволяет проводить юстировку клапанов и просмотр необходимых параметров.

Экран «Электросхемы» (выноска 7) показывает состояние важных элементов электросистемы пресса, а также имеет переход на экран «Аналоговые датчики».

Экран «Графики» (выноска 8) предназначен для подробного отображения различных процессов в графической форме.

Поля отображения текущих значений параметров (выноски 9 и 10) выводят показания с датчиков. Частота опроса составляет 100 мс.

Область ввода цифровой информации (выноска 14 и 15) предназначена для заполнения требуемых полей ввода-вывода.

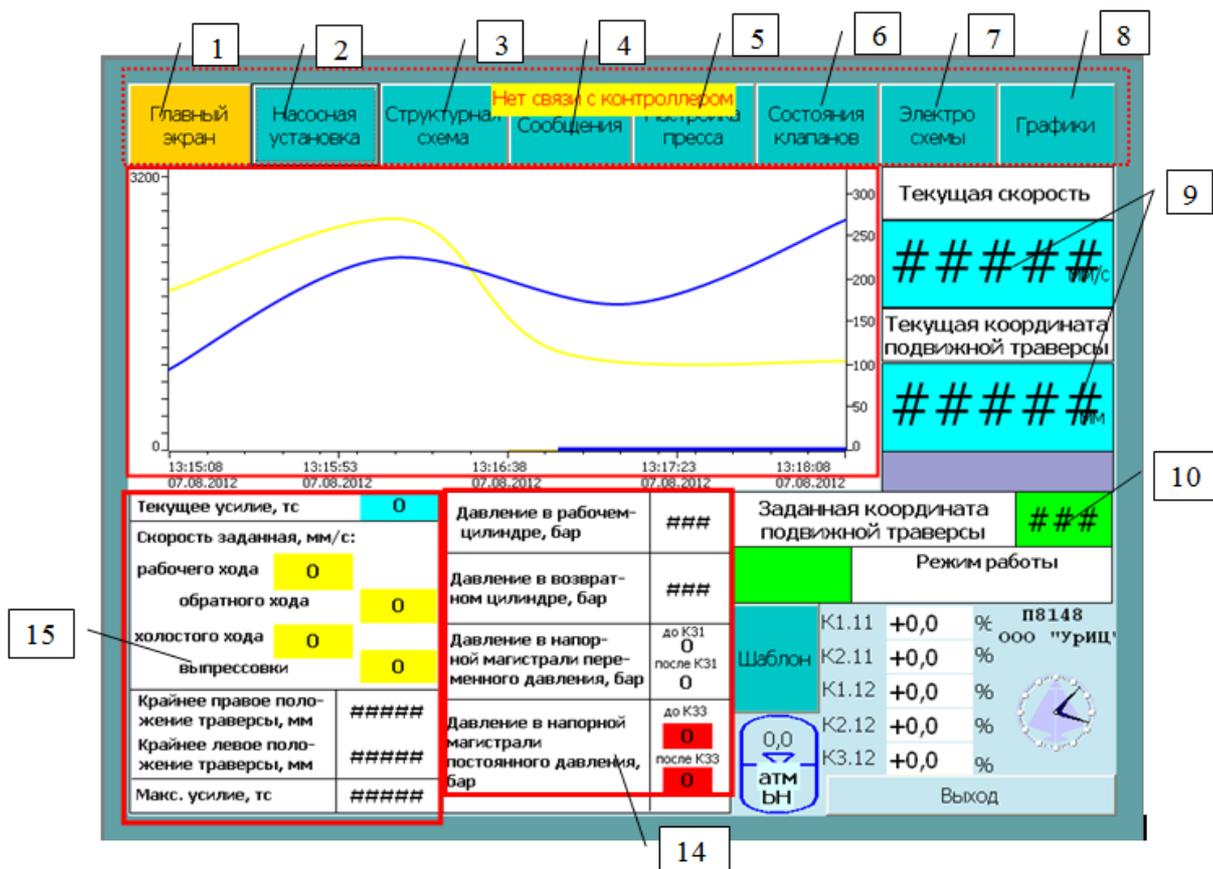


Рисунок 3.34 – Типовая структура экрана

Выводы по разделу три:

В разделе три выполнено описание среды разработки управляющей программы контроллера, сделан выбор языка программирования, рассмотрены режимы работы модернизированного оборудования, выполнена разработка программного обеспечения и разработка графического интерфейса операторской станции. Было уделено внимание эргономики рабочего места оператора.

На заключительном этапе раздела, для лучшей визуализации, взаимосвязи и последовательности работы элементов комплекса составлен алгоритм работы комплекса.

После выполнения раздела можно отметить о широком спектре возможностей использования данного оборудования.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Анализ потенциально опасных и вредных факторов

В выпускной квалификационной работе разрабатывается алгоритм работы подвижной траверсы горизонтального профильного прессы, который будет работать под управлением оператора.

Работа оператора характеризуется воздействием на него различных вредных потенциально опасных факторов при работе с ЭВМ.

К опасным факторам, воздействие которых на оператора в определённых условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья, можно отнести разрядные токи статического электричества, которые могут возникать в процессе работы с вычислительной техникой. Эти токи могут вывести из строя ЭВМ и даже стать причиной возгорания.

К вредным факторам, воздействие которых на оператора в определённых условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности, следует отнести:

уровень электромагнитных излучений при длительной работе с видеотерминалом ПЭВМ;

отсутствие или недостаток естественного света. При некачественном освещении возможно перенапряжение зрения;

шум;

прямая и отражённая блескость;

повышенная или пониженная влажность воздуха;

повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования;

монотонности труда оператора, из-за которой возможна статическая перегрузка, что влияет на костно-мышечную систему.

