





*Лист 2: Блоки и диалоговые окна имитационной модели;*

*Лист 3: Алгоритм работы программы управления;*

*Лист 4: Алгоритм работы программы управления технологическими операциями слива с ж/д и налива в а/ц;*

*Лист 5: Алгоритм работы программы управления технологическими операциями перелива между резервуарами;*

*Лист 6 Мнемосхемы SCADA-системы;*

*Лист 7 Окна управления и архивы SCADA-системы;*

*Лист 8: Аварии в SCADA-систем.*

6. Дата выдачи задания

Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалев Андрей

Николаевич, доцент, канд. тех. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 10 марта 2020 года



(подпись студента)

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 127 страниц, 129 рисунков, 5 таблиц, 4 приложения, 10 источников.

ПЛК, ДИСПЕЧЕРИЗАЦИЯ, ПО, ПК, SIMATIC STEP-7, БИБЛИОТЕКИ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ, АЛГОРИТМЫ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, МОДЕЛЬ, MATLAB, SIMULINK.

Целью выпускной квалификационной работы является продолжение автоматизации склада хранения светлых нефтепродуктов и будет включать в себя разработку программного комплекса АСУ склада хранения светлых нефтепродуктов для обеспечения оперативного контроля и управления технологическими процессами приема, хранения и отгрузки светлых нефтепродуктов.

В программный комплекс АСУ ТП склада хранения светлых нефтепродуктов войдут:

1) Имитационная модель, с достаточной точностью, описывающей автоматизированную систему, выполненную в Matlab Simulink и предназначенная для проведения экспериментов, отработку алгоритмов управления и тестирования ПО.

2) SCADA-система, предназначенная для визуализации технологического процесса и оперативного управления, разработанная в ПО WinCC.

3) Программа управления ПЛК SIMATIC S7-300, разработанная в ПО SIMATIC S7-STEP.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Имитационная модель автоматизированной системы склада хранения светлых нефтепродуктов	10
1.1 Общая структура модели	10
1.1.1 Блок «ж/д эстакада»	11
1.1.2 Блок «насосная»	12
1.1.3 Блок «резервуарный парк хранения светлых нефтепродуктов»	14
1.1.4 Блок «площадка налива в а/ц»	15
1.2 Межпрограммный обмен модели	15
1.3 Описание блоков	22
1.3.1 Solver Configuration	22
1.3.2 Hydraulic Fluid	25
1.3.3 Hydraulic Resistive Tube	27
1.3.4 Ж/д цистерна	30
1.3.5 Дренажная емкость	32
1.3.6 Сигнализатор загазованности	34
1.3.7 РВС-1000	35
1.3.8 Модуль связи	37
1.3.9 Сигнализатор низкого уровня	41
1.3.10 АСН10-ВГ	42
1.3.11 Сигнализатор уровня	44
1.3.12 Манометр сигнализирующий	45
1.3.13 Датчик давления	46
1.3.14 Задвижка клиновая с электроприводом	48
1.3.15 Преобразователь частоты	56
1.3.16 Насос	62
2 Программа управления	68
2.1 Структура проекта в SIMATIC Manager	68
2.2 Главная программа управления	71
2.3 Аварии	76
2.4 Блокировки технологических операций	77

2.5 Программа управления технологической операцией «Слив ДТ с ж/д цистерны»	78
2.6 Программа управления технологической операцией «Налив ДТ в авто цистерну»	79
2.7 Программа управления технологическими операциями переливов между резервуарами	80
3 SCADA-система	81
3.1 Системы отображения	82
3.1.1 Функции системы визуализации	82
3.1.2 Общие принципы построения	82
3.1.3 Общие принципы построения	83
3.1.3 Графические окна	84
3.2 Работа с программным комплексом	84
3.2.1 Регистрация в системе	84
3.2.2 Права пользователя	85
3.2.3 Область обзора	86
3.2.4 Архив	87
3.2.5 Меню управления технологическими операциями	89
3.2.6 Окно управления операцией «слив ДТ с ж/д цистерн»	90
3.2.7 Окно управления операцией «налив ДТ в а/ц»	91
3.2.8 Окно управления операцией перелив из резервуара 1 в резервуар 2	93
3.2.9 Область сообщений	95
3.2.10 Дискретные параметры	96
3.2.11 Задвижки	97
3.2.12 Насосы	99
3.3 Мнемосхемы	101
3.4 Аварии на мнемосхемах	103
Заключение	106
Библиографический список	108
Приложения А	110
Приложения Б	125
Приложение С	126

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ДТ – дизельное топлива;

АСУ – автоматизированная система управления;

ПО – программное обеспечение;

ЦВК – цифровой вычислительный комплекс

ЦВУ – цифровая вычислительная машина.

## ВВЕДЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе продолжается разработка автоматизированной системы склада хранения светлых нефтепродуктов.

Шепелев К.О. в своем ВКР разработал функциональные схемы объектов с применением средств автоматизации, а также произвел подбор этих средств система автоматизации склада хранения светлых нефтепродуктов, в соответствии с предъявляемыми требованиями безопасности и в соответствии с существующими стандартами для сливной площадки железнодорожной эстакады, резервуарного парка хранения светлых нефтепродуктов, насосной станции, площадки налива в автоцистерны. Кроме того, для каждой из систем предусмотрел различные защиты, такие, как: защита от загазованности, защита от перелива и т.д.

В данной же работе основной целью является разработка программной составляющей, т. е. программы управления для ПЛК S7-300 и SCADA-системы.

Разработка и отладка программы управления для ПЛК SIMATIC S-300, осуществлялась в ПО Siemens SIMATIC STEP7, а разработка SCADA-системы в Siemens WinCC.

Выбор данных программ обусловлен опытом их применения в нефтегазовой сфере и зарекомендованной ими надёжности.

Так же для полноценного тестирования разрабатываемых программ управления необходима замена технологического процесса (объекта автоматизации) его адекватной моделью. MATLAB Simulink является мощным инструментом для исследования и моделирования сложных динамических систем, следовательно, с его помощью можно имитировать реальный процесс либо производство.

Имитационная модель автоматизированной системы склада хранения светлых нефтепродуктов, созданная в MATLAB Simulink позволит проработать и исследовать различные рабочие и аварийные режимы, произвести отладку программ управления, протестировать SCADA-систему.

Разработка имитационной модели, как разработка программы управления и SCADA-системы осуществлялась только для участка транспортировки, хранения ДТ (рисунок 1). Данное решение принято в связи с высокой ресурсоемкостью Simulink и идентичностью технологического процесса с участком транспортировки, хранения бензина.

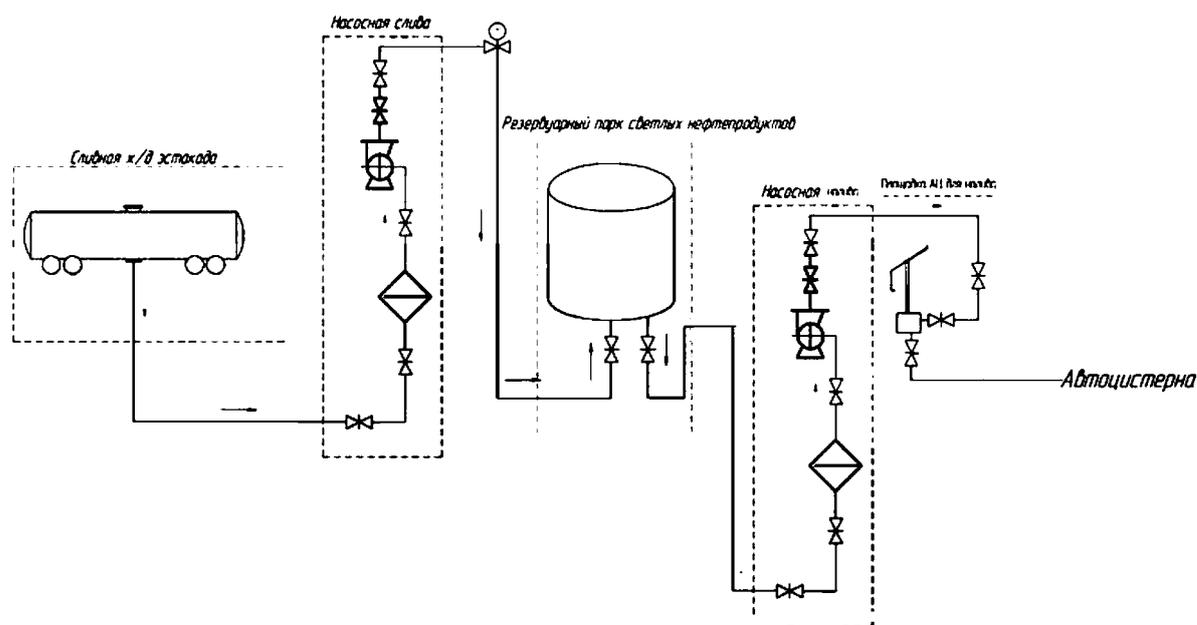


Рисунок 1 – Структурная схема участка транспортировки, хранения ДТ

# 1 ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СКЛАДА ХРАНЕНИЯ СВЕТЛЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

## 1.1 Общая структура модели

Общая структура модели представляет собой совокупность подсистем, оформленных в виде отдельных блоков. Кроме того, подсистемы включают в себя подсистемы (рисунок 2).

Для каждого блока создана маска (Mask Editor), которая скрывает содержимое блока, заставляя ее появиться пользователю как атомарный блок с его собственным значком и диалоговым окном параметра.

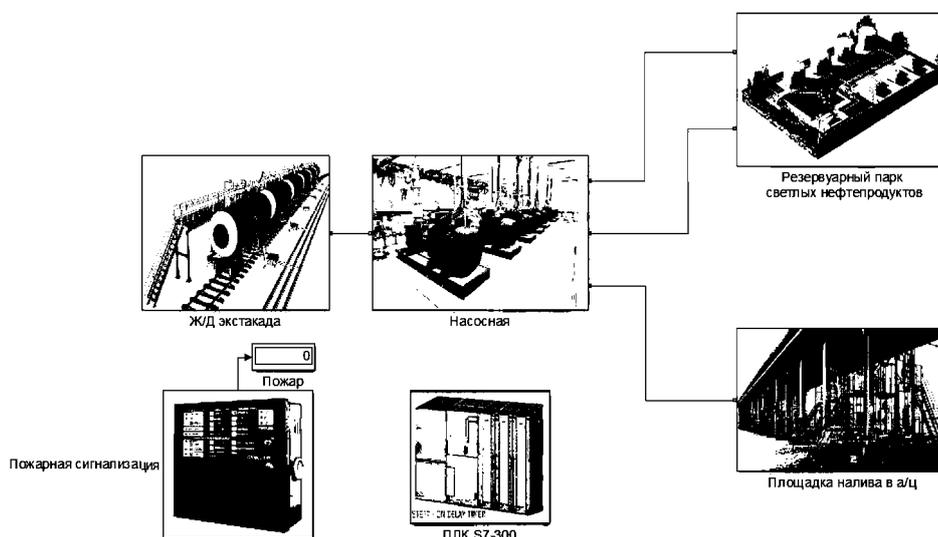


Рисунок 2 – Стартовая вкладка модели Simulink

Имитационная модель автоматизированной системы склада хранения светлых нефтепродуктов условно делится на следующие блоки (подсистемы):

- ж/д эстакада;
- насосная;
- резервуарный парк светлых нефтепродуктов;
- площадка налива в а/ц;
- пожарная сигнализация;
- ПЛК S7-300

Каждый из данных блоков (подсистем), кроме блока «пожарной сигнализации» и «ПЛК S7-300», характеризует определенный участок на нефтебазе.

В модели гидравлическая система (насосы, клапана, трубопроводы и т.д.) реализованы при помощи библиотеки компонентов для моделирования и симуляций гидравлических систем Simscape Fluids.

В свою очередь каждый из выше перечисленных блоков состоит из других блоков, которые моделируют объекты управления, органы управления, средства автоматизации и т.д.

### 1.1.1 Блок «ж/д эстакада»

Блок «ж/д эстакада» содержит блоки (рисунок 3):

- датчик загазованности;
- дренажную емкость ЕП-1;
- ж/д цистерны;
- Hydraulic Fluid;
- среда физических сетей и настройка решателя Solver Configuration;
- Hydraulic Resistive Tube

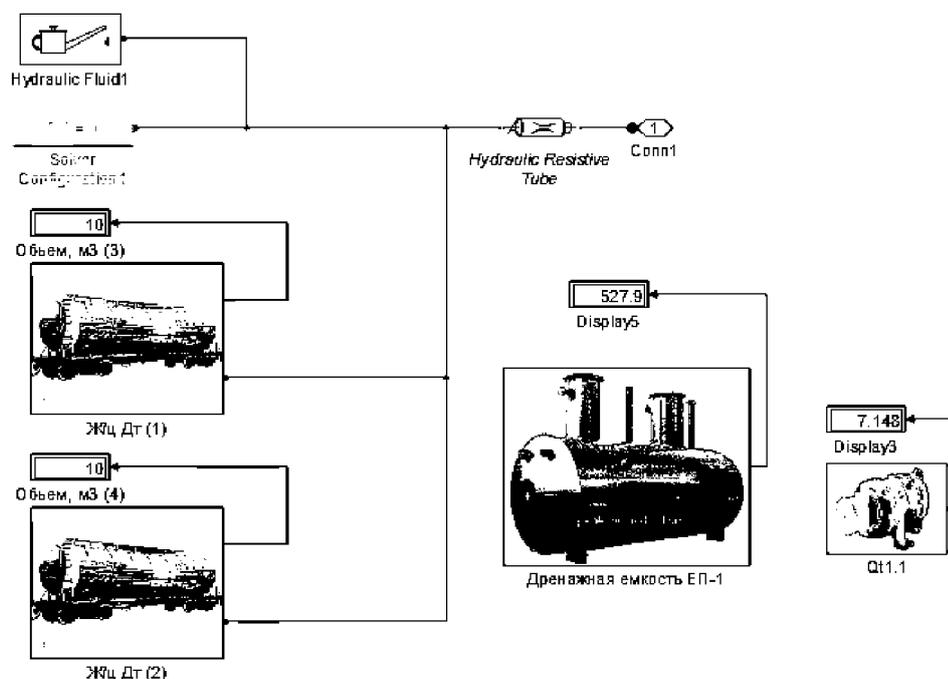


Рисунок 3 – Подсистема «Ж/Д эстакада»

### 1.1.2 Блок «насосная»

Подсистема «насосная» разделяется на две подсистемы (рисунок 4):

- подсистема «Насосная слива с ж/д цистерн» (рисунок 5);
- подсистема «Насосная налива в а/ц цистерны» (рисунок 6)

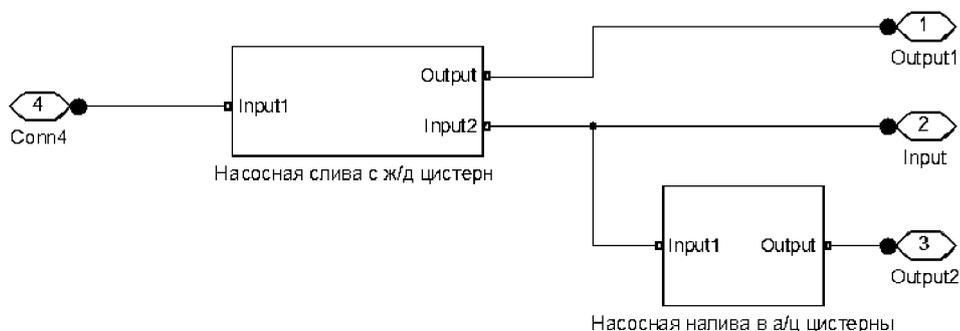


Рисунок 4 – Подсистема «Насосная»

Подсистема «Насосная слива с ж/д цистерн» и «насосная налива в а/ц цистерны» содержит блоки:

- задвижка;
- манометры;
- фильтры;
- сигнализаторы уровня;
- манометр сигнализирующий;
- насос;
- преобразователь частоты;
- обратный клапан
- датчик загазованности;
- дренажную емкость ЕП-2

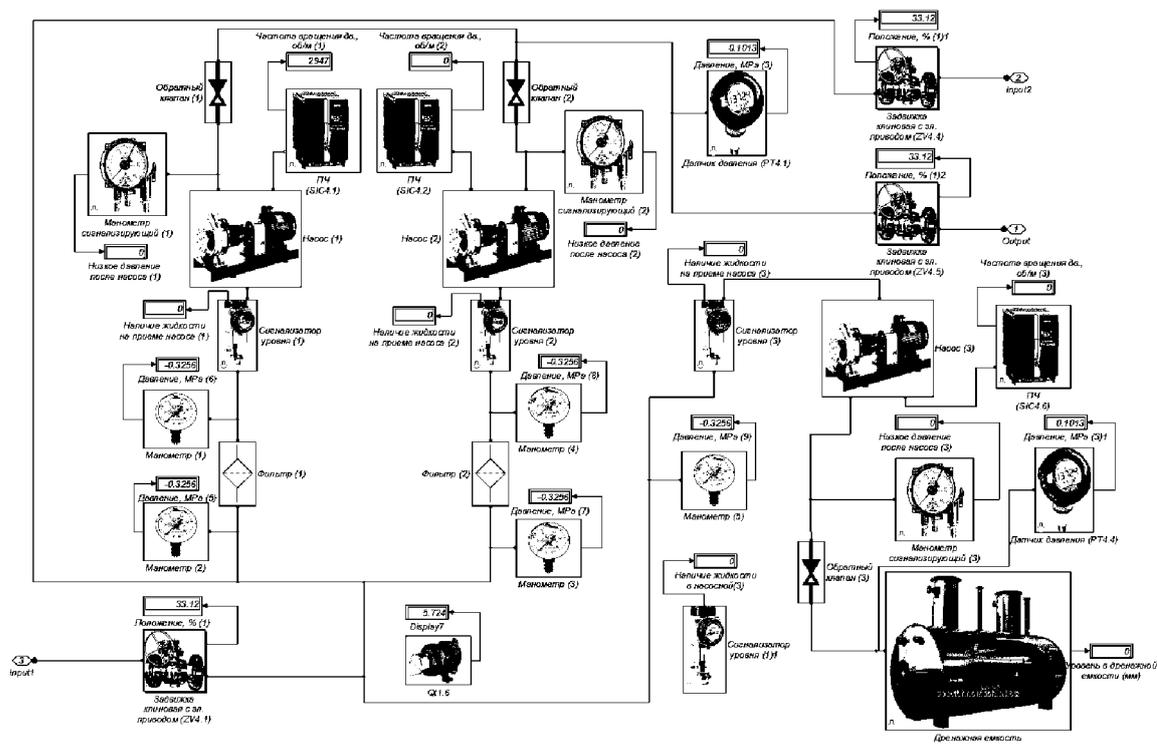


Рисунок 5 – Подсистема «Насосная слива с ж/д цистерн»