К мероприятиям, снижающим вредное воздействие приведенных выше факторов на человека, относят:

- Слабое освещение при любых видах работ приводит к напряжению глаз, что при длительном воздействии влечет ухудшение зрения. Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В случае работы с документами следует применять системы комбинированного освещения.

- Источником низкочастотного электромагнитного излучения является экран дисплея, тыльная и боковые его поверхности, корпус ПЭВМ, а так же питающие провода. Поэтому для защиты от этого вида излучений используются следующие рекомендации:

1) применяются наиболее современные видеоадаптеры с частотой обновления экрана более 75 Гц;

2) общее время работы с дисплеем не превышает 50 % всего рабочего времени оператора;

3) применяются мониторы, соответствующие требованиям ГОСТ 50948-96.

- Статическое электричество может накапливаться на металлических частях корпусов ПЭВМ, в частности, на корпусе системного блока, на экране монитора. Напряженность электростатического поля на расстоянии 0,5 м от любого устройства ПЭВМ не должна превышать 15кВ/м согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Разряд статического электричества возможен при прикосновении людей к токоведущим элементам ПЭВМ и приводит, как правило, только к болезненным уколам. Однако, разряд статического электричества, при определенных обстоятельствах, может привести к взрыву, пожару или выходу из строя устройств ПЭВМ. Защита от статического электричества достигается путём соединения защитного экрана монитора и металлического кожуха системного блока с защитным контуром зануления.

- Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

- При работе за дисплеем глаз считывает информацию с излучателя, имеющего высокую фоновую яркость при низкой контрастности объектов различения. При уменьшении яркости экрана контрастность существенно падает, поэтому для обеспечения оптимального контраста необходимо повышать яркость, что не только увеличивает интенсивность вредных излучений (в том числе в видимом диапазоне), но и утомляет глаз.

4.2 Расчет местного освещения на рабочем месте

Рабочее место оператора имеет следующие параметры:

- ширина стола, $b_c = 500$ мм;
- длина стола, $l_c = 1020$ мм;
- высота монитора, $h_n = 1300$ мм;
- высота стола $h_c = 700$ мм.

Для рабочего места оператора, обслуживающего оборудование на рабочем месте у компьютера используется комбинированное освещение.

Нормами для данных работ установлена необходимая освещенность рабочего места, согласно СНиП 25 – 05 – 95:

$$E_n = E_{нк} - E_{но}, \quad (4.1)$$

где $E_{нк} = 600$

$E_{но} = 200$.

Тогда

$$E_n = 600 - 200 = 400 \text{ лк.}$$

(средняя точность работы по различению деталей размером от 0,5 до 1 мм).

Для освещения рабочего места достаточно одной лампы. Для расчета освещения рабочего места применяем точечный метод.

$$E_n = \frac{\Phi \cdot \varepsilon}{1000 \cdot h^2}, \quad (4.2)$$

$$\Phi = \frac{1000 \cdot h^2 \cdot E_n}{\varepsilon},$$

где ε – относительная освещенность, 280 лк;

E_n – нормированная минимальная освещенность [11];

h – высота светильника над рабочей поверхностью, $h = h_n - h_c = 0,6$ м.

Тогда

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 0,6^2 \cdot 400}{280} = 514 \text{ лм.}$$

Для организации освещенности рабочего места выбираем лампу типа ЛД20, со световым потоком $\Phi = 920$ лм.

4.3 Мероприятия по защите при авариях с выбросом биологически опасных веществ

Значительную опасность для населения представляют биологические аварии, сопровождающиеся выбросом (вывозом, выпуском) в окружающую среду препаратов с патогенными биологическими агентами (бактерии, вирусы, риккетсии, грибы, микоплазмы, токсины и яды биологического происхождения).

На территории города Усть-Катава нет предприятий, деятельность которых связана с производством живых вакцин и хранилищ коллекционных патогенных биологических агентов, поэтому к основным причинам выбросов биологически опасных веществ следует отнести:

- аварии при транспортировке препаратов железнодорожным транспортом;
- аварии на объектах, находящихся на территории Челябинской области, связанные с попаданием биологических препаратов в реки Катав и Юрюзань;
- аварии на объектах захоронения биологически опасных веществ;
- попадание космических тел на территорию Челябинской области;
- военные действия с применением биологического оружия, теракты.

При выбросе в окружающую среду патогенных биологических агентов вызывают её биологическое заражение, что может повлечь за собой заражение и массовую заболеваемость населения.

Мероприятия по ликвидации очага биологического заражения проводятся в соответствии с планом противобактериологической защиты, разрабатываемым

специалистами санитарно-эпидемиологической службы совместно с соответствующими органами здравоохранения и отделами медицинской защиты органов управления ГОЧС.

Общее руководство, организацию и контроль за проведением мероприятий по локализации и ликвидации очага биологического заражения осуществляют санитарно-противоэпидемические комиссии при органе исполнительной власти города Усть-Катава.