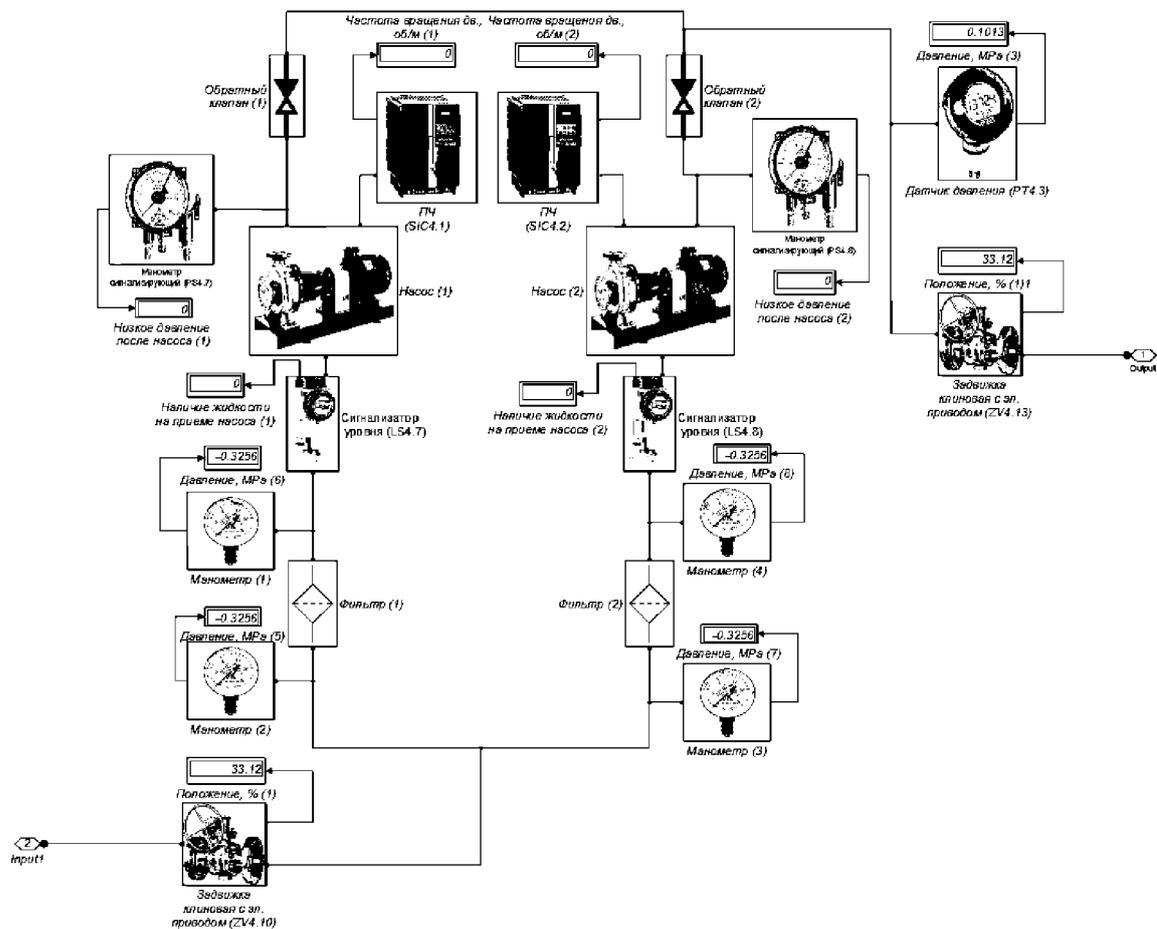


Рисунок 6 – Подсистема «Насосная налива в а/ц цистерны»

### 1.1.3 Блок «резервуарный парк хранения светлых нефтепродуктов»

Блок «Резервуарный парк хранения светлых нефтепродуктов» (рисунок 7)

содержит блоки:

- Hydraulic Resistive Tube;
- задвижки;
- датчик загазованности;
- модуль связи;
- сигнализатор низкого уровня;
- резервуар РВС-1000

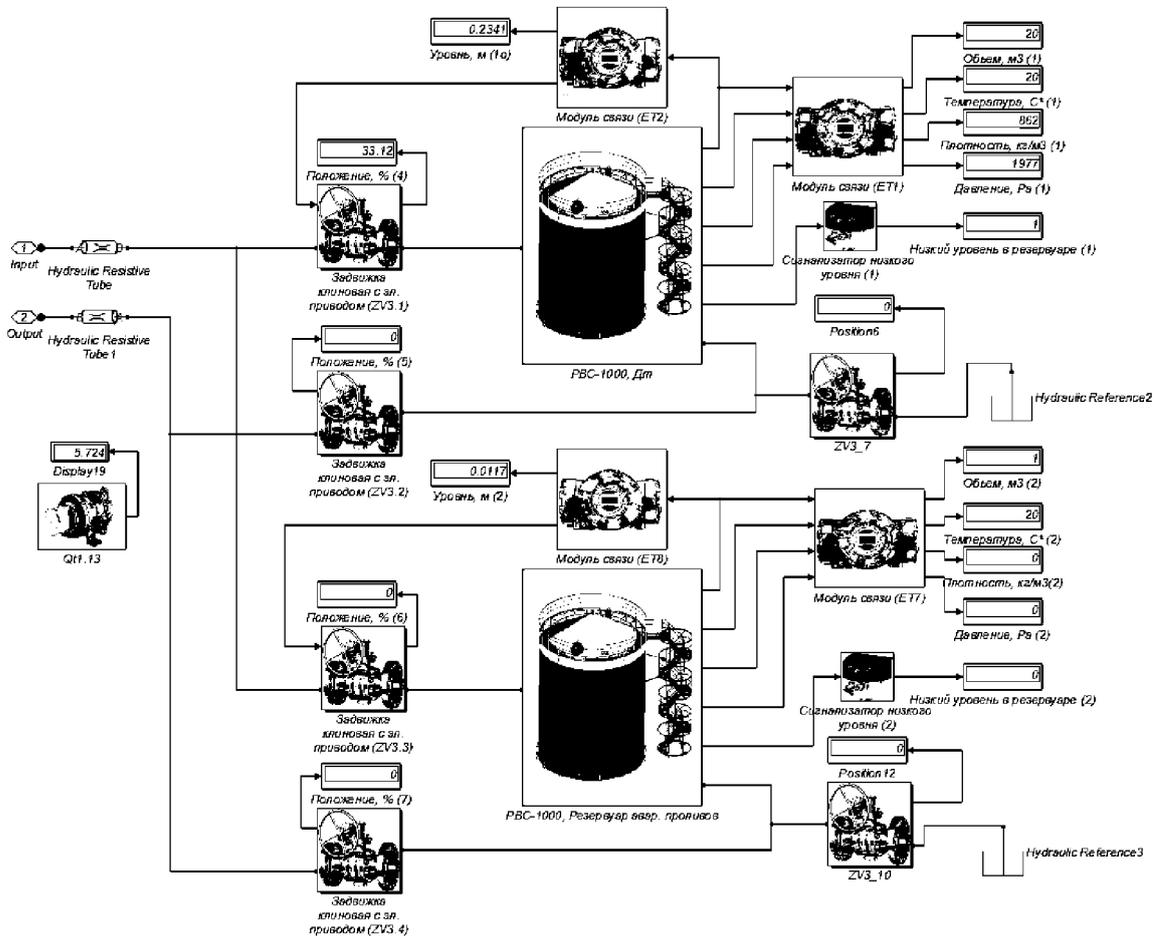


Рисунок 7 – Подсистема «Резервуарный парк хранения светлых нефтепродуктов»

### 1.1.4 Блок «площадка налива в а/ц»

Блок «Площадка налива в а/ц» содержит блоки» (рисунок 8):

- АСН10-ВГ;
- а/ц цистерна;
- дренажная емкость ЕП-3;
- датчик загазованности;
- Hydraulic Resistive Tube

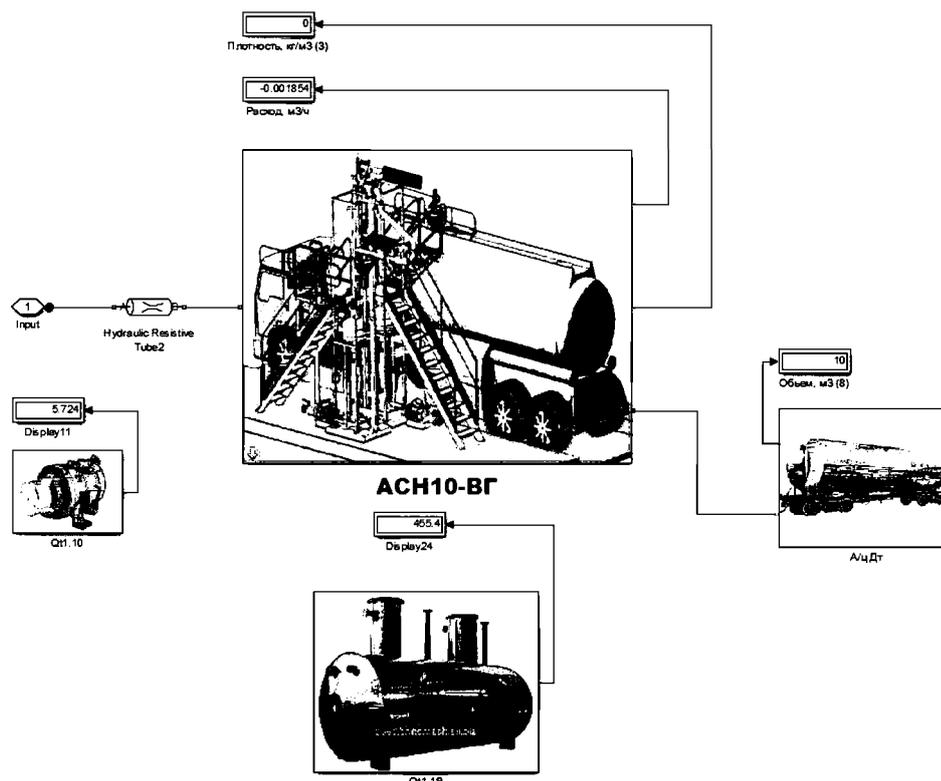


Рисунок 8 – Подсистема «Площадка налива в а/ц»

## 1.2 Межпрограммный обмен модели

В настоящее время основным стандартом межпрограммного обмена данными в сфере промышленной автоматизации, безусловно, является OPC (OLE for Process Control). OPC – набор повсеместно принятых спецификаций, предоставляющих универсальный механизм обмена данными в системах контроля и управления. OPC-технология обеспечивает независимость потребителей от наличия или отсутствия драйверов, или протоколов, что

позволяет выбирать оборудование и программное обеспечение, наиболее полно отвечающие реальным потребностям приложения.

OPC-сервер – программа, получающая данные во внутреннем формате устройства или системы и преобразующая эти данные в формат OPC. OPC-сервер является источником данных для OPC-клиентов. По своей сути OPC-сервер – это некий универсальный драйвер физического оборудования, обеспечивающий взаимодействие с любым OPC-клиентом.

В общем случае OPC-сервер может быть запущен как компонент любой из трех программ (имитационного моделирования, контроллера или SCADA-системы) или быть внешним по отношению к ним. В системе может быть задействовано и более одного сервера. Каждый из вариантов имеет свои преимущества и недостатки. [3]

Для обмена данными используется OPC-сервер WinCC, связанный с виртуальным контроллером S7-PLCSIM1 (рисунок 10) через «общий» шлюз типа TCP/IP. Список переменных (теги) для обмена формируется в WinCC (рисунок 10). Matlab и S7-PLCSIM1 являются OPC-клиентами (рисунок 9).

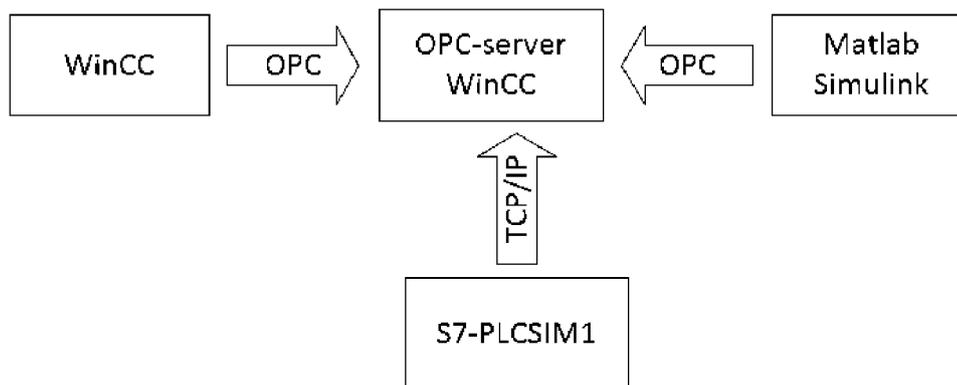


Рисунок 9 – Взаимодействие программ

Tag Management		Tags [ NewConnection_2 ]		
		Name	Data type	Length
		1 ACN_DENSITE	Signed 32-bit value	4
		2 ACN_ERROR	Binary Tag	1
		3 ACN_FLOW_METER	Signed 32-bit value	4
		4 ACN_GS2_1	Binary Tag	1
		5 ACN_GS2_2	Binary Tag	1
		6 ACN_GS2_3	Binary Tag	1
		7 ACN_LS2_3	Binary Tag	1
		8 ACN_RELATION	Binary Tag	1
		9 ACN_SB2_1	Binary Tag	1
		10 ACN_SB2_2	Binary Tag	1
		11 ET3_1_DENSITY	Signed 32-bit value	4
		12 ET3_1_ERROR	Binary Tag	1
		13 ET3_1_LEVEL	Signed 32-bit value	4
		14 ET3_1_PRESSURE	Signed 32-bit value	4
		15 ET3_1_RELATION	Binary Tag	1
		16 ET3_1_TEMP	Signed 32-bit value	4
		17 ET3_1_VOLUME	Signed 32-bit value	4
		18 ET3_2_ERROR	Binary Tag	1
		19 ET3_2_LEVEL	Signed 32-bit value	4
		20 ET3_2_RELATION	Binary Tag	1
		21 ET3_7_DENSITY	Signed 32-bit value	4
		22 ET3_7_ERROR	Binary Tag	1
		23 ET3_7_LEVEL	Signed 32-bit value	4
		24 ET3_7_PRESSURE	Signed 32-bit value	4
		25 ET3_7_RELATION	Binary Tag	1
		26 ET3_7_TEMP	Signed 32-bit value	4
		27 ET3_7_VOLUME	Signed 32-bit value	4
		28 ET3_8_ERROR	Binary Tag	1
		29 ET3_8_LEVEL	Signed 32-bit value	4
		30 ET3_8_RELATION	Binary Tag	1
		31 Fire	Binary Tag	1
		32 LS1_1	Binary Tag	1

Рисунок 10 – Список переменных (теги) в WinCC

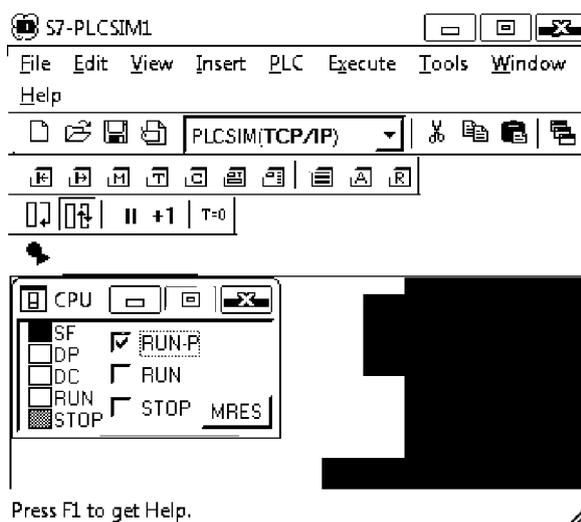
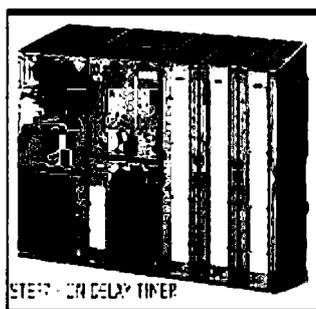


Рисунок 11 – Виртуальный контроллер S7-PLCSIM1

Для ввода-вывода сигналов из модели Simulink используются специальные блоки из пакета OPC Toolbox, наличие которых в Simulink-диаграмме автоматически обеспечивает «работу» модели в реальном времени. Данные блоки в модели располагаются блоке “ПЛК S7-300” (рисунок 12)



ПЛК S7-300

Рисунок 12 – Блок «ПЛК S7-300»

Настройка OPC-клиента в Matlab осуществляется через графическую утилиту OPCTool (рисунок 12).

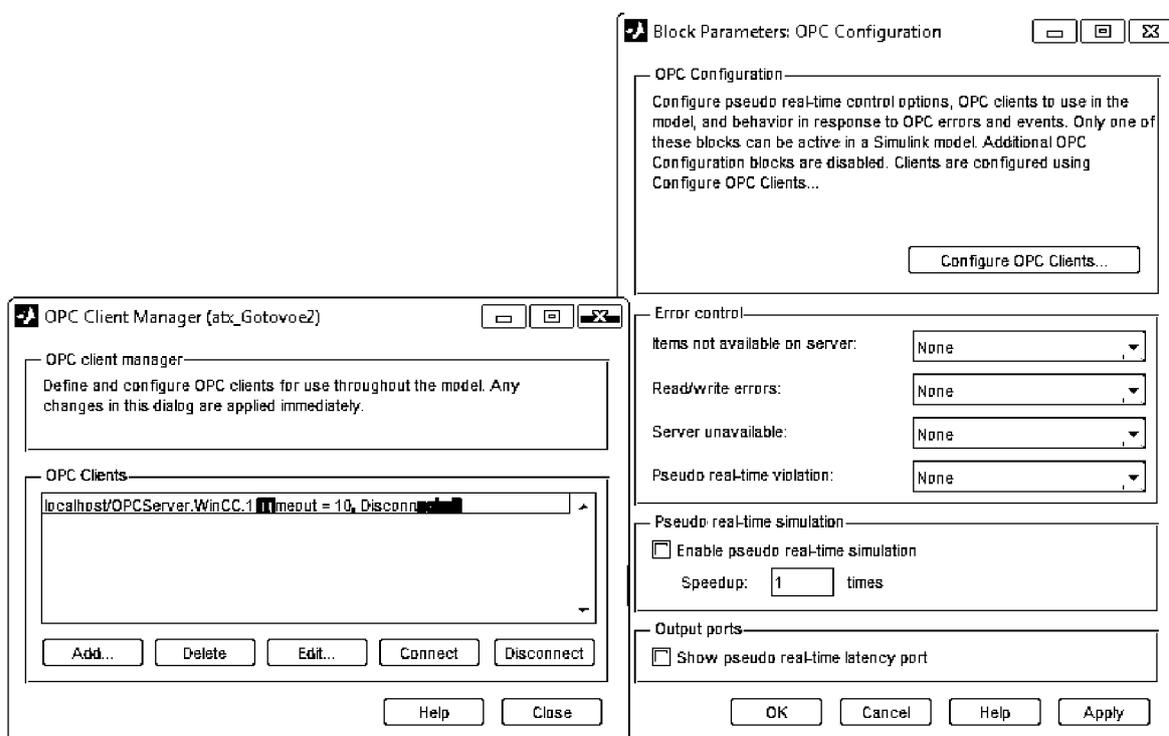


Рисунок 12 – OPCTool

Ввод-вывод сигналов из модели Simulink осуществляется через блоки OPC Read и OPC Write (рисунок 14-17).