Санитарно-противоэпидемическая комиссия является координационным органом, предназначенным для обеспечения согласованных действий органов исполнительной власти, предприятий, учреждений и организаций, независимо от их ведомственной принадлежности и организационно-правовой формы, в решении задач по предупреждению массовых заболеваний и отравлений населения и обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия. В состав комиссии входят специалисты санитарно-эпидемиологической службы, представители различных министерств и ведомств, заинтересованных организаций, предприятий и учреждений, соответствующих органов управления ГОЧС. Решения комиссий являются обязательными для исполнения всеми учреждениями и организациями, расположенными в зоне чрезвычайной ситуации, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. Деятельность санитарно-противоэпидемических комиссий осуществляется в тесном взаимодействии с комиссиями по чрезвычайным ситуациям.

При возникновении биологической аварии в помощь комиссии по чрезвычайным ситуациям создается противоэпидемический штаб, в состав которого входят представители аварийно-спасательных служб, а также специалисты санитарно-эпидемиологической службы и здравоохранения. Штаб определяет объем, очередность и продолжительность мероприятий по локализации и ликвидации очага биологического заражения. Руководство и контроль за выполнением мероприятий в зоне биологической аварии осуществляют специализированные группы: карантинная (обсервационная), противоэпидемическая, лечебная, лабораторная, дезинфекционная, эколого-паразитологическая, административно-хозяйственная.

В целях выявления и оценки санитарно-эпидемиологической и биологической обстановки в зоне биологической аварии организуется санитарно-эпидемиологическая и биологическая разведка. Санитарно-эпидемиологическая разведка проводится в целях выявления условий, влияющих на санитарно-эпидемиологическое состояние населения, и установления путей возможного заражения населения и распространения инфекционных заболеваний. Санитарно-эпидемиологическая разведка ведется санитарно-эпидемиологическими учреждениями Минздрава России, других министерств и ведомств и создаваемыми на их базе формированиями Всероссийской службы медицины катастроф (ВСМК) (группами эпидемиологической разведки).

Биологическая разведка проводится в целях своевременного обнаружения факта выброса (утечки) биологического агента, в т.ч. индикации и определения вида возбудителя. Биологическая разведка подразделяется на общую и

специальную. Общая биологическая разведка ведется силами постов радиационного и химического наблюдения, Всероссийского центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, разведывательными дозорами, частями и органами управления ГОЧС путем наблюдения и неспецифической индикации биологических средств (БС).

В целях локализации и ликвидации очага биологического заражения осуществляется комплекс режимных, изоляционно-ограничительных и медицинских мероприятий, которые могут выполняться в рамках режима карантина и обсервации.

Режим карантина вводится при установлении факта биологической аварии с выбросом в окружающую среду возбудителей особо опасных инфекций (чумы, холеры, натуральной оспы) или при появлении среди поражённого населения больных особо опасными инфекциями, или массовых заболеваний контагиозными инфекциями с их нарастанием в короткий срок. Карантин вводится приказом руководителя администрации города Усть-Катава по представлению соответствующей санитарно-противоэпидемической комиссии (СПК). При авариях с заражением территории возбудителями малоконтагиозных заболеваний карантин заменяется режимом обсервации, при котором строгие режимные мероприятия в зоне чрезвычайной ситуации не проводятся.

Обсервация – это комплекс изоляционно-ограничительных, противоэпидемических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на локализацию очага биологического заражения и ликвидации в нем инфекционных заболеваний. Основной задачей обсервации является своевременное обнаружение инфекционных заболеваний с целью принятия мер по их локализации.

При введении карантина предусматривается:

- оцепление и вооруженная охрана границ очага заражения в целях его изоляции от населения окружающих территорий;
- развертывание на основных транспортных магистралях контрольно-пропускных (КПП) и санитарно-контрольных пунктов (СКП) для контроля за въездом и выездом граждан из зоны карантина, ввозом продовольствия, медикаментов и предметов первой необходимости для населения;
- организация специальной комендантской службы в зоне карантина для обеспечения установленного порядка и режима организации питания, охраны источников водоснабжения, обсерваторов и др.;
- ограничение общения между отдельными группами населения;
- выявление, изоляция и госпитализация инфекционных больных;
- развертывание обсерваторов для здоровых лиц, нуждающихся в выезде за пределы зоны карантина;
- обеззараживание (дезинфекция) квартирных очагов, территории, транспорта, одежды, санитарная обработка людей;
- проведение общей экстренной и специфической профилактики лицам, находящимся в зоне заражения;

- обеспечение населения продуктами питания и промышленными товарами первой необходимости с соблюдением требований противоэпидемического режима;
- проведение санитарно-просветительной работы среди населения;
- контроль за проведением дезинфекционных мероприятий при захоронении трупов, а также проверку полноты сжигания и правильности закапывания опасных для здоровья населения материалов.

Для предупреждения возникновения и распространения инфекционных заболеваний в зоне биологического заражения проводятся мероприятия, направленные на выявление лиц с острыми, хроническими и затяжными формами инфекционных заболеваний и бессимптомных носителей инфекции.

Выявление источников инфекции достигается путем опроса населения, проведения медицинских осмотров и обследований лиц, работающих на объектах питания и водоснабжения.

Карантин и обсервация отменяются по истечении срока максимального инкубационного периода данного инфекционного заболевания с момента изоляции последнего больного, после проведения заключительной дезинфекции и санитарной обработки населения.

Выводы по разделу четыре:

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены вопросы касающиеся потенциально опасных и вредных факторов, рассчитано местное освещение рабочего места.

Рассмотрены мероприятия по защите при авариях с выбросом биологически опасных веществ.

5 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Конечной целью разработки организационно – экономического раздела является анализ оценки эффективности выпускной квалификационной работы с экономической точки зрения.

Для реализации конечной цели необходимо спланировать ход выполнения выпускной квалификационной работы и произвести расчет затрат, требуемых для выполнения работы.

Экономическая часть выпускной квалификационной работы включает в себя следующие разделы:

1. Сетевое планирование;
2. Расчет стоимости работы;
3. Формулировка экономической эффективности.
4. Сетевое планирование

5.1. Сетевое планирование

Методы сетевого проектирования и управления широко и успешно применяются для оптимизации планирования и управления сложными разветвленными комплексами работ, требующими участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов.

Сущность сетевого проектирования заключается в том, что планируемый процесс выполнения выпускной квалификационной работы изображается в виде сетевого графика, в котором увязывается весь комплекс действий для работы, при рассмотрении которого можно выделить наиболее важные моменты проектирования и сконцентрировать внимание на их выполнении.

Методы сетевого проектирования и управления обладают двумя неоспоримыми преимуществами по сравнению с остальными существующими методами:

1. логической последовательностью работ;
2. возможностью выявления критического пути;
3. маневрирование временем.

Принимая во внимание эти обстоятельства, в выпускной квалификационной работе при планировании работ использован сетевой метод.

Расчет ожидаемой продолжительности выполнения работ.

Ожидаемая продолжительность каждой работы определяется по формуле:

$$t_{\text{ож}} = 0,6 t_{\text{ij мин}} + 0,4 t_{\text{ij макс}}, \quad (5.1)$$

где $t_{\text{ij мин}}$ – минимальная продолжительность работы, определяемая наиболее благоприятными условиями;

$t_{\text{ij макс}}$ – максимальная продолжительность работы, определяемая наиболее неблагоприятными условиями.

Продолжительности $t_{\text{ij макс}}$ и $t_{\text{ij мин}}$ – задаются дипломным руководителем.

Среднеквадратическое отклонение δ_{ij} продолжительности рассчитывается по формуле:

$$\delta_{ij} = 0,2 (t_{ij \text{ макс}} - t_{ij \text{ мин}}). \quad (5.2)$$

Дисперсия находится по формуле:

$$D_{ij} = \delta_{ij}^2 = 0,04 (t_{ij \text{ макс}} - t_{ij \text{ мин}})^2 \quad (5.3)$$

Рассчитанные значения заносятся в таблицу 5.1 по возрастанию кодов работ.

Ранний срок свершения исходного (нулевого) события сетевого графика принимается равным нулю. Ранний срок свершения события T_{pi} – это время, раньше которого событие свершиться не может. Ранний срок свершения события рассчитывается с помощью суммирования времени ожидания текущего события и раннего срока свершения предыдущего события.

Если в событие входят 2 или более работы, то ранний срок свершения текущего события принимается равным максимальной сумме из двух сравниваемых сумм.

Рассчитанный таким способом ранний срок свершения завершающего события всего сетевого графика принимается в качестве его же позднего срока свершения. Это означает, что завершающее событие сетевого графика никаким резервом времени не располагает.

Поздний срок свершения события T_{pi} – это время, срыв которого приводит к срыву завершающего события.

Поздний срок свершения данного промежуточного события T_{pi} рассчитывается вычитанием времени ожидания текущего события от максимальной продолжительности пути. Поздний срок свершения текущего события определяется при просмотре сетевого графика в обратном направлении. Если из события выходят 2 или более работы, то за поздний срок свершения события T_{pi} принимается минимальная из сравниваемых разностей. Правильность расчета поздних сроков свершения событий сетевого графика подтверждается получением нулевого позднего срока свершения исходного события [14].

Таблица 5.1 - Перечень, параметры и вероятностные характеристики работ СГ

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чел			Среднеквадратическое	Дисперсия, дн
		минимальная	максимальная	ожидаемая	руководитель	инженер	программист		
1	Процесс формирования и обсуждения темы работы	3	2	7	1	1	0	1,8	3,24

	с руководителем								
1,2	Утверждение темы работы	2	4	3	1	1	0	0,4	0,16
2,3	Подбор литературы по теме работы	7	4	0	1	1	0	1,4	1,96
2,4	Подбор литературы по экономической части работы	2	4	3	1	0	0	0,4	0,16
2,5	Подбор литературы по части БЖД работы	2	6	4	1	0	0	0,8	0,64
3,6	Анализ литературы по теме работы	5	0	7	1	0	0	1	1
3,7	Изучение основных алгоритмов программирования в Step 7	10	20	4	1	0	1	2	4
4,8	Разработка сетевого графика	5	0	7	1	0	0	1	1
5,11	Разработка части БЖД работы	10	20	4	1	0	0	2	4
6,7	Анализ основополагающих принципов работы подвижной траверсы горизонтального профильного прессы	3	7	5	1	1	1	0,8	0,64
7,12	Разработка алгоритма управления траверсой в программной среде Step 7	25	32	28	1	1	1	1,4	1,96
8,9	Анализ затрат	5	0	7	1	1	0	1	1
9,10	Анализ эффективности	3	5	4	1	1	0	0,4	0,16
10,13	Оформление и сдача организационно-экономического раздела	5	10	7	1	0	0	1	1

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чел			еское отклонение, дн	Дисперсия, дн
		минимальная	максимальная	ожидаемая	руководитель	инженер	программист		
11,13	Оформление и сдача части БЖД	5	0	7	1	0	0	1	1
12,13	Описание программного обеспечения	5	0	7	1	0	0	1	1
12,14	Оформление и сдача ПЗ ВКР	15	27	0	1	0	0	2,4	5,76
13,14	Оформление графической части работы	7	4	0	1	0	0	1,4	1,96
14,15	Рецензирование ВКР	1	5	3	1	1	1	0,8	0,64
15,16	Защита ВКР	1	1	1	1	0	0	0	0

Резерв времени образуется у тех событий, для которых поздний срок свершения больше раннего, и он равен их разности. Если же эти сроки равны, событие резервом времени не располагает и, следовательно, лежит на критическом пути.