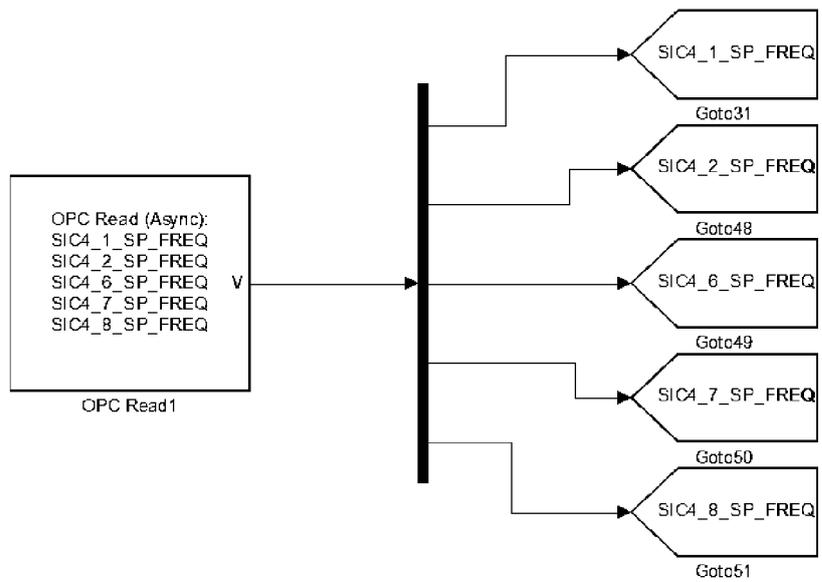


Рисунок 14 – Блок OPC Read для ввода аналоговых сигналов

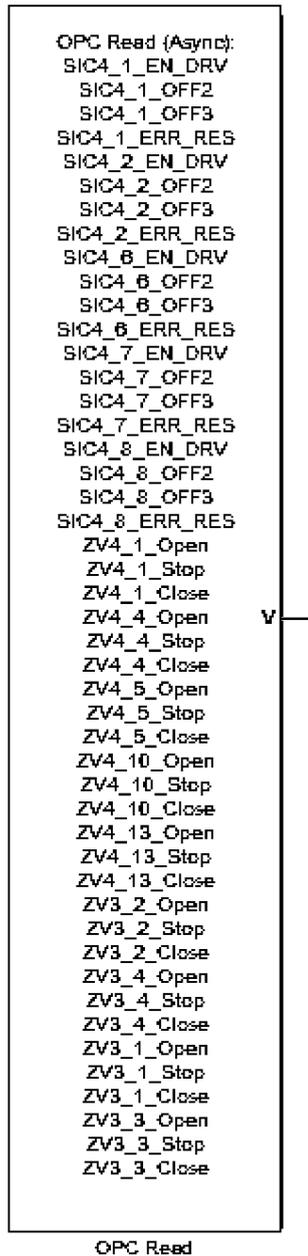


Рисунок 15 – Блок OPC Read для ввода дискретных сигналов

```

SIC4_8_R_CUT
SIC4_8_WORK
SIC4_8_OVERLOAD
SIC4_8_MAX_CURRENT
SIC4_8_READY_FOR_WOR
ZV4_1_Opened
ZV4_1_Closed
ZV4_1_Remote_mode
ZV4_1_Warning
ZV4_1_Error
ZV4_1_Relation
ZV4_4_Opened
ZV4_4_Closed
ZV4_4_Remote_mode
ZV4_4_Warning
ZV4_4_Error
ZV4_4_Relation
ZV4_5_Opened
ZV4_5_Closed
ZV4_5_Remote_mode
ZV4_5_Warning
ZV4_5_Error
ZV4_5_Relation
ZV4_10_Opened
ZV4_10_Closed
ZV4_10_Remote_mode
ZV4_10_Warning
ZV4_10_Error
ZV4_10_Relation
ZV4_13_Opened
ZV4_13_Closed
ZV4_13_Remote_mode
ZV4_13_Warning
ZV4_13_Error
ZV4_13_Relation
ZV3_2_Opened
ZV3_2_Closed
ZV3_2_Remote_mode
ZV3_2_Warning
ZV3_2_Error
ZV3_2_Relation
ZV3_4_Opened
ZV3_4_Closed
ZV3_4_Remote_mode
ZV3_4_Warning
ZV3_4_Error
ZV3_4_Relation
ZV3_1_Opened
ZV3_1_Closed
ZV3_1_Remote_mode
ZV3_1_Warning
ZV3_1_Error
ZV3_1_Relation
ZV3_3_Opened
ZV3_3_Closed
ZV3_3_Remote_mode
ZV3_3_Warning
ZV3_3_Error
ZV3_3_Relation
LS4_1
PS4_1
LS4_2
PS4_2
LS4_6
PS4_6
LS4_7
PS4_7

```

OPC Write2

Рисунок 16 – Блок OPC Write для вывода дискретных сигналов

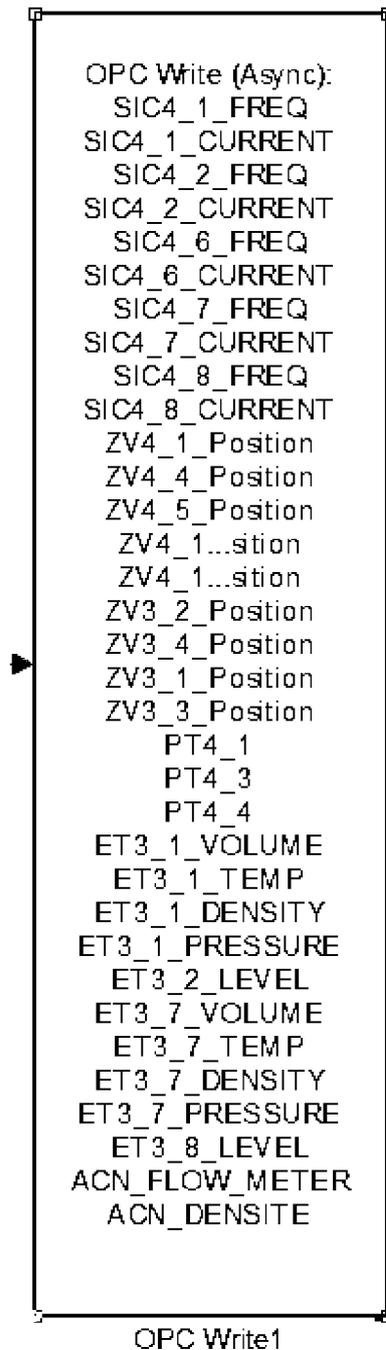


Рисунок 17 – Блок OPC Write для вывода аналоговых сигналов

### 1.3 Описание блоков

#### 1.3.1 Solver Configuration

Solver Configuration (рисунок 18) – среда физических сетей и настройка решателя. Каждая физическая сеть, представленная подключенной блок-схемой Simscape, требует информации о настройках решателя для моделирования. Блок

конфигурации решателя определяет параметры решателя, необходимые модели перед началом моделирования. [1]

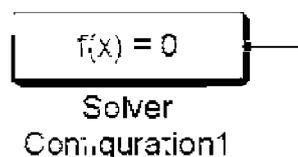


Рисунок 18 – Solver Configuration

Параметры Solver Configuration (рисунок 19):

1) Start simulation from steady state – флажок установлен, это значит, что решатель, будет пытаться найти устойчивое состояние, которое возникло бы, если бы входы в систему оставались постоянными в течение достаточно большого времени, начиная с начального состояния, полученного при вычислении начальных условий. Затем моделирование начинается с этого устойчивого состояния. Для моделей, совместимых с формулировкой уравнений частоты и времени, при установке этого флажка решатель пытается выполнить синусоидальную стационарную инициализацию. Другими словами, инициализация выполняется с использованием частотно-временных уравнений, а затем моделирование продолжается с использованием фактической формулировки уравнения и других параметров, выбранных в блоке конфигурации решателя.

2) Consistency tolerance – этот параметр влияет на нелинейный решатель, используемый для вычисления начальных условий и для инициализации переходных процессов. Он определяет, насколько точно должны выполняться алгебраические ограничения в начале моделирования и после каждого дискретного события (например, разрыв в результате открытия клапана, жесткой остановки и т. д.). Уменьшение значение параметра увеличивает более надежное моделирование времени. Увеличить значение параметра надо, если решение для начальных условий не удалось сойтись, или чтоб сократить время вычислений. Значение параметра –  $1e-09$ .

3) Use local solver – локальный решатель на основе выборки с временем выборки, заданным параметром Sample time. При моделировании на основе выборок все физические состояния сети, которые в противном случае являются непрерывными, представляются Simulink в виде дискретных состояний. Решатель обновляет состояния один раз за временной шаг. Этот параметр особенно полезен для сгенерированного кода или аппаратного моделирования в цикле (HIL).

4) Solver type – тип решателя. Используется Backward Euler.

5) Sample time – шаг расчета. Значение параметра 0.001.

6) Use fixed-cost runtime consistency iterations - позволяет выполнить переходную инициализацию по фиксированной вычислительной мощности.

7) Nonlinear iterations – максимальное количество итераций. Значение параметра 3.

8) Linear Algebra – задает, как решатель обрабатывает матрицы. Параметр может иметь одно из двух значений: sparse или Full. Значением параметра является sparse. С этой установкой решатель автоматически выбирает подходящую опцию, или разреженную или полную, для обработки матриц.

9) Delay memory budget [kB] – максимальный размер памяти в КБ, разрешенный для обработки задержек при моделировании моделей, содержащих либо блоки из библиотеки задержек, либо пользовательские блоки с использованием конструкции языка delay Simscape. Целью этого параметра является защита от чрезмерной замены памяти. Если этот размер будет превышен, ошибки моделирования будут устранены. Это значение можно настроить в зависимости от имеющихся ресурсов памяти. Значение параметра - 1024 Кб.

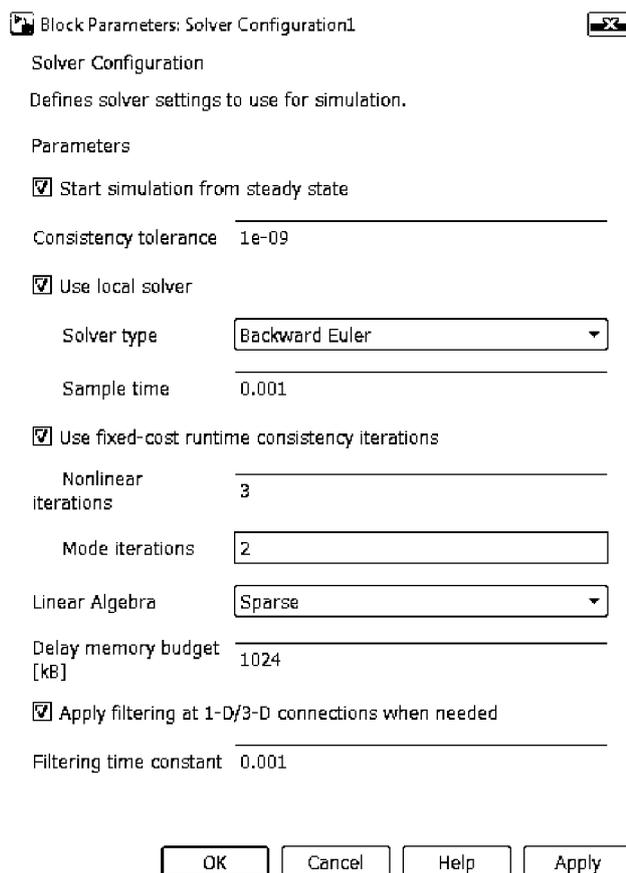


Рисунок 19 – Параметры решателя

### 1.3.2 Hydraulic Fluid

Блок «Hydraulic Fluid» (рисунок 20) позволяет задать тип гидравлической жидкости, используемой в цикле гидравлических блоков. Это обеспечивает гидравлические свойства жидкости, такие как кинематическая вязкость, плотность и модуль объемной упругости, для всех гидравлических блоков в цикле. Эти свойства жидкости приняты, чтобы быть постоянными во время времени симуляции. Плотность определяется типом жидкости, в то время как кинематическая вязкость дополнительно требует, чтобы температура была задана.

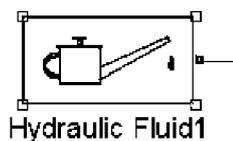


Рисунок 20 – Блок «Hydraulic Fluid»

Параметры Hydraulic Fluid (рисунок 21):

1) Hydraulic fluid – тип гидравлической жидкости. Значение параметра - Diesel fuel.

2) Relative amount of trapped air – количество унесенного, не растворенного газа в жидкости. Это количество определяется как отношение объема газа при нормальных условиях к объему жидкости в камере. Поэтому значение параметра должно быть меньше 1. На практике относительное количество захваченного воздуха всегда больше 0. Если установлено значение 0, то предполагается идеальная жидкость. Значение параметра – 0.005.

3) System temperature – температура жидкости в Цельсиях. Значение параметра – 20.

4) Viscosity derating factor – коэффициент пропорциональности, который можно использовать для регулировки вязкости жидкости, если это необходимо. Значение варьируется в диапазоне от 0,5 до 1,5. Значение параметра – 1.

5) Pressure below absolute zero – определяет, как блок обрабатывает утверждение out-of-range во время моделирования:

- Error – если давление падает ниже абсолютного нуля, остановок симуляции, сообщение об ошибке.

- Warning – если давление падает ниже абсолютного нуля, предупреждение, но симуляция продолжается. Выставлен этот параметр.

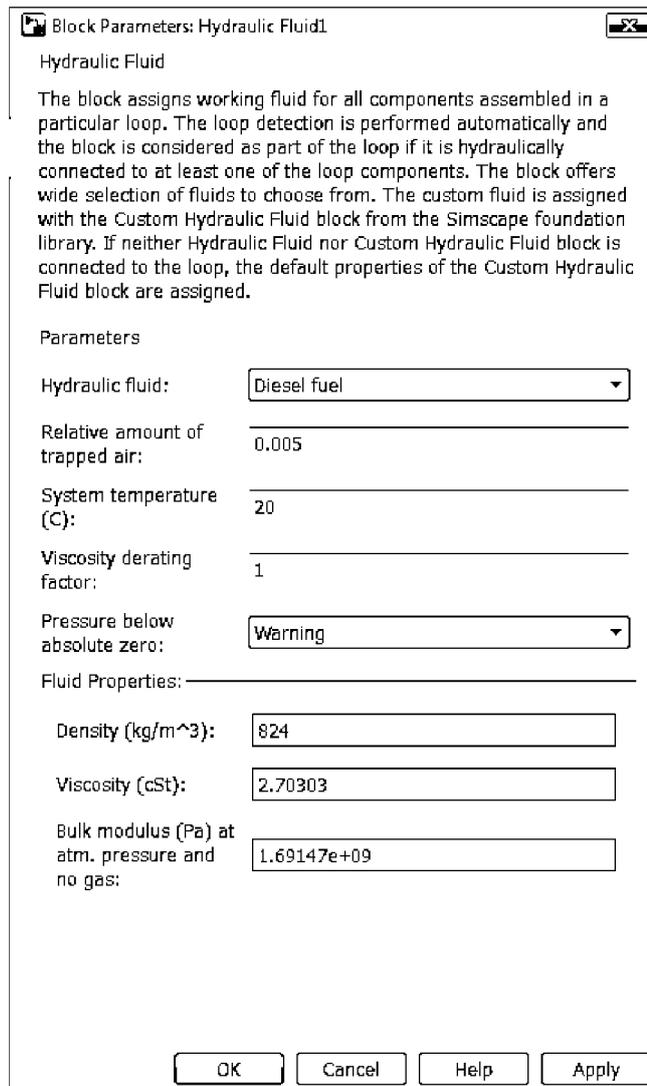


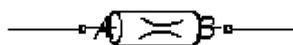
Рисунок 21 – Параметры «Hydraulic Fluid»

### 1.3.3 Hydraulic Resistive Tube

Гидравлический резистивный трубный блок (рисунок 22) моделирует гидравлические трубопроводы с круговым и некруглым поперечным сечением и учитывает только резистивные свойства. Другими словами, блок разрабатывается с основным предположением о стационарных условиях импульса жидкости. Ни сжимаемость жидкости, ни инерция жидкости не рассматриваются в модели, а это означает, что такие характеристики, как гидроудар, не могут быть исследованы.

Потери давления из-за трения вычисляются по уравнению Дарси, в котором потери пропорциональны режиму течения-зависимому коэффициенту трения и квадрату расхода. Коэффициент трения в турбулентном режиме определяется с помощью приближения Хааланда. Коэффициент трения при

переходе от ламинарного режима к турбулентному определяется с помощью линейной интерполяции между крайними точками режимов. [1]



*Hydraulic Resistive  
Tube*

Рисунок 22– Hydraulic Resistive Tube

Параметры Hydraulic Resistive Tube (рисунок 23-24):

1) Tube cross section type – тип поперечного сечения трубы: круглое или некруглое. Выставлено- круглое.

2) Tube internal diameter – внутренний диаметр труб. Всасывающие трубы “Hydraulic Resistive Tube1” и “Hydraulic Resistive Tube2” имеют диаметр 150 мм. Напорные трубы “Hydraulic Resistive Tube3” и “Hydraulic Resistive Tube4” имеют диаметр 125 мм.

3) Tube length – протяженность труб. У всех труб протяженность составляет 120 м.

4) Aggregate equivalent length of local resistances – параметр представляет собой общую эквивалентную длину всех локальных сопротивлений, связанных с трубкой. Может учесть потери давления, вызванные локальными сопротивлениями, такими как изгибы, фитинги, арматура, потери на входе/выходе и т. д., добавив к геометрической длине трубы совокупную эквивалентную длину всех локальных сопротивлений. Условно принимаем значение 120 м.

5) Laminar flow upper margin – число Рейнольдса, при котором предполагается, что ламинарный режим течения начинает переходить в турбулентный.

6) Turbulent flow lower margin – число Рейнольдса, при котором предполагается, что режим турбулентного течения полностью развит.

Число Рейнольдса характеризует соотношение сил инерции и вязкости в потоке. Число Рейнольдса, соответствующее переходу от турбулентного режима

к ламинарному, называется нижним критическим числом Рейнольдса. В круглых трубах  $Re_{кр.н.}$  равно 2000-3000. Число Рейнольдса, соответствующее переходу от ламинарного движения к турбулентному, называется верхним критическим числом Рейнольдса  $Re_{кр.в.}$ . Верхнее критическое число Рейнольдса изменяется в широком диапазоне приблизительно равным 4000-13800.

Для практических расчётов круглых напорных труб можно полагать, что при значениях  $Re$  меньше 2300 – режим ламинарный, а при  $Re$  больше 2300 – режим турбулентный. [2]

Settings

Parameters	Variables
Tube cross section type:	Circular
Tube internal diameter:	150 mm
Geometrical shape factor:	64
Tube length:	120 m
Aggregate equivalent length of local resistances:	120 m
Internal surface roughness height:	15e-6 m
Laminar flow upper margin:	2300
Turbulent flow lower margin:	2300

Рисунок 23 – Параметры «Hydraulic Resistive Tube1» и «Hydraulic Resistive Tube2»

Settings

Parameters	Variables
Tube cross section type:	Circular
Tube internal diameter:	125 mm
Geometrical shape factor:	64
Tube length:	120 m
Aggregate equivalent length of local resistances:	120 m
Internal surface roughness height:	15e-6 m
Laminar flow upper margin:	2300
Turbulent flow lower margin:	2300

Рисунок 24 – Параметры «Hydraulic Resistive Tube3» и «Hydraulic Resistive Tube4»

### 1.3.4 Ж/д цистерна

Блок «ж/д цистерна» представлен на рисунке 25.

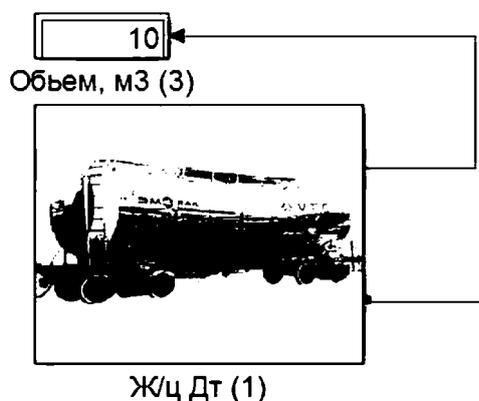


Рисунок 25 – Блок «ж/д цистерна»

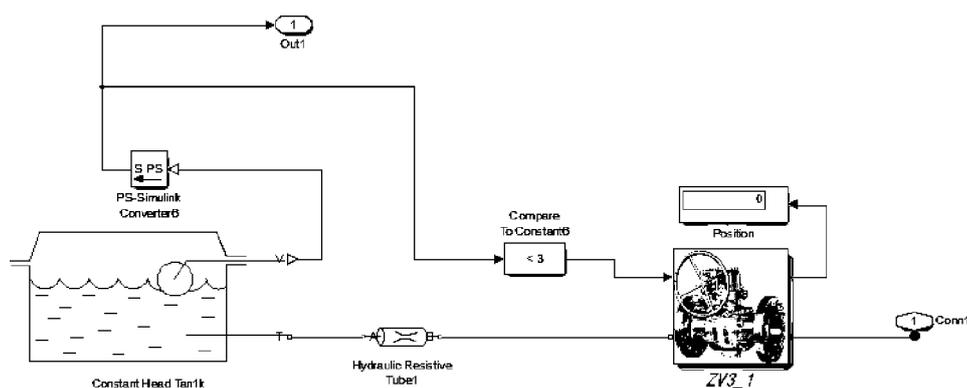


Рисунок 26 – Внутренняя структура блока «ж/д цистерна»

Блок «ж/д цистерна» (рисунок 26) состоит из:

1) Const Head Tank – этот блок представляет собой герметичный резервуар, в котором жидкость хранится под заданным давлением. Предполагается, что размер резервуара достаточно велик, чтобы пренебречь повышением давления и изменением уровня жидкости из-за объема жидкости. Блок учитывает подъем уровня жидкости относительно дна резервуара и потерю давления в соединительной трубе, которая может быть вызвана фильтром, фитингами или каким-либо другим локальным сопротивлением. Потери задаются с помощью коэффициента потерь давления. Блок вычисляет объем

жидкости в резервуаре и экспортирует ее наружу через физический сигнальный порт V.

Параметры Const Head Tank (рисунок 27):

- Pressurization – давление, действующее на поверхность жидкости в резервуаре. Этот параметр должен быть больше или равен нулю. Значение по умолчанию равно 0, что соответствует резервуару, подключенному к атмосфере;
- Fluid level – уровень жидкости относительно дна резервуара. Значение параметра – 3 м;
- Initial fluid volume – начальный объем жидкости в баке. Значение параметра – 10 м<sup>3</sup>;
- Inlet pipeline diameter – диаметр входного трубопровода. Значение параметра - 150 мм;
- Pipeline pressure loss coefficient – коэффициент потери давления в трубопроводе, учитывающего потери давления в соединительной трубе. Значение по умолчанию – 1,2

Settings

Parameters		
Pressurization:	101325	Pa ▾
Fluid level:	3	m ▾
Initial fluid volume:	10	m <sup>3</sup> ▾
Inlet pipeline diameter:	150	mm ▾
Pipeline pressure loss coefficient:	1.2	

Рисунок 27 – Параметры «Const Head Tank»

2) Задвижка – данный блок эмитирует присоединение к вагону сливного прибора. Естественно если задвижка открыта, то эта значит, что сливной прибор присоединен. Открытие/закрытие задвижки, осуществляется в диалоговом окне блока «ж/д цистерна», путем установки галочки напротив параметра «Start» (Рисунок 28). При достижении нуля задвижка закроется,

независимо, установлена галочка или нет. Более детальное описание задвижки будет ниже.

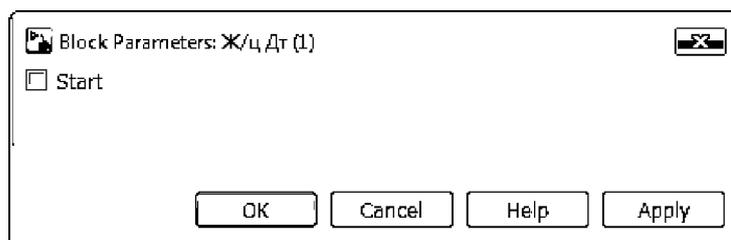


Рисунок 28 – Диалоговое окно блока «Ж/д цистерна»

### 1.3.5 Дренажная емкость

Блоки «Дренажная емкость ЕП-1», «Дренажная емкость ЕП-2» и «Дренажная емкость ЕП-3» (рисунок 29) имеют одинаковую структуру, за исключением внутренних уставок сигнализаторов уровня.

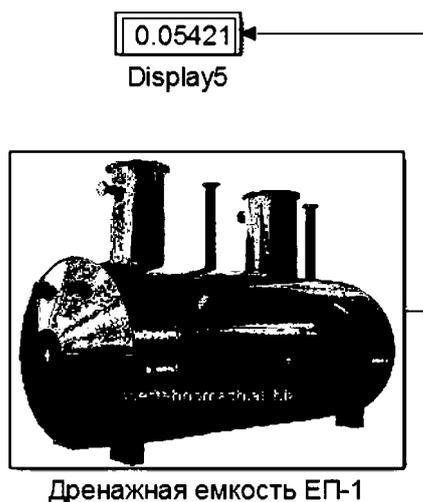


Рисунок 29 – Блок «Дренажная емкость»

В основе данного блока лежит передаточная функция первого порядка, которая характеризует процесс наполнения жидкости в дренажной емкости (рисунок 30).

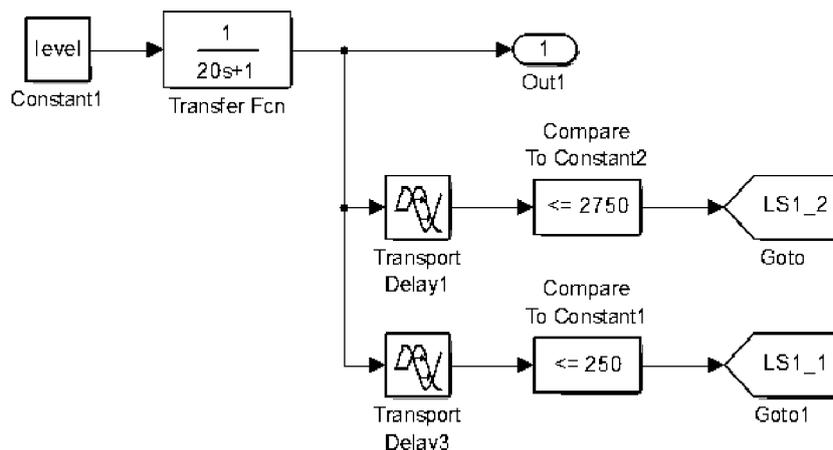


Рисунок 30 – Внутренняя структура блока «Дренажная емкость»

Уровень в дренажной емкости изменяется в диалоговом окне блока (Рисунок 31). Уровень жидкости в дренажной емкости варьируется в диапазоне от 0 до 2800 мм. По проектному решению уровень в дренажной емкости контролируется поплавковым сигнализатором предельного уровня жидкости ПМП152-D12, контроль уровня жидкости в котором, осуществляется при помощи поплавка со встроенным магнитом, который магнитным полем воздействует на герконы, коммутирующие нормально-закрытые выходные цепи при достижении средой контролируемых значений уровня.

В модели в роли сигнализатора выступает блок «Compare To Const2» и «Compare To Const1», которые моделируют нормально-закрытые контакты сигнализатора предельного уровня жидкости ПМП152-D12, и контролируют верхний и нижний уровень жидкости в дренажной емкости. При достижении заданных значений к переменным «LSx\_1» и «LSx\_2» присваивается логическая единица.

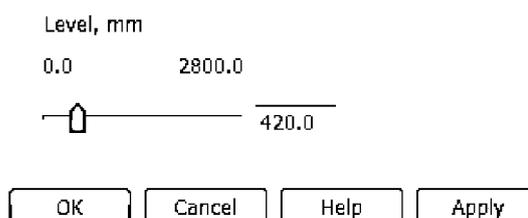
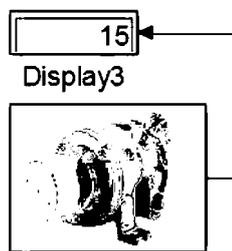


Рисунок 31 – Диалоговое окно блока «Дренажная емкость»

### 1.3.6 Сигнализатор загазованности

Блок «Сигнализатор загазованности» представлен на рисунке 32.



Сигнализатор загазованности Qt1

Рисунок 32 – Блок «Сигнализатор загазованности»

В основе данного блока, как и блока «Дренажная емкость» лежит передаточная функция первого порядка, которая характеризует процесс загазованности участка (рисунок 33).

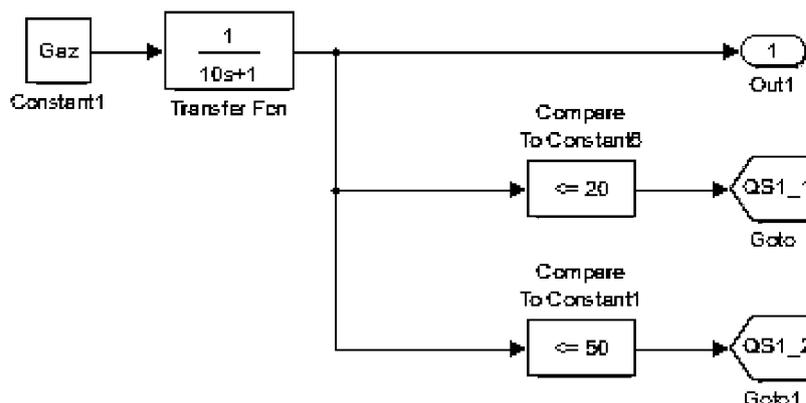


Рисунок 33 – Внутренняя структура блока «Сигнализатор загазованности»

Загазованность на участке контролируется системой загазованности УПЭС-50. УПЭС-50 интегрирована в систему автоматизации при помощи релейных выходов. Контролируются две величины загазованности, это загазованность при 20% НКПР и 50% НКПР.

Процент НКПР изменяется в диалоговом окне блока (рисунок 35). Процент НКПР варьируется в диапазоне от 0 до 100.

Блоки «Compare To Const2» и «Compare To Const1», имитируют нормально-закрытые контакты УПЭС-50, и контролируют 20% НКПР и 50% НКПР. При

достижении заданных значений к переменным «QSx\_1» и «QSx\_2» присваивается логическая единица.

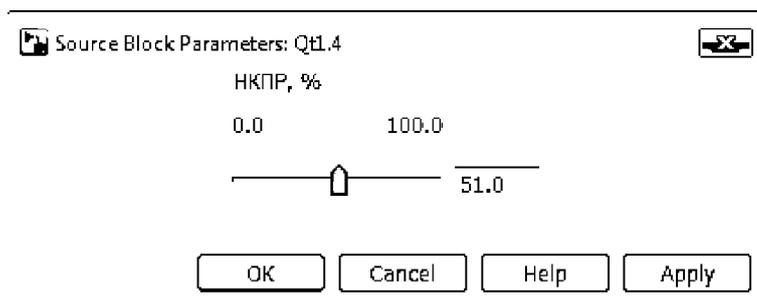
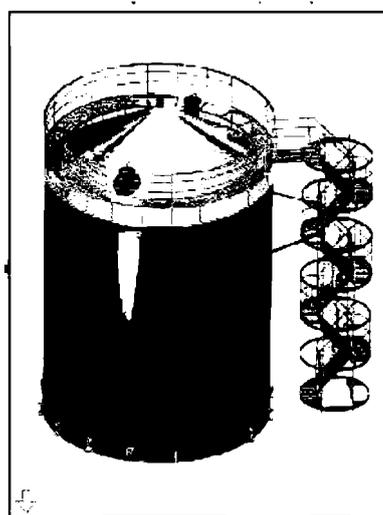


Рисунок 34 – Диалоговое окно блока «Сигнализатор загазованности»

### 1.3.7 PBC-1000

Блок «PBC-1000» представлен на рисунке 35.



PBC-1000, Дм

Рисунок 35 – Блок «PBC-1000»

Основной элемент в блоке «PBC-1000» (рисунок 37), это «Variable Head Two-Arm Tank», данный элемент имитирует резервуар PBC-1000.

Variable Head Two-Arm Tank – герметичный резервуар, в котором жидкость хранится под заданным давлением. Давление остается постоянным независимо от изменения объема. Блок учитывает изменение уровня жидкости, вызванное изменением объема, а также потерю давления в соединительных трубах, которая может быть вызвана фильтром, фитингами или каким-либо другим локальным сопротивлением. Потери задаются с помощью

коэффициентов потерь давления. Блок вычисляет объем жидкости в резервуаре и экспортирует ее наружу через физический сигнальный порт V.

Параметры Variable Head Two-Arm Tank (рисунок 35):

- 1) Initial fluid volume – начальный объем жидкости. Значение параметра – 20 м<sup>3</sup>.
- 2) Pressurization – давление, действующее на поверхность жидкости в резервуаре. Он может быть создан с помощью газовой подушки, мембраны, мочевого пузыря или поршня. Значение параметра - 1 961 Pa (200мм рт. ст.).
- 3) Tank cross-section area – площадь поперечного сечения резервуара. Значение параметра – 85396 м<sup>2</sup>.
- 4) Port A pipeline diameter – диаметр соединительной трубы в порту А. Значение параметра – 150 мм.
- 5) Port B pipeline diameter – диаметр соединительной трубы в порту В. Значение параметра – 125 мм.
- 6) Port B height above port A – высота порта В над А. Значение параметра – 11900 мм.

Settings

Parameters		
Initial fluid volume:	20	m <sup>3</sup>
Pressurization:	1961	Pa
Level/Volume relationship:	Linear	
Tank cross-section area:	$\pi * ((10430/2)^2)$	mm <sup>2</sup>
Port A pipeline diameter:	150	mm
Port A pressure loss coefficient:	1.2	
Port B pipeline diameter:	125	mm
Port B height above port A:	11900	mm
Port B pressure loss coefficient:	1.2	

Рисунок 36 – Параметры «Variable Head Two-Arm Tank»



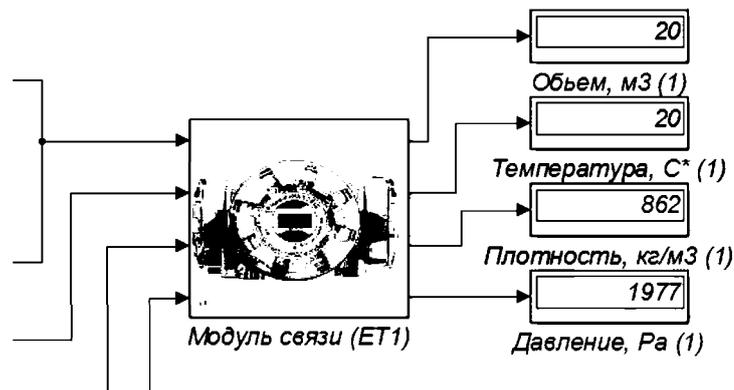


Рисунок 39 – Блок «Модуль связи ЕТ-1»

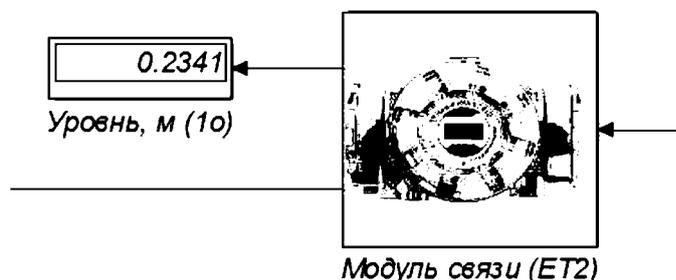


Рисунок 40 – Блок «Модуль связи ЕТ-2» и «Модуль связи ЕТ-8»

По проектному решению модуль связи Rosemount 2410 ЕТ-1 и ЕТ-7 должны передавать в РСУ через протокол Modbus TCP следующие данные:

- объем жидкости в резервуаре;
- температуру жидкости в резервуаре;
- плотность жидкости в резервуаре;
- давление в резервуаре

Модуль Rosemount 2410 ЕТ-2 и ЕТ-8 передают в РСУ уровень жидкости в резервуаре, кроме того при достижении критических значений уровня жидкости в резервуаре при помощи релейный выходов, подают сигнал ПЛК и на закрытие в блок управления задвижкой.

Так же модуль связи Rosemount 2410 передают в РСУ информацию о неисправности.

В блоке «Модуль связи ET-1» и «Модуль связи ET-7» происходит передача данных на OPC-сервер (значения объема, температура, плотность и давление в резервуаре, неисправность прибора) (рисунок 41).

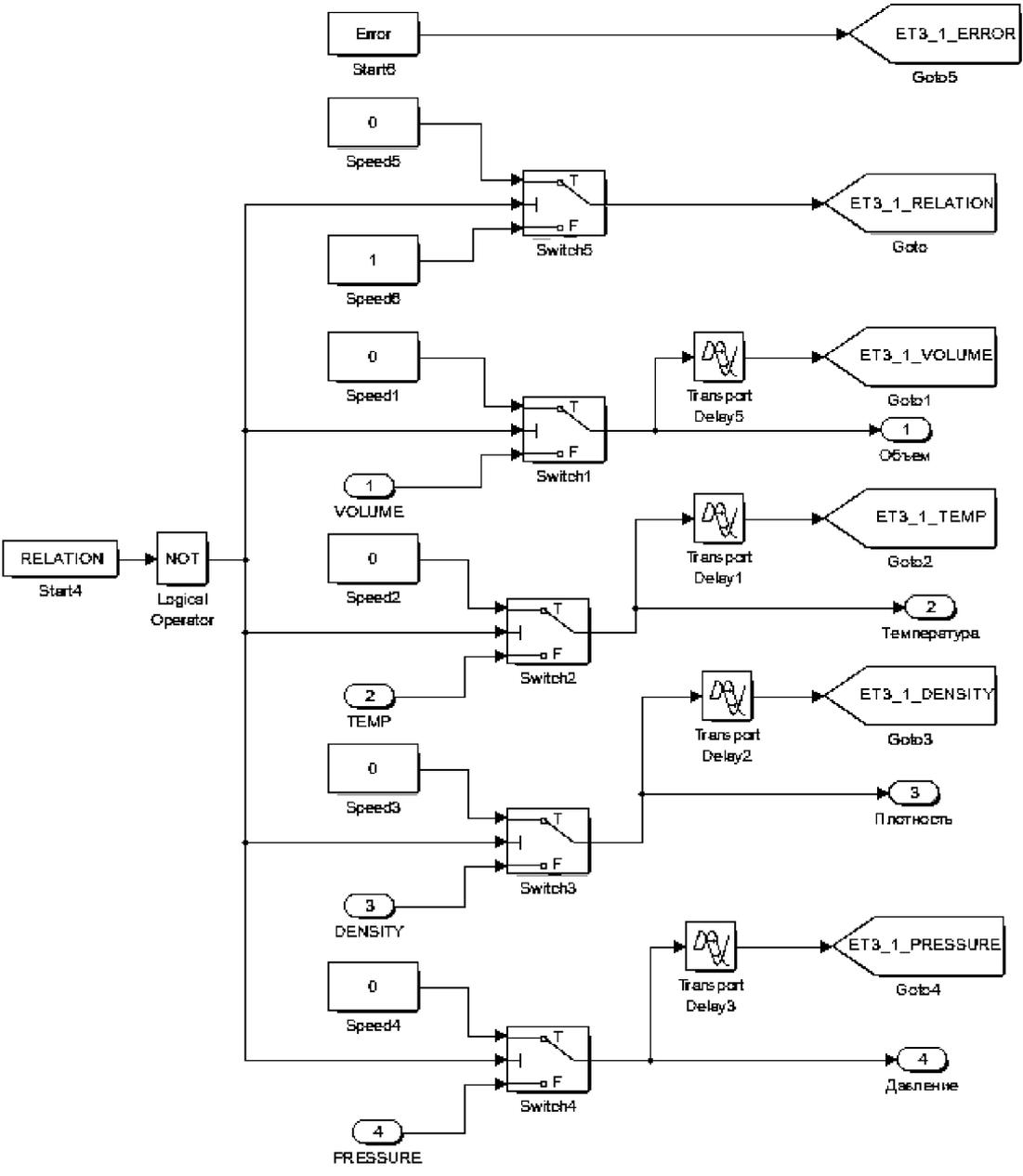


Рисунок 41 – Внутренняя структура блока «Модуль связи ET-1» и «Модуль связи ET-7»

В блоке так же реализована имитация потери связи и неисправность прибора, через диалоговое окно блока (Рисунок 42).

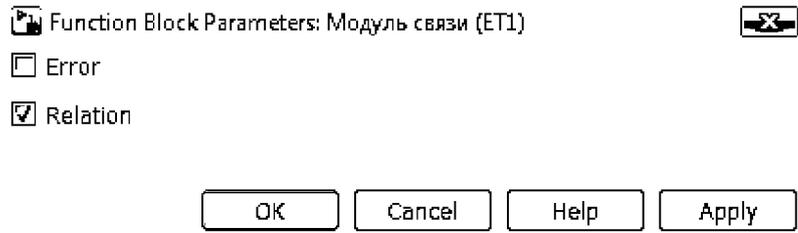


Рисунок 42 – Диалоговое окно блока «Модуль связи ET-1» и «Модуль связи ET-7»

В блоке «Модуль связи ET-2» и «Модуль связи ET-8» так же происходит передача данных на OPC-сервер (значение уровня жидкости в резервуаре, сигнал о достижении критического уровня в резервуаре, неисправность прибора), а также осуществляется управление (команда на закрытие) задвижкой «ZV3.1» и «ZV3.3» (Рисунок 43).

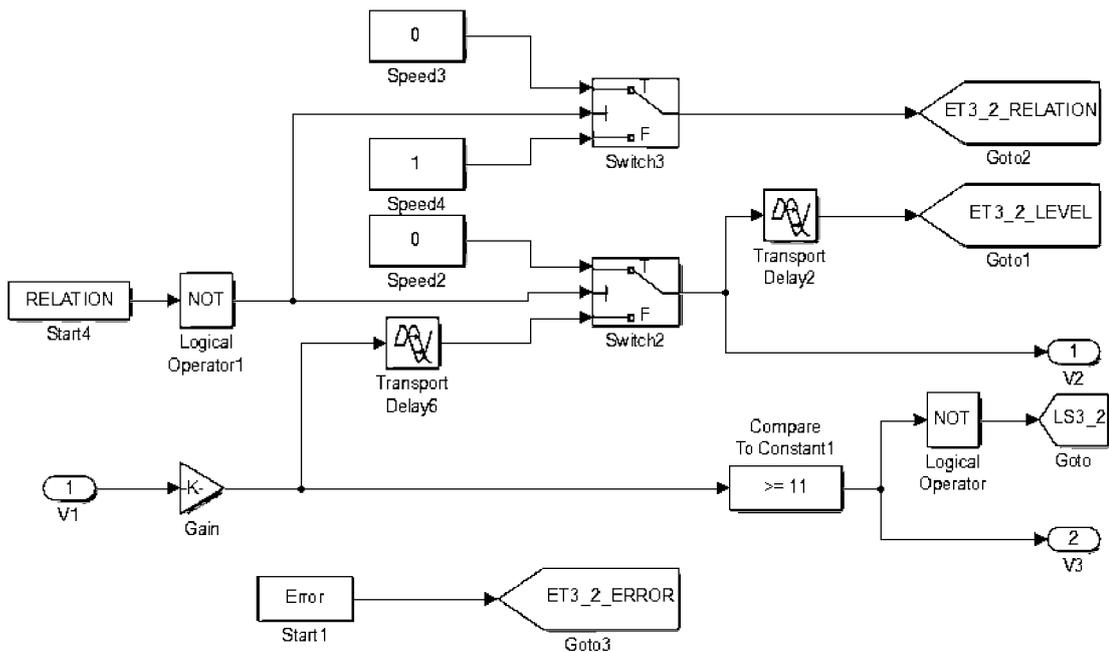


Рисунок 43 – Внутренняя структура блока «Модуль связи ET-2» и «Модуль связи ET-8»

Кроме имитации потери связи и неисправность прибора, через диалоговое окно блока, можно задавать уставку критического уровня жидкости в резервуаре (рисунок 44).