Результаты расчета сводятся в таблицу 5.2 и изображаются на сетевом графике (рисунок 5.1).

Таблица 5.2 – Параметры событий сетевого графика

Номер события	Сроки свершения, дн.		Резерв времени, дн.
	ранний	поздний	
0	0	0	0
1	7	7	0
2	10	10	0
3	20	20	0
4	13	17	4
5	14	19	5
6	27	29	2
7	34	34	0
8	24	38	14
9	42	52	10
10	55	62	7

Окончание таблицы 5.2

Номер события	Сроки свершения, дн.		Резерв времени, дн.
	ранний	поздний	
11	33	62	29
12	62	62	0
13	69	72	3
14	82	82	0
15	85	85	0
16	86	86	0

Таким образом, критический путь проходит через события 0, 1, 2, 3, 7, 12, 14, 15, 16.

Расчет параметров работ сетевого графика.

Ранний срок начала работы $T_{рнij}$ – это время, раньше которого работу начать не возможно.

Ранний срок начала работы $T_{рнij}$ совпадает с ранним сроком свершения ее начального события:

$$T_{рнij} = T_{pi}. \quad (5.4)$$

Поздний срок начала работы $T_{пнij}$ – это наиболее позднее время работы, которое не увеличивает продолжительности критического пути.

Поздний срок начала работы $T_{пнij}$ можно получить, если из позднего срока свершения ее конечного события вычесть ее ожидаемую продолжительность:

$$T_{пнij} = T_{пj} - t_{ij}. \quad (5.5)$$

Ранний срок окончания работы $T_{роij}$ – наиболее ранний срок из возможного времени окончания работы.

Ранний срок окончания работы $T_{роij}$ образуется прибавлением ее продолжительности к раннему сроку свершения ее начального события:

$$T_{роij} = T_{pi} + t_{ij}. \quad (5.6)$$

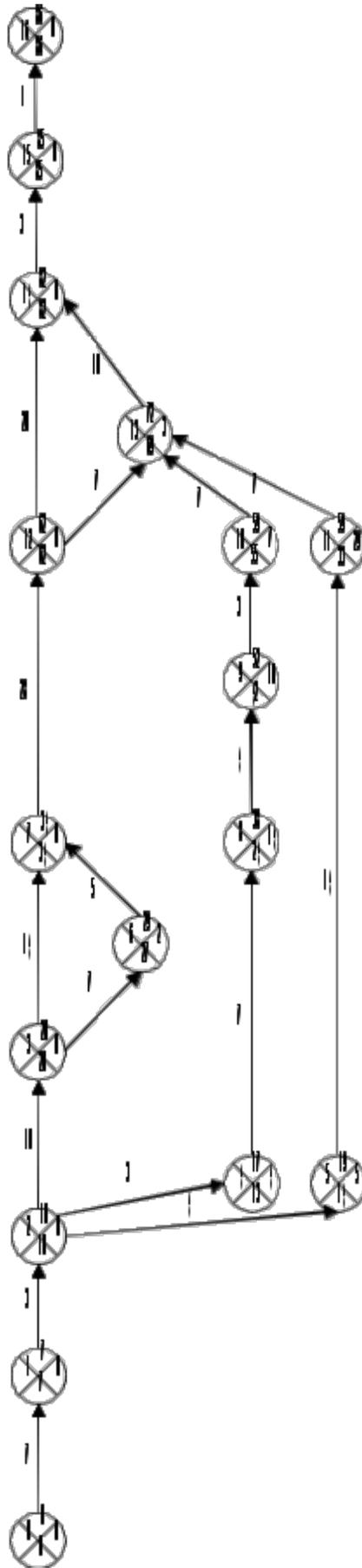


Рисунок 5.1 – Сетевой график

Поздний срок окончания работы $T_{\text{поij}}$ – это наиболее позднее время окончания работы, которое не увеличивает критического пути.

Поздний срок окончания работы $T_{\text{поij}}$ совпадает с поздним сроком свершения ее конечного события:

$$T_{\text{поij}} = T_{\text{пj}}. \quad (5.7)$$

Для всех работ критического пути, как не имеющих резервов времени, ранний срок начала совпадает с поздним сроком начала, а ранний срок окончания – с поздним сроком окончания.

Работы, не лежащие на критическом пути, обладают резервами времени. Наличие резервов времени позволяет отсрочить начало выполнения работ или выполнить их в заниженном темпе.

Полный резерв времени $R_{\text{пij}}$ - время, на которое может быть отсрочено начало работы. Если работа обладает полным резервом времени, это означает, что она растянута во времени.

Полный резерв времени работы $R_{\text{пij}}$ образуется вычитанием из позднего срока свершения ее конечного события раннего срока свершения начального события и ее ожидаемой продолжительности:

$$R_{\text{пij}} = T_{\text{пj}} - T_{\text{pi}} - t_{\text{ij}}. \quad (5.8)$$

Частный резерв первого рода $R^1_{\text{пij}}$ – резерв времени, которым обладает данная работа при условии, что непосредственно предшествующая ей работа завершится в поздний ее срок окончания.