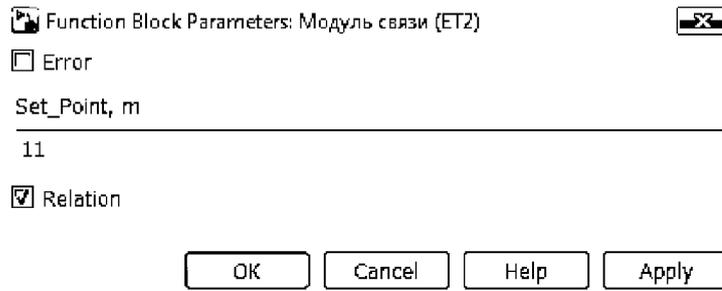


Рисунок 44 – Диалоговое окно блока «Модуль связи ET-2» и «Модуль связи ET-8»

### 1.3.9 Сигнализатор низкого уровня

Блок «Сигнализатор низкого уровня» представлен на рисунке 45

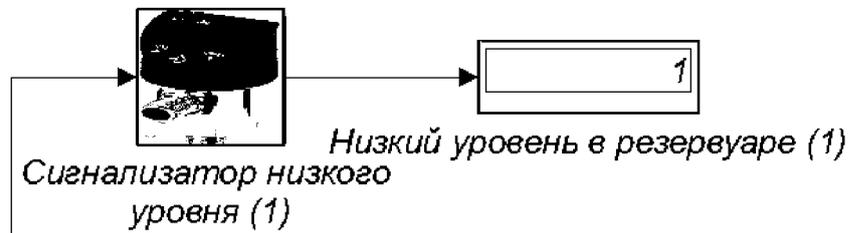


Рисунок 45 – Блок «Сигнализатор низкого уровня»

Блок «Сигнализатор низкого уровня» имитирует работу предельного сигнализатора уровня Rosemount 2410, который предназначенный в проекте для определения низкого уровня жидкости в резервуаре.

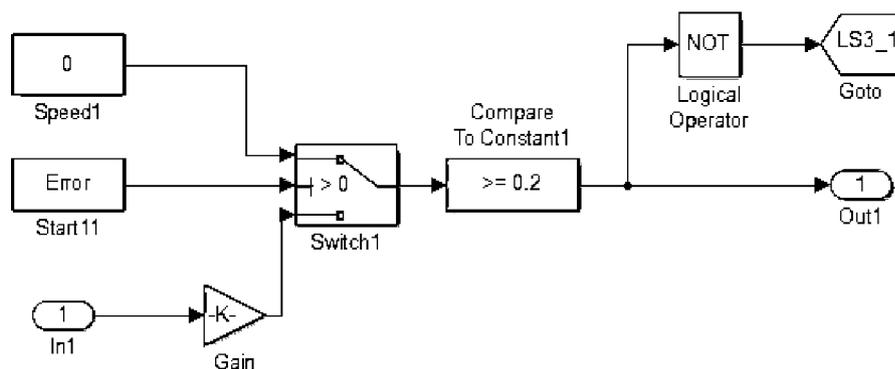


Рисунок 46 – Внутренняя структура «Сигнализатор низкого уровня»

В диалоговом окне блока, можно задавать уставку предельного уровня жидкости в резервуаре и с имитировать ошибку прибора (рисунок 47).

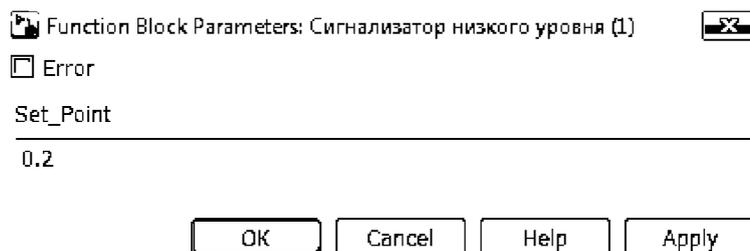


Рисунок 47 – Диалоговое окно блока «Сигнализатор низкого уровня»

### 1.3.10 АСН10-ВГ

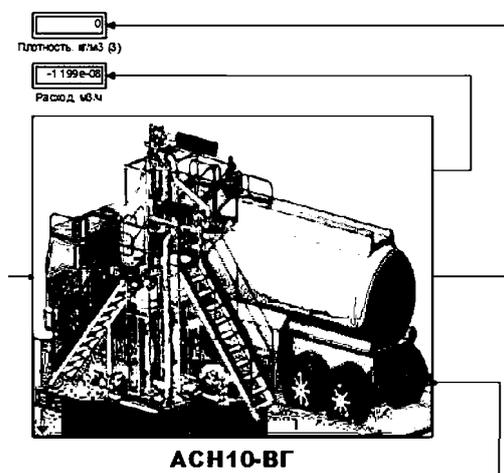


Рисунок 48 – Блок «АСН10ВГ»

Блок «АСН10ВГ» (рисунок 48) имитирует работу технических средств автоматизации, входящие в состав АСН 10-ВГ (приложение Б):

- датчик предельного уровня в автоцистерне;
- кнопка "СТОП" для аварийного останова налива;
- датчик гаражного положения наливного рукава;
- датчик наличия продукта в ФГУ;
- кнопка ПУСК/СТОП на посту налива;
- датчик гаражного положения перекидного трапа;
- кнопка аварийного останова;
- расходомер (объемный);

- устройство заземления с возможностью распознавания цистерны от металлоконструкции

Расход жидкости определяется при помощи блока Hydraulic Flow Rate Sensor (рисунок 49).

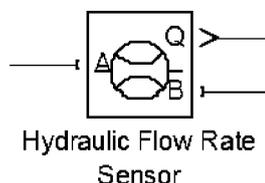


Рисунок 49 – Hydraulic Flow Rate Sensor

Hydraulic Flow Rate Sensor – блок датчик гидравлического расхода представляет собой идеальный расходомер, то есть устройство, преобразующее объемный расход через гидравлическую линию в управляющий сигнал, пропорциональный этому расходу. Датчик не учитывает инерцию, трение, задержки, потери давления и так далее. [1]

В диалоговом окне блока «АСН10ВГ» (рисунок 50), пользователь может симитировать сигналы, приходящие в РСУ по протоколу Modbus, а также с симитировать обрыв связи.

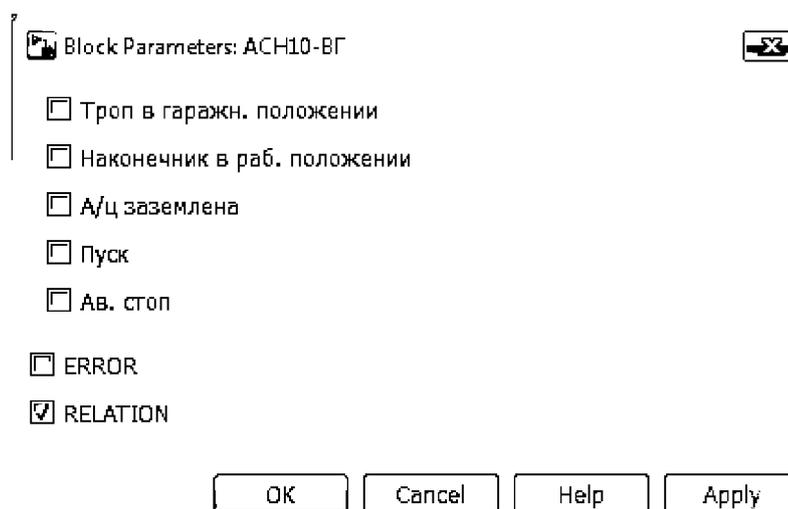


Рисунок 50 – Диалоговое окно блока «АСН10-ВГ»

### 1.3.11 Сигнализатор уровня

Блок «сигнализатор уровня» (рисунок 51) имитирует работу вибрационного датчика уровня OPTISWITCH 5200, который располагается в патрубке насоса и сигнализирует об отсутствии жидкости на входе насоса.

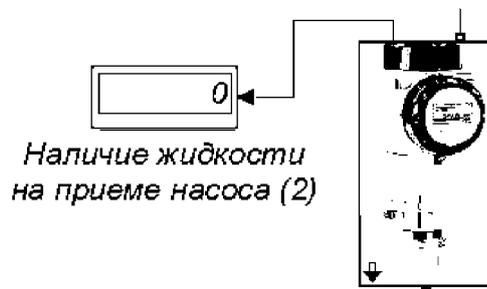


Рисунок 51 – Блок «сигнализатор уровня»

В модели в роли сигнализатора выступает блок «Compare To Const1», который имитирует нормально-закрытые контакты вибрационного датчика уровня OPTISWITCH 5200. При достижении заданных значений к переменной «LSx\_1» присваивается логическая единица.

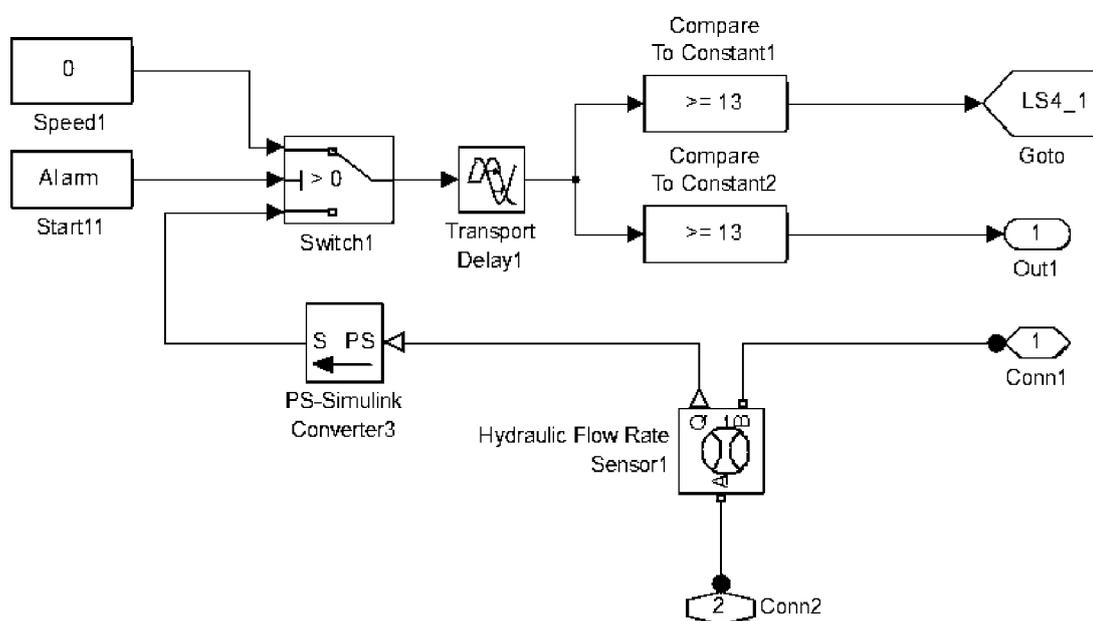


Рисунок 52 – Внутренняя структура блока «сигнализатор уровня»

В диалоговом окне блока, можно задавать уставку предельного уровня жидкости в резервуаре и с имитировать ошибку прибора (Рисунок 52).

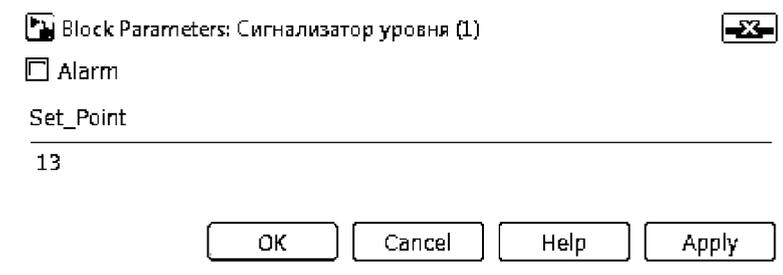


Рисунок 53 – Диалоговое окно блока «сигнализатор уровня»

### 1.3.12 Манометр сигнализирующий

Блок «манометр сигнализирующий» (рисунок 54) имитирует работу манометра ДМ5010СаЕх, который сигнализирует о низком давлении на выходе насоса.

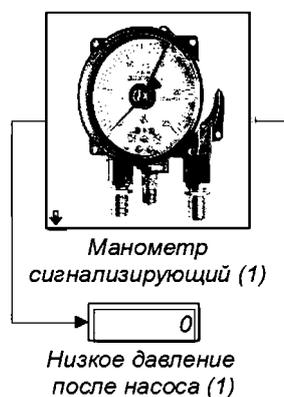


Рисунок 54 – Блок «манометр сигнализирующий».

Давление в блоке измеряется при помощи элемента Hydraulic Pressure Sensor.

Hydraulic Pressure Sensor – идеальный датчик гидравлического давления, то есть устройство, которое преобразует перепад гидравлического давления, измеренный между двумя точками, в физический управляющий сигнал, пропорциональный давлению. Соединения «А» и «В» являются консервирующими гидравлическими портами, а соединение Р-физическим сигнальным портом. [1]

Значение с Hydraulic Pressure Sensor

В роли сигнализатора выступает блок «Compare To Const1», который имитирует нормально-закрытые контакты манометра. При достижении заданных значений к переменной «PISx\_1» присваивается логическая единица.

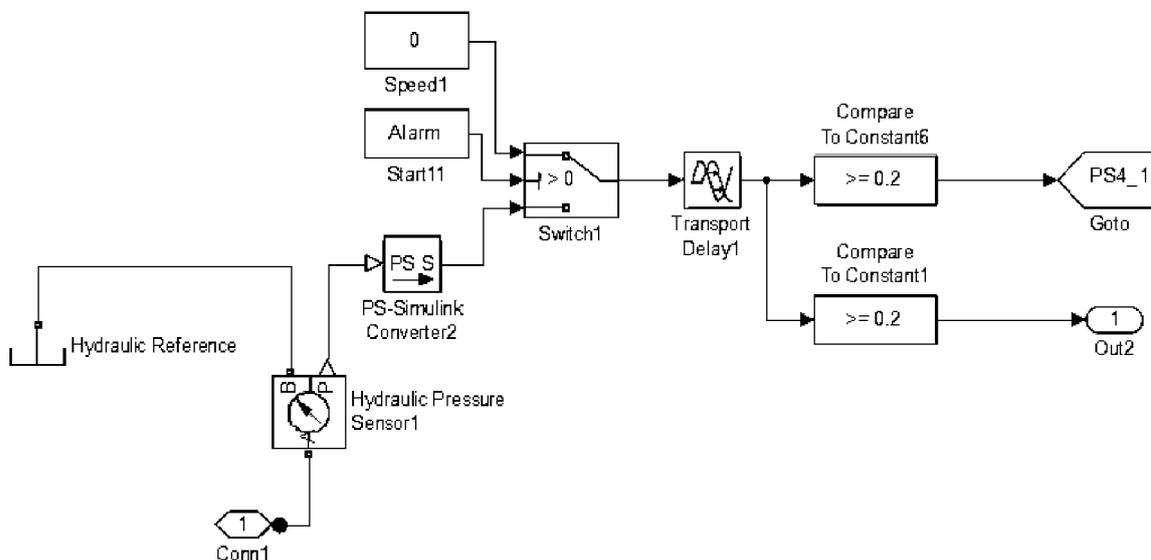


Рисунок 55 – Внутренняя структура блока «манометр сигнализирующий»

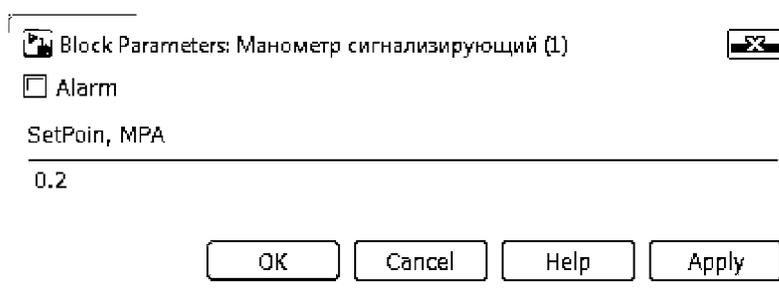


Рисунок 56 – Диалоговое окно блока «манометр сигнализирующий»

### 1.3.13 Датчик давления

Блок «датчик давления» (рисунок 57) имитирует работу датчика давления МИДА-ДИ-13П-Ех, который измеряет давление на выходе насоса.



Рисунок 57 – Блок «датчик давления»

Как и в блоке «манометр сигнализирующий», давление измеряет элемент Hydraulic Pressure Sensor.

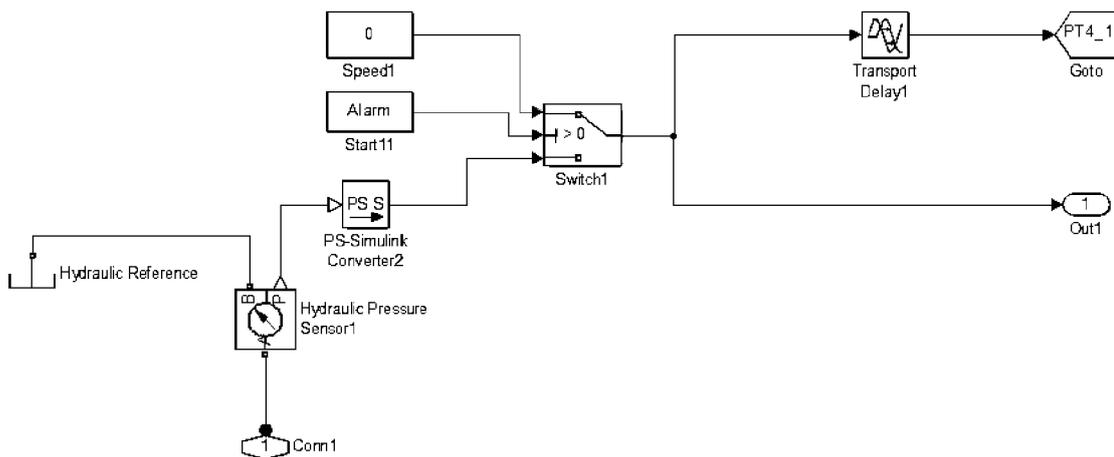


Рисунок 58 – Внутренняя структура блока «датчик давления»

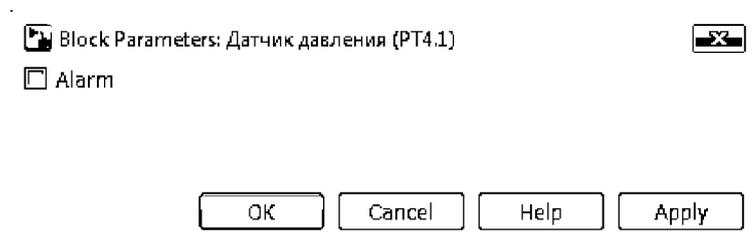


Рисунок 59 – Диалоговое окно блока «датчик давления»

### 1.3.14 Задвижка клиновья с электроприводом

Блок «задвижка клиновья с электроприводом» имитирует работу задвижки клиновья с электроприводом Auma Norm SAEx 10.2. с блоком управления Auma ACExС 01.2 PROFIBUS DP.

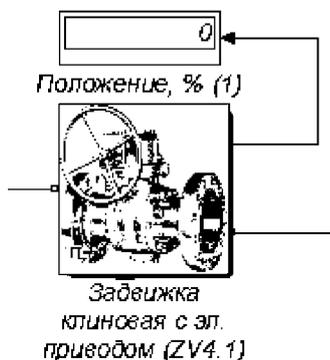


Рисунок 60 – Блок «задвижка клиновья с электроприводом»

Внутренняя структура блока представлена в приложении В.

Работу электропривода имитирует блок «2-Position Valve» Actuator (рисунок 61)

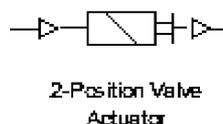


Рисунок 61 – Блок «Position Valve Actuator»

2-Position Valve Actuator – блок представляет собой модель привода, основанную на техническом паспорте, которая управляет 2-позиционными направленными дискретными клапанами и принимает 2 Положения: выдвинутое и втянутое. Привод активируется, если входной сигнал пересекает 50% его номинального значения. Привод может быть приведен в действие только положительным сигналом, подобным случаю электромагнитов переменного или постоянного тока. Нажимной штифт достигает жесткого упора после времени "включения" и втягивается во время "выключения" после пропадания управляющего сигнала. Движение может быть прервано. Профиль движения не

зависит от нагрузки. Блок имеет один физический порт ввода сигнала и один физический порт вывода сигнала. [1]

Параметры «2-Position Valve Actuator»:

1) Push-pin stroke - ход нажимного штифта. Значение для задвижек ZV4.1, ZV4.4, ZV4.10, ZV3.2 и ZV3.4 – 150 мм. Для задвижек ZV4.5, ZV4.13, ZV3.1 и ZV3.3 – 125 мм.

2) Switching-on time – время, необходимое для полного удлинения нажимного штифта после подачи управляющего сигнала. Для все задвижек установлен параметр – 25 с.

3) Switching-off time – время, необходимое для извлечения нажимного штифта из полностью выдвинутого положения после удаления входного сигнала. Для все задвижек установлен параметр – 25 с.

4) Nominal signal value – значение номинального входного сигнала. Выходное движение инициируется, когда входной сигнал пересекает 50% значение номинального сигнала. Кроме этого, входной сигнал не оказывает никакого влияния на профиль движения. Этот параметр предназначен для воспроизведения характеристики номинального напряжения электромагнита. Установлен параметр -Retracted

5) Initial position – начальное положение нажимного штифта. Параметр может иметь одно из двух значений: расширенное или убранное. Значение по умолчанию убирается.

При выборе начальной позиции учитывайте следующее:

Установившееся положение нажимного штифта всегда соответствует управляющему сигналу. Другими словами, нулевой или отрицательный сигнал удерживает толкатель на втянутом положении, а положительный сигнал – на вытянутом.

В начале моделирования, если имеется расхождение между начальным положением толкателя, заданным параметром начального положения, и управляющим сигналом, толкатель немедленно начинает двигаться в направлении установившегося положения, заданного управляющим сигналом.

6) Actuator orientation - параметр управляет направлением движения толкателя и может иметь одно из двух значений: действует в положительном направлении или действует в отрицательном направлении. Первое значение заставляет толкатель двигаться в положительном направлении, аналогично действию электромагнита, а прикрепленного к направляющему клапану. Если параметр установлен на действие в отрицательном направлении, то управляющий сигнал заставляет толкатель двигаться в отрицательном направлении от исходного положения. Значение по умолчанию – Acts in positive direction.

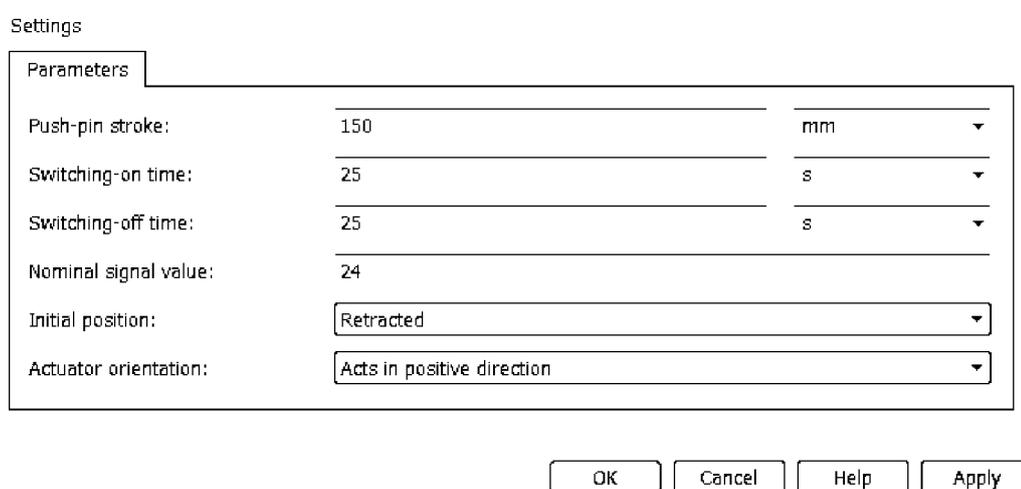


Рисунок 62 – Параметры «2-Position Valve Actuator»

Саму же задвижку имитирует блок «Gate Valve».

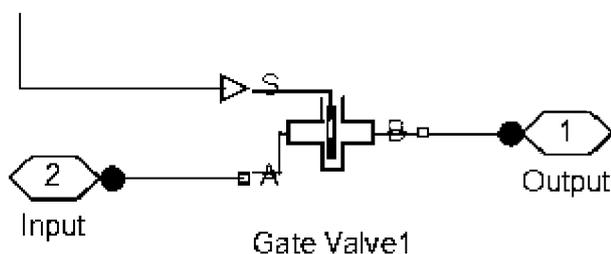


Рисунок 63 – Блок «Position Valve Actuator»

Блок задвижек моделирует клапан, состоящий из круглого отверстия в корпусе клапана и плоского затвора, который перемещается перпендикулярно оси отверстия. Отверстие в затворе имеет тот же диаметр, что и отверстие в

корпусе. При движении затвора он открывает или закрывает проход клапана (рисунок 65).

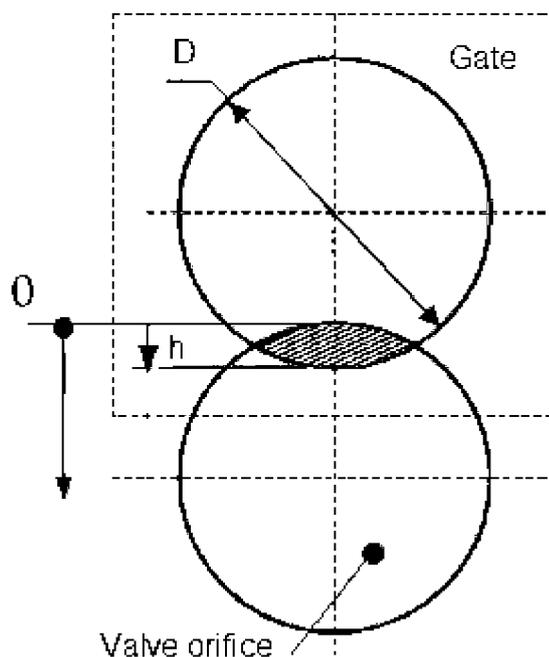


Рисунок 64 – Gate Valve

Параметры:

1) Valve orifice diameter – диаметр отверстия клапана. Отверстия в корпусе клапана и в затворе имеют одинаковый диаметр. Значение для задвижек ZV4.1, ZV4.4, ZV4.10, ZV3.2 и ZV3.4 – 150 мм. Для задвижек ZV4.5, ZV4.13, ZV3.1 и ZV3.3 – 125 мм.

2) Initial opening – начальное открытие клапана. Параметр может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Значение по умолчанию равно 0.

3) Flow discharge coefficient – полуэмпирический параметр для характеристики емкости клапана. Его величина зависит от геометрических свойств отверстия и обычно приводится в учебниках или технических паспортах производителя. Значение по умолчанию – 0,65.

4) Critical Reynolds number – максимальное число Рейнольдса для ламинарного течения. Предполагается, что переход от ламинарного режима к

турбулентному произойдет, когда число Рейнольдса достигнет этого значения. Значение параметра – 87.89.

5) Leakage area – общая площадь возможных утечек в полностью закрытом клапане. Основная цель параметра-поддерживать численную целостность контура, предотвращая изоляцию части системы после полного закрытия клапана. Изолированная или " зависшая " часть системы может повлиять на вычислительную эффективность и даже привести к сбою моделирования. Поэтому MathWorks рекомендует не устанавливать этот параметр равным 0. Значение по умолчанию –  $1e-12$ .

Settings

Parameters		
Valve orifice diameter:	150	mm
Initial opening:	0	m
Flow discharge coefficient:	0.65	
Critical Reynolds number:	87.89	
Leakage area:	$1e-12$	$m^2$

OK Cancel Help Apply

Рисунок 65 – Параметры «Gate Valve»

Блок управления Auma ACExS 01.2 является органом управления электроприводом клиновой задвижки электроприводом Auma Norm SAEx 10.2. Обмен данными между ПЛК и блоком данных происходит по протоколу PROFIBUS DP.

Profibus DP определяет технические и функциональные характеристики последовательной системы на основе полевой шины, обеспечивающей взаимодействие распределенных цифровых средств автоматизации. Profibus DP различает устройства Master (Главное) и Slave (Подчиненное).

Устройства Master определяют поток данных на шине. Устройство Master может отправлять уведомления без внешнего запроса. Устройства Master также обозначаются в протоколе Profibus как «активные участники».

Устройства Slave, приводы AUMA Profibus DP, являются периферийными. Типичными устройствами Slave являются входные и выходные устройства, клапаны, приводы и измерительные преобразователи. Они не получают права доступа к шине, т. е. могут только квитировать принятые уведомления или отправлять уведомления по запросу устройства Master. Устройства Slave также называются «пассивными участниками».

Данные о процессе передаются постоянно. Блок управления обрабатывает их по наивысшему приоритету и в кратчайшее время. С помощью данных процесса осуществляется управление задвижкой в рамках системы автоматизации, например, включение и отключение, ввод уставок и т.д.

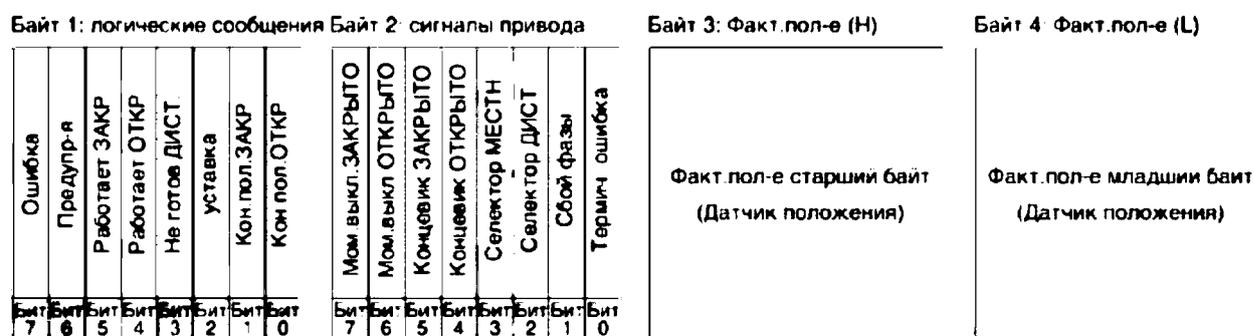


Рисунок 66 – Входные данные процесса

На рисунке 66 представлены некоторые входные данные процесса. Для получения данных о задвижке используются сообщения представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Сообщения для получения данных о задвижке

Байт	Бит	Наименование сообщения	Значение	Описание
1	0	Кон. пол. ОТКР	1	При отключении в зависимости от пути: концевой выключатель активирован в направлении ОТКР. При отключении в зависимости от крутящего момента: моментный выключатель и концевой выключатель активированы в направлении ОТКР.
			0	Нет сообщения.

Продолжение таблицы 1

1	1	Кон. пол. ЗАКР	1	При отключении в зависимости от пути: Концевой выключатель в направлении ЗАКРЫТО активирован. При отключении в зависимости от крутящего момента: моментный выключатель и концевой выключатель активированы в направлении ЗАКР.
			0	Нет сообщения.
1	6	Предупр-я	1	Общее сообщение 02: Содержит результат логической операции ИЛИ всех битов байтов 17—20 (предупреждения 1—4).
			0	В байтах 17—20 нет активных предупреждений (все биты установлены на 0).
1	7	Ошибка	1	Общее сообщение 03: Содержит результат логической операции ИЛИ всех битов байтов 15 и 16 (ошибки 1 и 2). Исполнительные команды движения привода не работают.
			0	В байтах 15 и 16 нет активных ошибок (все биты установлены на 0).
2	2	Селектор ДИСТ.	1	Селектор находится в положении <b>ДИСТАНЦИОННЫЙ</b> .
			0	Ключ-селектор не находится в положении <b>ДИСТАНЦИОННЫЙ</b> .
3	0-7	ПОЛОЖЕНИЕ	0-1000	Датчик положения.
4	0-7			

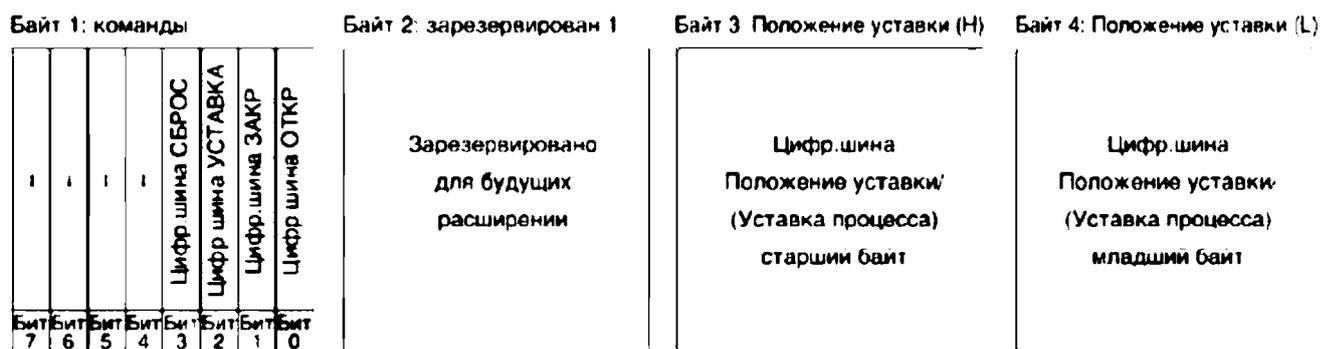


Рисунок 67 –Выходные данные

На рисунке 67 представлены некоторые выходные данные для обращения к блоку управления. Для управления задвижкой используются сообщения от блока управления представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сообщения для управления задвижкой

Байт	Бит	Наименование сообщения	Значение	Описание
1	0	Цифр.шина ОТКР	1	Команда перемещения в направлении ОТКР.
			0	Нет команды.
1	1	Цифр.шина ЗАКР	1	Команда перемещения в направлении ОТКР.
			0	Нет команды.
1	3	Цифр.шина СБРОС	1	Определенные сообщения блока управления электропривода можно сбросить с помощью этой команды, когда переключатель переведен в положение Дистанционное управление (ДИ-СТАНЦИОННЫЙ), через полевую шину (например, ошибка устройства РТС и ошибка по моменту). Функция этого бита соответствует кнопке RESET на пульте местного управления.
			0	Нет команды.

Управлять задвижкой возможно не только в дистанционном режиме, но и так же через диалоговое окно (имитация местного режима управления), а также имитировать разные аварийные режимы, такие как «ошибка», «ошибка при

открытии», «ошибка при закрытии», «ошибка положения», «потеря связи», «предупреждение» (рисунок 68).

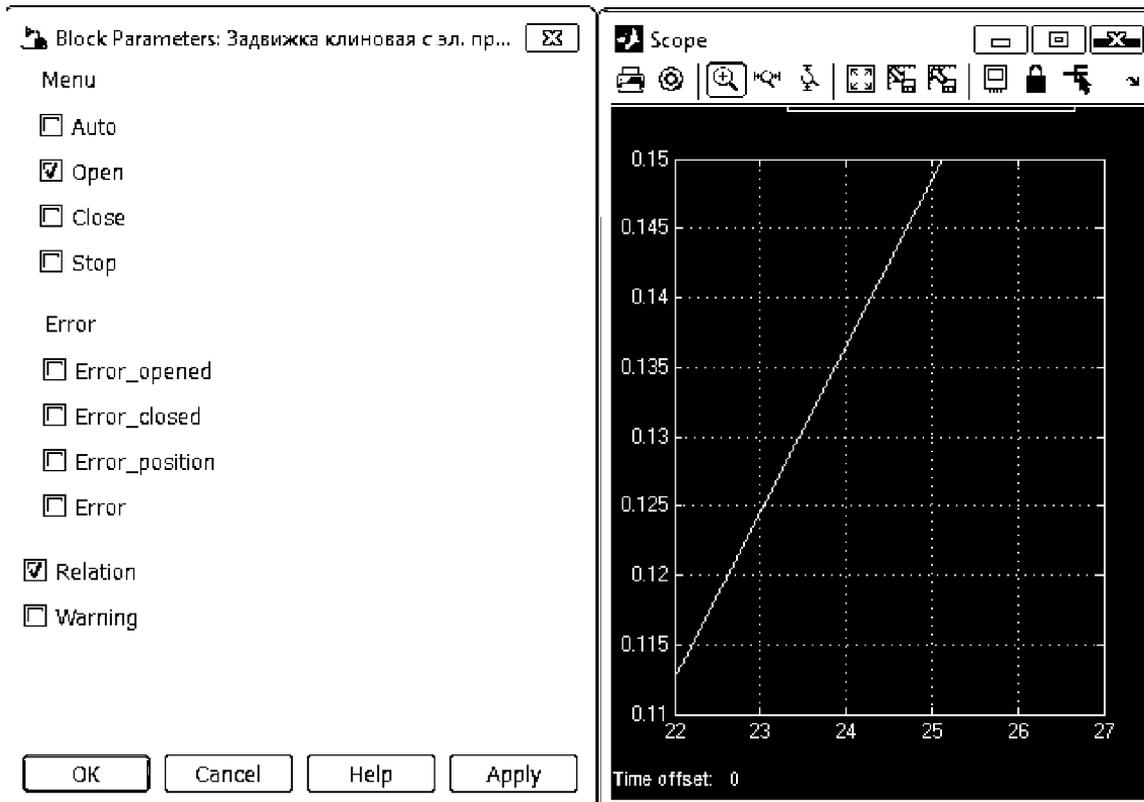


Рисунок 68 –Открытие задвижки через диалоговое окно

### 1.3.15 Преобразователь частоты

Блок «преобразователь частоты» (рисунок 69) имитирует работу преобразователя частоты SINAMICS G120P. Данный блок задает значение количества оборотов в минуту для блока «насос».

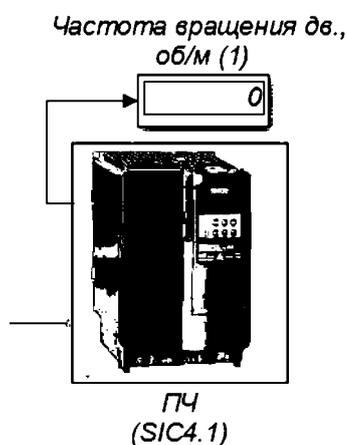


Рисунок 69 – Блок «преобразователь частоты»

Внутренняя структура блока представлена в приложении С.

Обмен данными, как и с блоком управления задвижкой, между ПЛК происходит по протоколу PROFIBUS DP.

Преобразователи частоты являются исполнительными устройствами и располагаются на нижнем уровне автоматизации технологического процесса. Преобразователи частоты являются ведомыми устройствами в сети и не могут самостоятельно получать доступ к шине, то есть они могут только отвечать на запросы ведущего устройства.

Структура рабочих данных для циклического канала определяется во 4-й версии профиля PROFIDrive и обозначается как параметры данных процесса на объекте (PPO). Профиль PROFIDrive задает структуру рабочих данных для приводов, с помощью которой мастер через циклический обмен данными может обращаться к ведомым приводам.

Структура рабочих данных при циклическом обмене подразделяется на две области, которые могут передаваться в любой телеграмме: Область параметров (PKW) для считывания/записи значений параметров; Область данных процесса (PZD), т.е. управляющие слова и уставки, или же информация о состояниях и фактические значения.

Данные о процессе передаются постоянно. Привод обрабатывает их по наивысшему приоритету и в кратчайшее время. С помощью данных процесса осуществляется управление приводом в рамках системы автоматизации, например включение и отключение, ввод уставок и т.д.