Частный резерв времени первого рода $R^1_{\text{пij}}$ равен разности поздних сроков свершения ее конечного и начального событий за вычетом ее ожидаемой продолжительности:

$$R^1_{\text{пij}} = T_{\text{пj}} - T_{\text{pi}} - t_{\text{ij}}. \quad (5.9)$$

Частный резерв второго рода $R^2_{\text{пij}}$ – резерв времени, которым обладает данная работа при условии, что непосредственно за ней находящаяся работа начнется в ранний срок ее начала.

Частный резерв времени второго рода $R^2_{\text{пij}}$ равен разности ранних сроков свершения ее конечного и начального событий за вычетом ее ожидаемой продолжительности:

$$R^2_{\text{пij}} = T_{\text{pj}} - T_{\text{pi}} - t_{\text{ij}}. \quad (5.10)$$

Свободный резерв R_{cij} – часть полного резерва, с помощью которого можно увеличить продолжительность работы без изменения резерва времени других работ.

Свободный (независимый) резерв времени работы R_{cij} образуется вычитанием из раннего срока свершения ее конечного события позднего срока свершения ее начального события и ее ожидаемой продолжительности.

Свободный резерв времени может быть отрицательным:

$$R_{\text{cij}} = T_{\text{pj}} - T_{\text{pi}} - t_{\text{ij}}. \quad (5.11)$$

Таблица 5.3 – Параметры работ сетевого графика

Код работы	Ожидаемая длительность, дн.	Сроки начала, дн.		Сроки окончания, дн.		Резервы времени, дн.				Коэффициент напряженности
		ранний	поздний	ранний	поздний	полный	1 родачастный	2 родачастный	свободный	
0,1	7	0	0	7	7	0	0	0	0	1
1,2	3	7	7	10	10	0	0	0	0	1
2,3	10	10	10	20	20	0	0	0	0	1
2,4	3	10	14	13	17	4	4	0	0	0,472
2,5	4	10	15	14	19	5	5	0	0	0,389
3,6	7	20	22	27	29	2	2	0	0	0,857
3,7	14	20	20	34	34	0	0	0	0	1
4,8	7	13	31	20	38	18	14	4	0	0,472
5,11	14	14	48	28	62	34	29	5	0	0,389
6,7	5	27	29	32	34	2	2	2	2	0,857
7,12	28	34	34	62	62	0	0	0	0	1
8,9	4	24	48	28	52	24	10	14	0	0,472
9,10	3	42	56	45	59	14	4	10	0	0,472
10,13	7	55	65	62	72	10	3	7	0	0,472
11,13	7	33	65	40	72	32	3	29	0	0,389
12,13	7	62	65	69	72	3	3	0	0	0,85
12,14	20	62	62	82	82	0	0	0	0	1
13,14	10	69	72	79	82	3	0	3	0	0,85
14,15	3	82	82	85	85	0	0	0	0	1
15,16	1	85	85	86	86	0	0	0	0	1

Работы, лежащие на критическом пути, имеют коэффициент напряженности K_{nij} равный единице. Если работа не лежит на критическом пути ее коэффициент напряженности будет меньше единицы.

Величина коэффициента напряженности K_{nij} подсчитывается как отношение суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путем, к сумме

продолжительностей отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путем, проходящим через эту работу [14].

В зависимости от коэффициента напряженности все работы попадают в одну из трех зон напряженности:

- 1) критическую ($K_{nij} > 0,8$);
- 2) промежуточную ($0,5 \leq K_{nij} \leq 0,8$);
- 3) резервную ($K_{nij} < 0,5$).

Результаты расчета сведены в таблицу 5.3, из которой видно, что количество критических работ – 12, резервных – 8.

Правильность расчета резервов времени работы можно проверить по следующим соотношениям:

1. Сумма полного и свободного резерва работы равна сумме двух частных ее резервов;

2. Поздний и ранний сроки начала работы, а также поздний и ранний сроки ее окончания всегда отличаются на величину ее полного резерва.

Из таблицы 5.3 видно, что соотношения выполняются, следовательно, расчет резервов времени произведен правильно.

Рассчитаем параметры сетевого графика в целом.

Количество событий в сетевом графике, включая исходное: $n_c = 17$.

Количество работ в сетевом графике: $n_p = 20$.

Коэффициент сложности сетевого графика, равный отношению количества работ к количеству событий в сетевом графике: $k_c = n_p / n_c = 20 / 17 = 1,17$.

Директивный срок: $T_d = 88$ дн.

Критический путь $L_{кр}$ в сетевом графике, проходящий через события и работы, не обладающие резервами времени, имеет максимальную продолжительность, равную сроку свершения завершающего события: $t_{кр} = 86$ дн.

Среднеквадратическое отклонение продолжительности критического пути:

$$\delta_{ткр} = \sqrt{\sum_{i \in L_{кр}} D_{ткр,i}}, \quad (5.12)$$

где $D_{ткр}$ – дисперсия срока наступления завершающего события, равная сумме дисперсий работ критического пути.

Среднеквадратическое отклонение продолжительности критического пути

$\delta_{ткр} = 4,2$ дн.

Вероятность свершения завершающего события в директивный срок:

$$p = (T_d - t_{кр}) / \delta_{ткр}. \quad (5.13)$$

Вероятность свершения завершающего события в директивный срок

$p = 0,475$.

Расчет ожидаемой продолжительности выполнения работ был произведен для определения параметров событий сетевого графика, на основании которых были рассчитаны параметры работ сетевого графика. Так же были определены параметры сетевого графика в целом. Этот расчет дает вероятность свершения завершающего события в директивный срок $p = 0,475$, которая укладывается в рамки $[0,35; 0,65]$, перепланировка сетевого графика не нужна. Полученный в результате расчетов график, будет в дальнейшем реализован.

Таблица 5.4 – Параметры сетевого графика в целом

Наименование показателя	Величина
Директивный срок ($T_{дир}$), дн.	88
Критический срок ($T_{кр}$), дн.	86
Отношение директивного срока к критическому	1,023
Дисперсия срока наступления завершающего события ($D_{ткр}$)	17,72
Среднеквадратическое отклонение ($\delta_{кр}$), дн.	4,2
Вероятность свершения (P), %	47,5

5.2 Расчет себестоимости

Себестоимость продукции – выраженные в денежной форме затраты на ее производство и реализацию.

Целью планирования себестоимости проведения НИР является экономически обоснованное определение величины затрат на ее выполнение. В плановую себестоимость НИР включаются все источники их финансирования.

Производственные затраты на проведение работ рассчитываются по следующим статьям:

1. Материалы;
2. Специальное оборудование;
3. Основная заработная плата;
4. Дополнительные расходы на оплату труда (оплата очередных и дополнительных отпусков, оплаты льготных часов подростков, выплата вознаграждений за выслугу лет);
5. Отчисления на социальное страхование;
6. Командировочные расходы;
7. Контрагентские расходы (услуги сторонних организаций);
8. Фонды экономического стимулирования;
9. Прочие прямые расходы;
10. Накладные расходы.

Пункты 2, 4, 6 затрат исключены из рассмотрения по причине отсутствия данных затрат при выполнении данной работы.

Рассмотрим каждую из оставшихся статей затрат подробнее.

1) Материалы – затраты на сырье и основные материалы, покупаемые изделия, вспомогательные материалы необходимые для выполнения конкретных работ.

Перечень необходимых для выполнения работы материалов и их стоимость приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Затраты на материалы

Наименование материала	Цена за единицу, руб.	Количество	Стоимость, руб.
Бумага	147,17*	1 пачка	147,17
Набор шариковых ручек, 4 шт.	16*	1 упаковка	16
Карандаш	2,3*	2 шт.	4,6
Итого			167,77

*Стоимость бумаги, карандаша, и ручек взяты из прайс-листа компании «КанцБюро».

2) Спецоборудование – затраты связанные с изготовлением или приобретением специальных приспособлений, инструментов и оборудования, необходимых для выполнения конкретной темы.

На время выпускной квалификационной работы затраты по этой статье не были предусмотрены.

3) Расходы на оплату труда (основная заработная плата) – выплаты по заработной плате, исчисленные из тарифных ставок и должностных окладов.

Прямую заработную плату (ПЗП) можно рассчитать, разделив месячный должностной оклад на среднее число рабочих дней в месяце, установленное в законодательном порядке (22 дня), и умножив на количество дней, в которые занят специалист (трудоемкость).

Основная заработная плата (ОЗП) рассчитывается суммированием прямой заработной платы и уральского коэффициента (составляет 15% от ПЗП).

Результаты расчетов приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Основная заработная плата

Категория исполнителя	Месячный оклад, руб.	Трудоём- кость, чел. день	Прямая заработная плата, руб.	Уральский коэффи- циент	Основная заработная плата, руб.
Руководитель	5300	86	20718,18	3107,727	23825,91
Инженер	10000	40	18181,82	2727,273	20909,09
Программист	9000	40	16363,64	2454,545	18818,18
Итого					63553,18

4) Дополнительные расходы на оплату труда (дополнительная заработная плата) – оплата очередных и дополнительных отпусков, компенсация на неиспользованный отпуск и так далее.

Дополнительная заработная плата не предусмотрена, затраты связанные с этой статьей равны нулю.

5) Отчисления на социальные нужды.

Согласно статье 241 “Налогового кодекса РФ” о ставках налога единый социальный налог составляет (ЕСН) 30% от общей суммы основной заработной

платы. Таким образом, затраты на отчисления на социальные нужды составляют 16523,83 руб.

6) Командировочные расходы – затраты связанные с расходами на командировки. Затраты по этой статье не предусмотрены.

7) Контрагентские расходы – затраты обосновываются расчетом стоимости работ сторонних организаций.

Затраты на распечатывание 10 демонстрационных листов (при стоимости 40 руб./лист с учетом стоимости бумаги) составили 400 руб.

Затраты на заправку печатного картриджа составили 270 руб.

Таким образом, затраты по этой статье расходов составили 670 руб.

8) Накладные расходы.

При разработке выпускной квалификационной работы, протяжённость которой составляет 86 дней, использовались компьютер и многофункциональное устройство МФУ для печати, сканирования и копирования технической информации.

Амортизационные отчисления на оборудование определяется как произведение его первоначальной стоимости и нормы амортизации, определенной для данного объекта (величина, обратная сроку полезного использования).

Срок полезного использования компьютера и МФУ составляет 5 лет. Компьютер использовался 86 дней, МФУ – 22 дня.

Таким образом, амортизация компьютера и МФУ составит

$$\frac{17000 \cdot 2}{365} + \frac{7000 \cdot 2}{365} = 885,5 \text{ рублей.}$$

Затраты на электроэнергию, потребляемую компьютером мощностью 0,45 кВт за 378 часов работы и МФУ мощностью 0,3 кВт за 3 часа работы, по тарифу 1,46 руб./кВт*ч составили 249,66 руб.