Благодаря области параметров пользователь через систему шин имеет свободный доступ ко всем параметрам, находящимся в преобразователе. Например, он может считывать детальную диагностическую информацию, сообщения о сбоях и т.д. [5]

Слово управления состоит из шестнадцати бит, каждый из которых отвечает за какую-либо функцию, например пуска, торможения, реверса и др.

Слова управления 1 приведено на рисунке 70.

Номер бита	Значение	Функция	Описание
0	1 0	Вкл. Откл. 1 (OFF1)	Переводит привод в состояние «готовность к работе». Откл. 1 – остановка по задатчику интенсивности
1	1 0	Режим работы Откл. 2 (OFF2)	– Откл. 2 – немедленная блокировка импульсов – остановка на
2	1 0	Режим работы Откл. 3 (OFF3)	– Откл. 3 – быстрая остановка – остановка с минимальным
3	1 0	Разрешение работы Запрещение работы	Управление в замкнутой системе и деблокировка импульсов управления Управление в замкнутой системе и блокировка импульсов управления
4	1 0	Режим работы Блокировка ЗИ	– Блокировка задатчика интенсивности (ЗИ) – сигнал на выходе ЗИ устанавливается в ноль.
5	1 0	Деблокировка ЗИ Удержание ЗИ	Нормальная работа задатчика интенсивности «Замораживание» текущей уставки задатчика интенсивности
6	1 0	Деблокировка задания Блокировка задания	Заданное значение подается на вход задатчика интенсивности Значение на входе задатчика интенсивности устанавливается в
7	1 0	Подтверждение ошибки –	Ошибка квитируется по положительному фронту. Преобразователь после этого переходит в состояние запрета на включение
8	1 0	Толчок вправо –	При наличии единицы привод вращается «вправо» с заданной частотой
9	1 0	Толчок влево –	При наличии единицы привод вращается «влево» с заданной частотой
10	1 0	Действительная уставка Уставка недействительна	Мастер передает корректное значение заданной скорости Мастер передает некорректное значение заданной скорости
11	1 0	Инверсия уставки Уставка не инвертируется	Двигатель вращается при положительной уставке влево Двигатель вращается при положительной уставке вправо
12	1 0	– –	Не используется
13	1 0	МОР вверх –	Мотор потенциометр – вверх –
14	1 0	МОР вниз –	Мотор потенциометр – вниз –
15	1 0	Локальное управление	Локальное управление (панель управления, аналоговый вход) Удаленное управление

Рисунок 70 – Слово управление 1

Для сигнала задания на частоту также выделяется 16 бит, как и для слова управления. По умолчанию сигналу задания на частоту в 50 Гц соответствует величина 4000 hex. Эта величина соответствует значению 214, то есть под номинальное значение частоты выделяется 14 разрядов. Тогда с учетом того, что старший разряд зарезервирован под знак числа, максимальное значение частоты, которое можно задать по сети, составляет приблизительно 100 Гц или 7FFF hex.

Однако в преобразователе частоты предусмотрен параметр P2000, в котором можно изменить нормализацию частоты, то есть изменить соотношение 50 Гц – 4000 hex.

Так же необходимо получать сигналы готовности преобразователя к работе, сигналы ошибок, сигналы предупреждений и др. Это осуществляется посредством слова состояния 1, которое приведено на рисунке 71.

Номер бита	Значение	Функция	Описание
0	1	Готовность к включению	Питание преобразователя включено, электроника в исходном состоянии, импульсы управления отключены
	0	Готовность отсутствует	
1	1	Готовность к работе	См. «Слово управления 1», бит 0. Преобразователь включен. При поступлении команды «Работа разрешена» происходит пуск преобразователя Преобразователь не готов к работе (нет команды на включение, неисправность, откл. 2, откл. 3, блокировка)
	0	Готовность отсутствует	
2	1	Работа разрешена	См. «Слово управления 1», бит 3
	0	Работа запрещена	
3	1	Ошибка	Код ошибки отображается в параметре r0947. После квитирования ошибки происходит блокировка включения
	0	–	
4	1	–	–
	0	Команда Откл. 2	
5	1	–	См. «Слово управления 1», бит 1
	0	Команда Откл. 3	
6	1	Блокировка включения	Требуется повторное включение через Откл. 1 и затем Вкл. (см. слово управления, бит 0)
	0	Блокировка отсутствует	
7	1	Предупреждение	Выводится в параметре r2110. Привод остается в работе
	0	–	
8	1	Допустимая ошибка по скорости	Ошибка по скорости находится в допустимых пределах
	0	Недопустимая ошибка по скорости	
9	1	Требуется управление от мастера	Требуется, чтобы мастер взял управление на себя
	0	Местное управление	
10	1	$f_{max}$ достигнуто	Исходная частота больше или равна максимальной частоте
	0	$f_{max}$ не достигнуто	
11	1	–	Достигнут предельный ток двигателя
	0	Достигнуто ограничение по току	
12	1	–	Сигнал может быть использован для управления тормозом
	0	Тормоз двигателя	
13	1	–	Данные говорят о перегрузке двигателя
	0	Перегрузка двигателя	
14	1	Вращение вправо	
	0	Вращение влево	
15	1	–	Например, по току или температуре
	0	Перегрузка преобразователя	

Рисунок 71 – Слово состояния 1

Из представленных функций управления и контроля приводом и используются и симитированы в блоке «преобразователь частоты» следующие функции:

- «Вкл.»;
- «Откл. 3»;
- «Подтверждение ошибки»;
- «Задание частоты»;
- «Готовность к включению»;
- «Готовность к работе»;
- «Работа разрешена»;
- «Ошибка»;
- «Блокировка включения»;
- «Предупреждение»;
- «Достигнуто ограничение по току»;
- «Перегрузка преобразователя»

Управление, плавный пуск привода, быстрая остановка возможно осуществлять через диалоговое окно (имитация местного режима управления), а также имитировать разные аварийные режимы, такие как «ошибка», «перегрузка», «граничное значение тока», «потеря связи», «предупреждение» (рисунок 72-74).

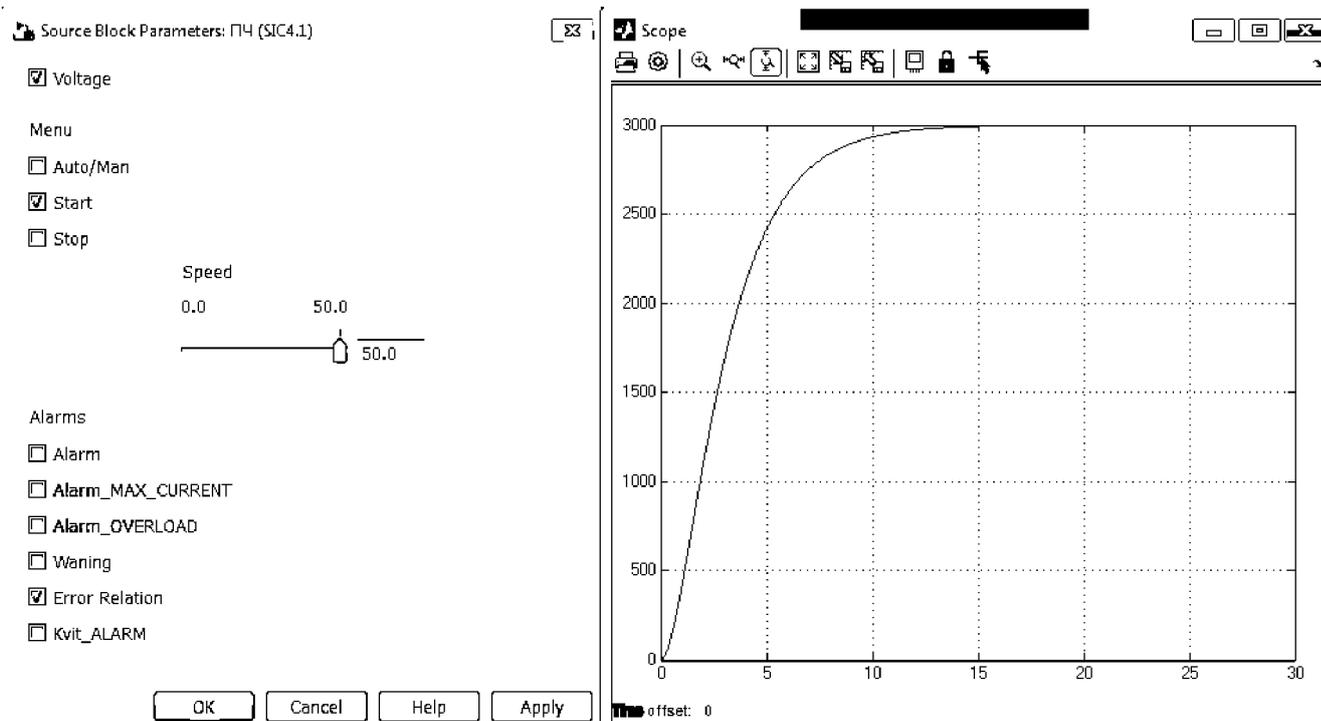


Рисунок 72 – Плавный пуск привода с установленной частотой 50 Гц (местный режим управления)

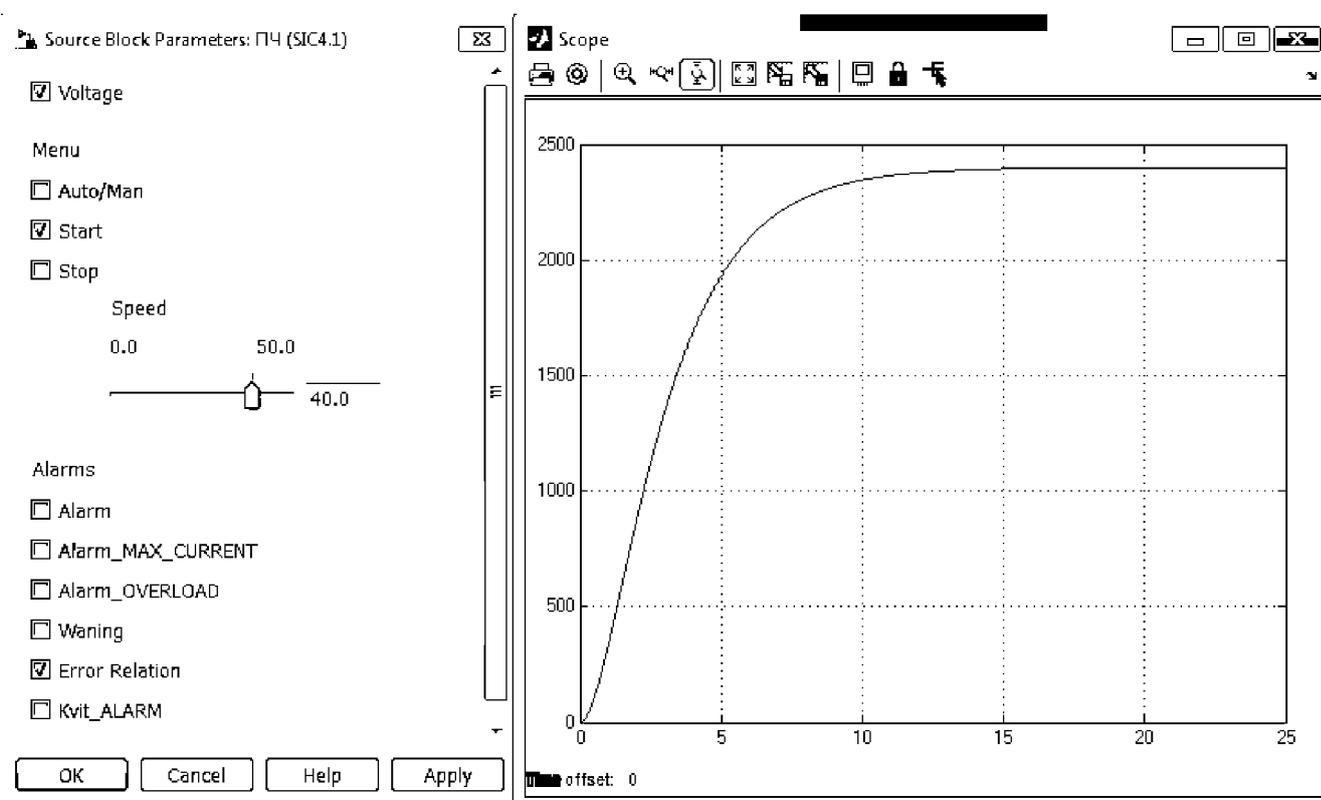


Рисунок 73 – Плавный пуск привода с установленной частотой 40 Гц (местный режим управления)

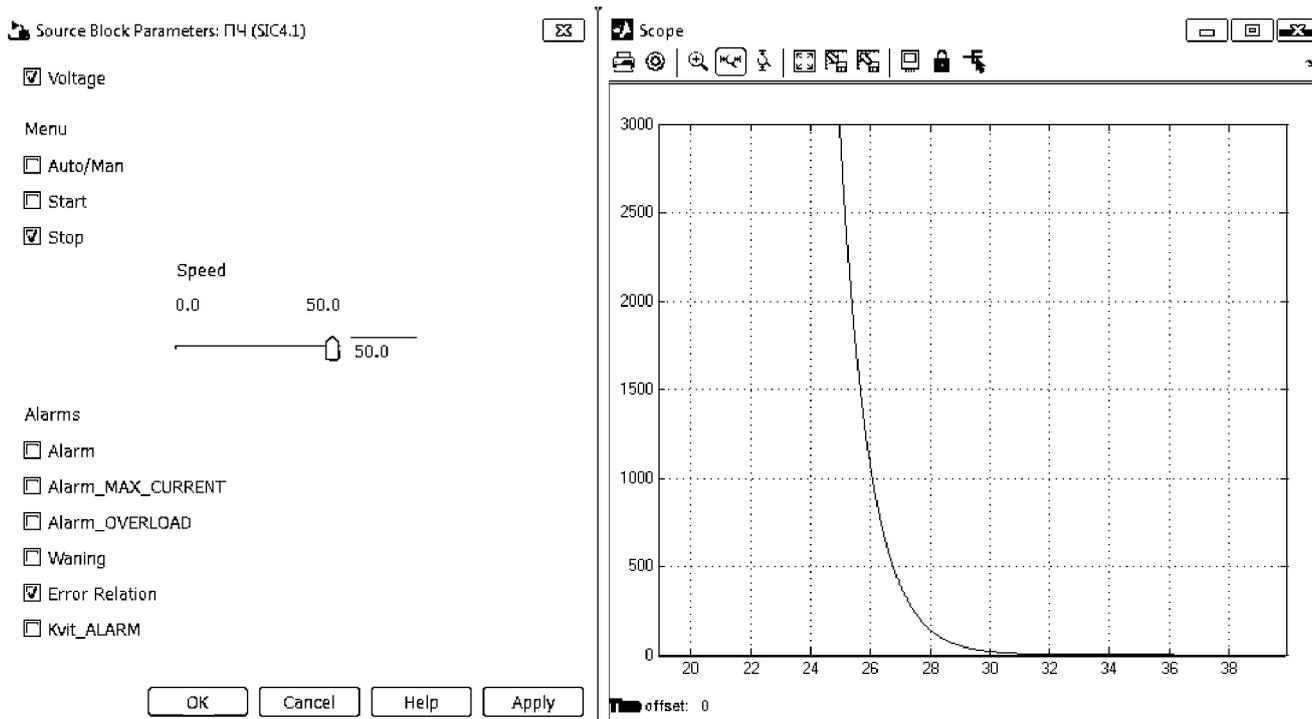


Рисунок 74 – Быстрая остановка привода (местный режим управления)

### 1.3.16 Насос

Блок «насос (Н-1)» и «насос (Н-2)» имитирует работу насосной установки УОДН-200-150-125.

Блок «насос (Н-7)» и «насос (Н-8)» имитирует работу насосной установки КМН 100-80-160Е.

Блок «насос (Н-6)» имитирует работу насосной установки КМ 80-50-215Е.

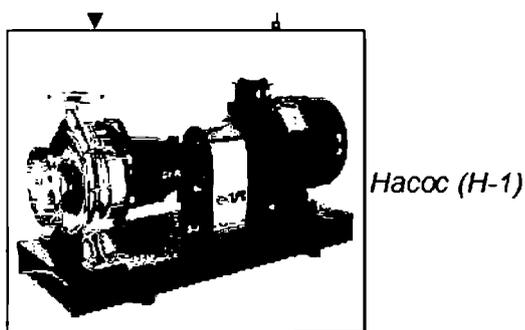


Рисунок 75 – Блок «насос»

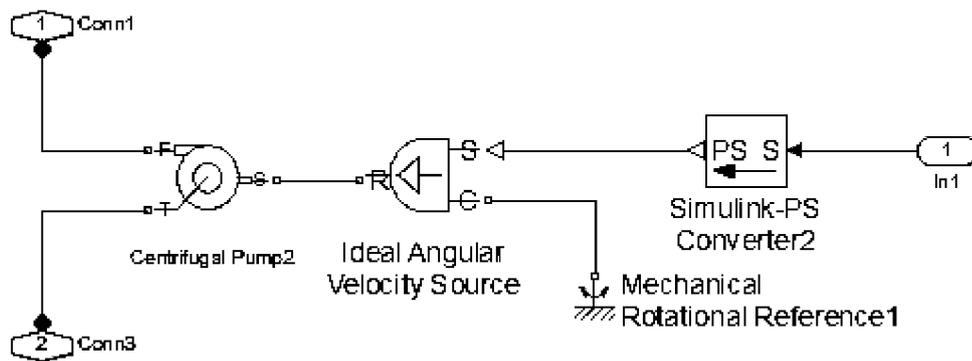


Рисунок 76 – Внутренняя структура блока «насос»

В данный блок входят блоки: блок «Ideal Angular», «Velocity Source» и блок «Centrifugal Pump».

Ideal Angular Velocity Source – блок источника идеальной угловой скорости представляет собой идеальный источник угловой скорости, который генерирует разность скоростей на своих клеммах, пропорциональную входному физическому сигналу. Источник идеален в том смысле, что предполагается, что он достаточно мощный, чтобы поддерживать заданную скорость независимо от крутящего момента, оказываемого на систему.

Соединения R и C являются механическими вращательными консервирующими портами. Порт S – это физический сигнальный порт, через который подается управляющий сигнал, приводящий в действие источник. Относительная скорость (перепад скоростей) поперек источника прямо пропорциональна сигналу на управляющем порту S. Для формирования желаемого профиля изменения скорости можно использовать все разнообразие источников сигналов Simulink.

Положительное направление блока находится от порта R к порту C. Это означает, что скорость измеряется  $w_R$  минус  $w_C$ , где  $w_R$ ,  $w_C$  – абсолютные угловые скорости в портах R и C соответственно, а крутящий момент через источник положителен, если он направлен от R к C. мощность, генерируемая источником, отрицательна, если источник подает энергию в порт R. [1]

Centrifugal Pump – блок центробежного насоса представляет собой центробежный насос любого типа в виде модели на основе технического паспорта.

Для моделирование насосных установки,

Для параметризации модели использованы паспортные данные насосных установок, а точнее P-Q и N-Q характеристики (By two 1D characteristics: P-Q and N-Q).

Наименование основных параметров, единица измерения	Значение
1 Подача, м <sup>3</sup> /час	75 ... 185
2 Напор, м	52 ... 28
3 Высота всасывания, м, не более	8
4 Температура перекачиваемой жидкости, °С***	-20...90
5 Объемная концентрация твердых частиц, %, не более	10
6 Максимальный размер твердых частиц в жидкости, мм	10
7 Вязкость перекачиваемой жидкости, сСт, не более	500
8 Плотность перекачиваемой жидкости, кг/м <sup>3</sup> , не более	1000
9 Мощность привода, кВт	30
10 Частота вращения вала насоса, об/мин	3000 <sub>.80</sub>

Рисунок 77 – Паспортные данные УОДН-200-150-125

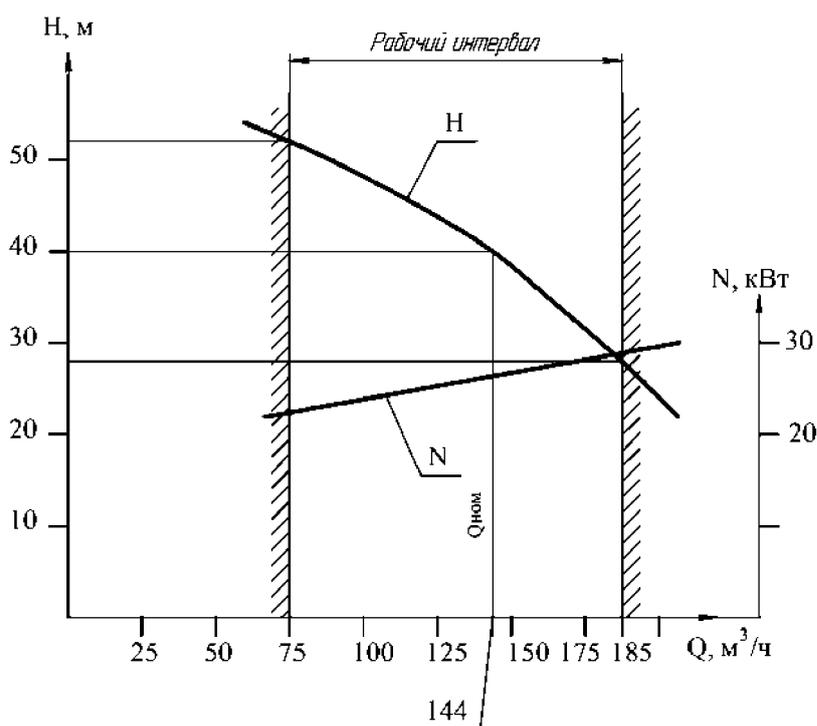


Рисунок 78 – P-Q и N-Q характеристики УОДН-200-150-125.