Всего накладных расходов: 1805,1 рублей.

9) Прочие прямые расходы – затраты, связанные с размножением технической документации, затраты на услуги транспорта и т.д.

Затраты на транспорт составили 1962 руб. (дорога до предприятия и обратно и до университета и обратно за период дипломного проектирования).

10) Себестоимость.

Себестоимость работ складывается из суммы статей затрат 1–9 (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Себестоимость написания выпускной квалификационной работы

№	Наименование статьи затрат	Сумма, руб.
1	Материалы	167,77
2	Спецоборудование	–
3	Расходы на оплату труда	63553,18
4	Дополнительные расходы на оплату труда	–
5	Отчисления на социальные нужды	16523,83
6	Накладные расходы	1805,1

Окончание таблицы 5.7

№	Наименование статьи затрат	Сумма, руб.
7	Контрагентские расходы	670
8	Командировочные расходы	–
9	Прочие прямые расходы	1962
10	Себестоимость	82719,92

5.3 Экономический эффект

Разработанный в выпускной квалификационной работе программный комплекс системы управления подвижной траверсы горизонтального профильного прессы усилием 6300 тс модели K25-018, используемого для получения профильных заготовок из исходных цилиндрических заготовок, позволяет управлять скоростью движения траверсы и синхронизировать работу на пульте оператора.

Модернизация системы позволит повысить надежность и долговечность работы прессы, расширить возможности управления прессом, организовать ведение протокола работы прессы с помощью компьютера, улучшить условия труда оператора прессы и обслуживающего персонала, что в конечном итоге должно способствовать повышению производительности прессы, качества продукции, производимой на прессе, и сокращению простоев прессы, связанных с ремонтами.

В организационно-экономической части составлен сетевой график работ, рассчитаны параметры работ, событий и сетевого графика. Максимальная продолжительность критического пути сетевого графика составляет 86 дней, что меньше директивного срока.

Выводы по разделу пять:

В данном разделе были выполнены экономические расчеты с использованием метода сетевого планирования. Проведенные расчеты наглядно показывают экономический эффект от комплекса проведенной модернизации подтвержденный расчетами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выпускной квалификационной работы была проделана работа по модернизации автоматизированной системы управления подвижной траверсы гидропрессового комплекса усилием 6300 тс модели K25.018. В результате чего, расширились возможности управления прессом за счет того, что теперь система может работать нескольких режимах, в том числе двух диагностических. Уменьшилось время на поиск и выявление ошибок, возникающих во время работы пресса. Снизилась трудоемкость работ обслуживающего персонала.

В техническом разделе рассмотрена структура всей системы, описаны алгоритм функционирования, разработка программного обеспечения промышленного контроллера. В работе решены задачи управления пропорциональными клапанами с помощью контроллера, отслеживания положений управляющих органов клапанов, отслеживания аварийных ситуаций, возникающих при работе пресса, и регулирования скорости прессования.

В организационно-экономическом разделе составлен сетевой график работ, определены затраты на проведение научно-исследовательской разработки.

Разработаны мероприятия по безопасности жизнедеятельности оператора ЭВМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковальчук, Е.Р. Основы автоматизации машинного производства / Е.Р. Ковальчук, М.Б. Косов, В.Г. Митрофанов. – М.: Высш. шк., 2001. – 321 с.
2. Капустин, Н.М. Автоматизация машиностроения/ Н.М. Капустин. – М.: Высш. шк., 2003. – 223с.
3. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Пор общ. ред. Л. И. Рудмана. - М.: Машиностроение, 1988. - 496с.
4. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке/В.П. Романовский - 6-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение., 1979. - 520 с.
5. Белоусов, А.П. Автоматизация процессов в машиностроении/ А.П. Белоусов, А.И. Дашенко П.М. Полянский. – М.: Высш. шк., 1993. – 215с.
6. Владзиевский, А.П. Основы автоматизации производства в машиностроении/ А.П. Владзиевский, А.П. Белоусов. – М.: Высшая школа, 1974. – 352с.
7. Белоусов, А.П. Основы автоматизации производства в машиностроении/ А.П. Белоусов, А.И. Дашенко. – М.: Высшая школа, 1982. – 351с.
8. Матвеев, В.В. Проектирование экономичных технологических процессов в машиностроении / В.В. Матвеев, Ф.И. Бойков, Ю.Н. Свиридов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1979. – 111 с
9. Анурьев, В.И. Справочник конструктора - машиностроителя : В 3 т. Т. 1. -8-е изд., перераб. и доп. / под ред. И. Н. Жестковой. - М. : Машиностроение, 2001.– 920 с.
10. Роден, Г.М. Механизация и автоматизация листовой штамповки в автомобилестроении / Г. М. Роден – М.: Машиностроение, 1983. – 327 с.
11. Живов, Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. Ротационные машины. Импульсные штамповочные устройства/ Л.И. Живов, А.Г. Овчинников – М: Высшая Школа, 1972. –574 с.
12. Охрименко, Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства/ Я.М. Охрименко - Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. И доп. М.: Машиностроение, 1976. – 348с.
13. Банкетов, А.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов/А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров, Н. С. Добринский и др.; Под ред. А. Н. Банкетова, Е. Н. Ланского. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 576 с.
14. Норицин, В. А. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки/ В.А. Норицин, В.И. Власов – М.: Машиностроение, 1967. – 388 с.
15. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С. В. Белова. 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая Школа, 2005. – 606 с.