Settings

Parameters	
Model parameterization:	By two 1D characteristics: P-Q and N-Q
Reference angular velocity:	3000 rpm
Reference density:	997 kg/m <sup>3</sup>
Pump delivery vector for P-Q table:	[0 75 144 185 ] m <sup>3</sup> /hr
Pressure differential across pump vector:	[5.39 5.1 3.92 2.75] bar
Pump delivery vector for N-Q table:	[0 75 144 185 ] m <sup>3</sup> /hr
Brake power vector for N-Q table:	[17.5 22 26 30] kW
Interpolation method:	Cubic
Extrapolation method:	From last 2 points

Рисунок 79 – Параметры блока «Centrifugal Pump» моделирующий насосную установку УОДН-200-150-125

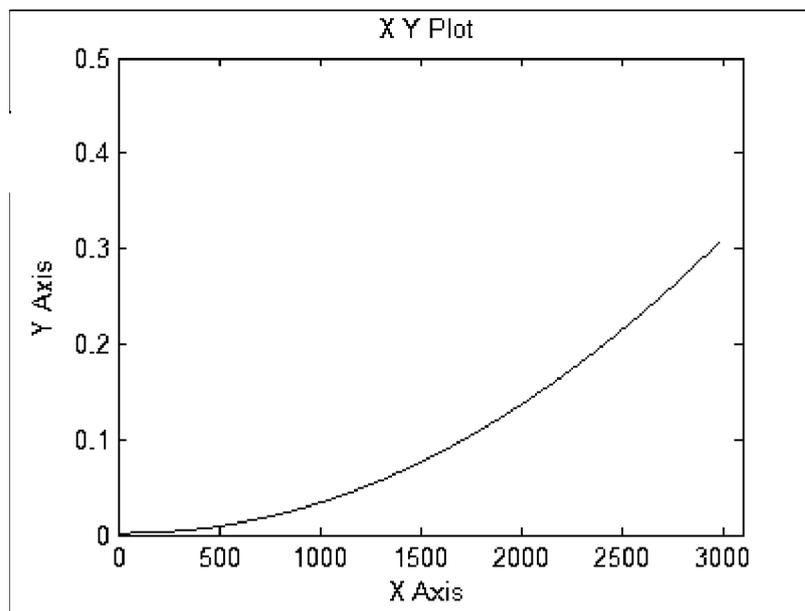


Рисунок 80 – Зависимость давления (Мпа, ось Y) на выходе моделируемой насосной установки УОДН-200-150-125 от кол-во оборотов (об/мин, ось X) её привода

Подача (номин.), м <sup>3</sup> /ч	<b>100</b>
Напор, м	<b>33</b>
Давление на входе в насос, кгс/см <sup>2</sup> , не более	<b>3.5</b>
Мощность потребляемая насосом (макс.), кВт	<b>12.7</b>
Частота вращения, об/мин	<b>2935</b>

Рисунок 81 – Паспортные данные КМН 100-80-160Е

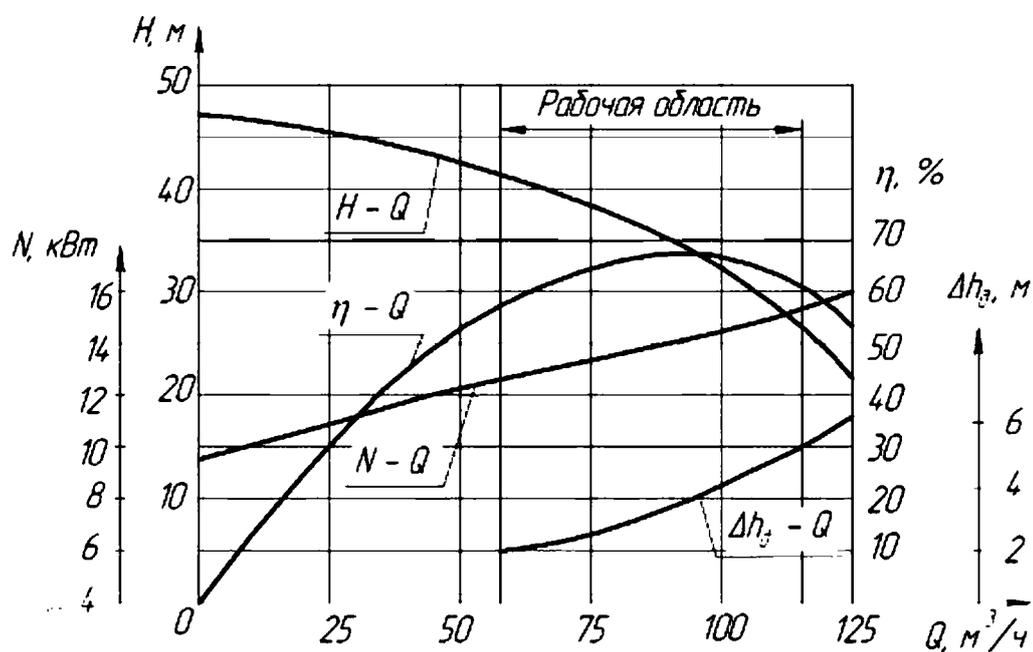


Рисунок 82 – P-Q и N-Q характеристики КМН 100-80-160Е

Parameters		
Model parameterization:	By two 1D characteristics: P-Q and N-Q	
Reference angular velocity:	2935	rpm
Reference density:	997	kg/m <sup>3</sup>
Pump delivery vector for P-Q table:	[0 50 75 100 125]	m <sup>3</sup> /hr
Pressure differential across pump vector:	[4.65 4.41 3.72 3.43 2.15]	bar
Pump delivery vector for N-Q table:	[0 50 75 100 125]	m <sup>3</sup> /hr
Brake power vector for N-Q table:	[9.8 12.2 13.5 14.4 16]	kW
Interpolation method:	Cubic	
Extrapolation method:	From last 2 points	

Рисунок 83 – Параметры блока «Centrifugal Pump» моделирующий насосную установку КМН 100-80-160Е

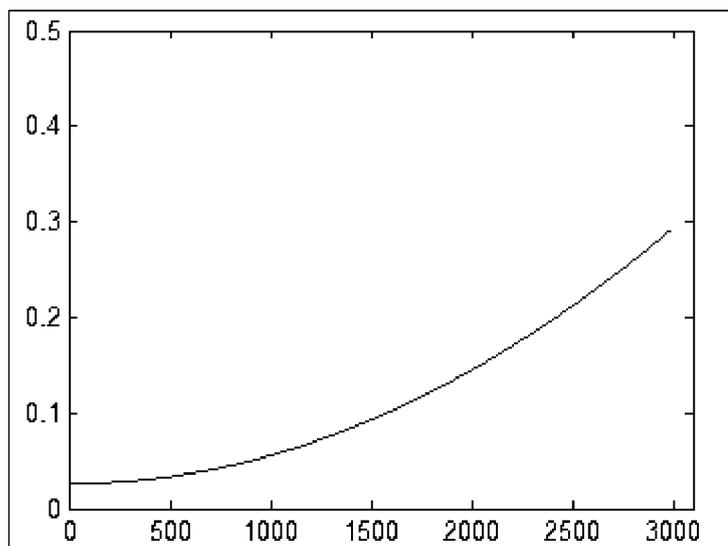


Рисунок 84 – Зависимость давления (Мпа, ось Y) на выходе моделируемой насосной установки КМН 100-80-160Е от кол-во оборотов (об/мин, ось X) её привода

## 2 ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ

### 2.1 Структура проекта в SIMATIC Manager

Программный пакет STEP 7 – базовое программное обеспечение для программирования и проектирования систем SIMATIC S7.

В данном ПО создан проект «АТХ». Папка проекта «S7 Program(1)» содержит:

- папку «Blocks», в которой содержатся логические блоки и блоки данных (организационные(OB), функциональные(FB) и функциями(FC)) (рисунок 84);

- компонент «Symbols» позволяет дать адресам символические имена, что позволяет применять осмысленные имена и делая программу более читаемой (рисунок 86-87)

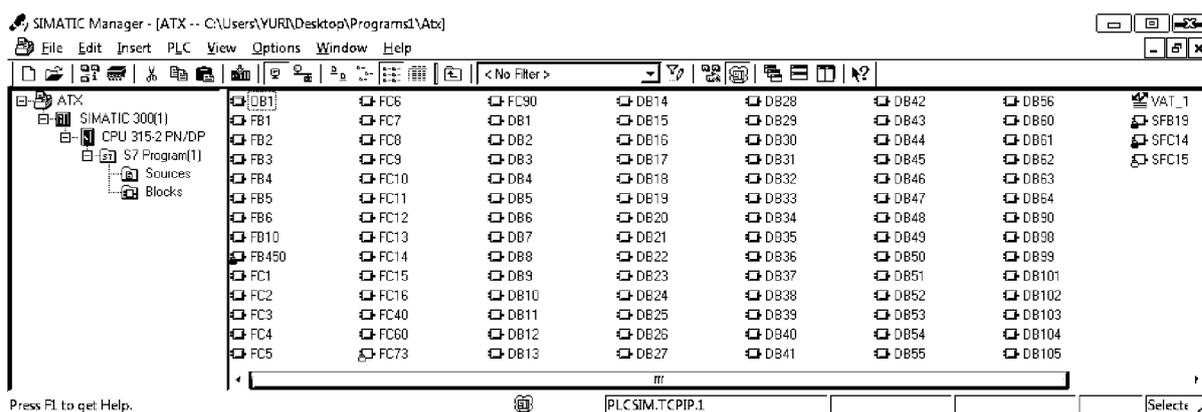


Рисунок 85 – Логические блоки и блоки данных

Symbol	Address	Data type	Comment
SIMATIC5 G120C PROFIBUSS	DB 1	DB 1	Структура входящей и исходящей телеграммы ПЧ SIMATIC5 G120C
SIC 4.1 Simulink	DB 2	DB 2	Сигналы с имитационной модели ПЧ SIMATIC5 G120C SIC 4.1 в Simulink
SIC 4.2 Simulink	DB 3	DB 3	Сигналы с имитационной модели ПЧ SIMATIC5 G120C SIC 4.2 в Simulink
SIC 4.6 Simulink	DB 4	DB 4	Сигналы с имитационной модели ПЧ SIMATIC5 G120C SIC 4.6 в Simulink
SIC 4.7 Simulink	DB 5	DB 5	Сигналы с имитационной модели ПЧ SIMATIC5 G120C SIC 4.6 в Simulink
SIC 4.8 Simulink	DB 6	DB 6	Сигналы с имитационной модели ПЧ SIMATIC5 G120C SIC 4.8 в Simulink
Auma NORM PROFIBUSS	DB 7	DB 7	Структура входящей и исходящей телеграммы блока управ. клин. задвижкой Auma NORM
ZV4.1 Simulink	DB 8	DB 8	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV4.1 в Simulink
ZV4.4 Simulink	DB 9	DB 9	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV4.4 в Simulink
ZV4.5 Simulink	DB 10	DB 10	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV4.6 в Simulink
ZV4.10 Simulink	DB 11	DB 11	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV4.10 в Simulink
ZV4.13 Simulink	DB 12	DB 12	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV4.13 в Simulink
ZV3.2 Simulink	DB 13	DB 13	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV3.2 в Simulink
ZV3.4 Simulink	DB 14	DB 14	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV3.4 в Simulink
ZV3.1 Simulink	DB 15	DB 15	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV3.1 в Simulink
ZV3.3 Simulink	DB 16	DB 16	Сигналы с имитационной модели БУ задвижки Auma NORM ZV3.3 в Simulink
ET PROFINET	DB 17	DB 17	Структура входящей и исходящей телеграммы модуля связи Rosemount 2410 (ET)
ET3.1 Simulink	DB 18	DB 18	Сигналы с имитационной модели модуля связи Rosemount 2410 (ET) в Simulink
ET3.7 Simulink	DB 19	DB 19	Сигналы с имитационной модели модуля связи Rosemount 2410 (ET) в Simulink
ET3.2 Simulink	DB 20	DB 20	Сигналы с имитационной модели модуля связи Rosemount 2410 (ET) в Simulink
ET3.8 Simulink	DB 21	DB 21	Сигналы с имитационной модели модуля связи Rosemount 2410 (ET) в Simulink
LS3.2-LS3.4 Simulink	DB 22	DB 22	Сигналы с имит. м. Rosemount 2410 (ET) сигн-их о крит. ур. в резервуаре
LS3.1-LS3.3 Simulink	DB 23	DB 23	Сигналы с имит. м. Rosemount 2410 (ET) сигн-их о предель. нижн. ур. в резервуаре
Pump_fluid Simulink	DB 24	DB 24	Сигналы с имит. датчиков уровня жидкости в патрубке насосе
Pressure_after_pump Sim	DB 25	DB 25	Сигналы с имит. моделей датчиков давления после насоса
ACH10BG Simulink	DB 26	DB 26	Сигналы с имит. модели ACH10-BG
Drainage Simulink	DB 27	DB 27	Сигналы с имит. моделей сигнализаторов уровня в дренажных емкостях
Gas Simulink	DB 28	DB 28	Сигналы с имит. моделей газаанализаторов
Fire_safety Simulink	DB 29	DB 29	Сигналы с имит. модели пожарной сигнализации
Flooding Simulink	DB 30	DB 30	Сигналы с имит. модели датчика протечки жидкости в насосной
ZV4.1_value	DB 31	DB 31	Структура блока данных задвижки ZV4.1
ZV4.4_value	DB 32	DB 32	Структура блока данных задвижки ZV4.4
ZV4.5_value	DB 33	DB 33	Структура блока данных задвижки ZV4.5
ZV4.10_value	DB 34	DB 34	Структура блока данных задвижки ZV4.10
ZV4.13_value	DB 35	DB 35	Структура блока данных задвижки ZV4.13
ZV3.1_value	DB 36	DB 36	Структура блока данных задвижки ZV3.1
ZV3.2_value	DB 37	DB 37	Структура блока данных задвижки ZV3.2
ZV3.3_value	DB 38	DB 38	Структура блока данных задвижки ZV3.3
ZV3.4_value	DB 39	DB 39	Структура блока данных задвижки ZV3.4
Tank1_protection_value	DB 40	DB 40	Структура блока данных защиты резервуара 1
Tank2_protection_value	DB 41	DB 41	Структура блока данных защиты резервуара 2
Tank1_accouting_value	DB 42	DB 42	Структура блока данных учета нефтепродуктов резервуара 1
Tank2_accouting_value	DB 43	DB 43	Структура блока данных учета нефтепродуктов резервуара 2
Drainage_EP-1_value	DB 44	DB 44	Структура блока данных контроля уровня жидкости в дренажной емкости EP-1
Drainage_EP-2_value	DB 45	DB 45	Структура блока данных контроля уровня жидкости в дренажной емкости EP-2
Drainage_EP-3_value	DB 46	DB 46	Структура блока данных контроля уровня жидкости в дренажной емкости EP-3
QISA1.1_Value	DB 47	DB 47	Структура блока данных газаанализатора QISA1.1
QISA2.1_Value	DB 48	DB 48	Структура блока данных газаанализатора QISA2.1
QISA3.1_Value	DB 49	DB 49	Структура блока данных газаанализатора QISA3.1
QISA4.1_Value	DB 50	DB 50	Структура блока данных газаанализатора QISA4.1
SIC4.1	DB 51	DB 51	Структура блока данных ПЧ SIC4.1
SIC4.2	DB 52	DB 52	Структура блока данных ПЧ SIC4.2

Рисунок 86 – Блоки программы управления

Process_1	DB	53	FB	3	Структура блока данных о операции "слива ДТ с ж/д цистерн"
SIC4.6	DB	54	DB	54	Структура блока данных ПЧ SIC4.6
SIC4.7	DB	55	DB	55	Структура блока данных ПЧ SIC4.7
SIC4.8	DB	56	DB	56	Структура блока данных ПЧ SIC4.8
Fire	DB	60	DB	60	Структура блока данных пожарной сигнализации
Process_1	DB	61	DB	61	Структура блока данных операции "слива ДТ с ж/д цистерн"
Process_3	DB	62	DB	62	Структура блока данных операции "перелив ДТ из резервуара 1 в резервуар 2"
Process_4	DB	63	DB	63	Структура блока данных операции "перелив ДТ из резервуара 2 в резервуар 1"
Process_2	DB	64	DB	64	Структура блока данных операции "налив дт в а/ц"
Alarm	DB	98	DB	98	Структура блока данных аварий
Dives	DB	101	FB	1	
Alarms1	DB	102	FB	2	
Process_3	DB	103	FB	4	
Process_4	DB	104	FB	5	
Process_2	DB	105	FB	6	
Control dives	FB	1	FB	1	Управление оборудованием
Process1	FB	3	FB	3	Операция "слива ДТ с ж/д цистерн"
Process3	FB	4	FB	4	Операция "перелив ДТ из резервуара 1 в резервуар 2"
Process4	FB	5	FB	5	Операция "перелив ДТ из резервуара 2 в резервуар 1"
Process2	FB	6	FB	6	Операция "налив дт в а/ц"
Control SIMATICS G120C	FC	1	FC	1	Управление насосом
Control Auma NORM	FC	2	FC	2	Управление задвижкой
Valve control	FC	3	FC	3	Управление задвижками
Tank_protection	FC	4	FC	4	Защита резервуара
Tank_control	FC	5	FC	5	Учет и защита резервуаров
Tank_accouting	FC	6	FC	6	Учет нефтепродуктов в резервуаре
Drainage	FC	7	FC	7	Контроль уровня жидкости в дренажной емкости
Control drainage	FC	8	FC	8	Контроль уровня жидкости в дренажных емкостях
Gas contamination	FC	9	FC	9	Контроль загазованности участка
Control gas	FC	10	FC	10	Контроль загазованности всей нефтебазы
Drive	FC	11	FC	11	Управление насосом
Control drives	FC	12	FC	12	Управление насосами
Control_fire	FC	13	FC	13	Контроль пожара
Control_alarms	FC	14	FC	14	Контроль аварий
Analysis	FC	15	FC	15	Анализ готовности операций
GZ_STD_4	FC	73	FC	73	
ALARMS	FC	90	FC	90	Аварии
PUT	SFB	15	SFB	15	Write Data to a Remote CPU
START	SFB	19	SFB	19	Initiate a Complete Restart on a Remote Device
DPRD_DAT	SFC	14	SFC	14	Read Consistent Data of a Standard DP Slave
DPWR_DAT	SFC	15	SFC	15	Write Consistent Data to a Standard DP Slave
ALARM_S	SFC	18	SFC	18	Generate Permanently Acknowledged Block-Related Messages
VAT_1	VAT	1			

Рисунок 87 – Блоки программы управления

Папка SIMATIC 300Station содержит все данные проекта относящиеся к аппаратуре. Компонент Hardware используется для указания параметров программируемого контроллера (конфигурация аппаратуры) (рисунок 88). Данные этой конфигурации передаются в программируемый контроллер позднее путем «загрузки».

Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address
1	PS 307 5A	6ES7 307-1EA01-0AA0				
2	<b>CPU 315-2 PN/DP</b>	<b>6ES7 315-2EH14-0AB0</b>	<b>V3.2</b>			
X1	MPI/DP				2047*	
X2	FN/DI				2046*	
X2 P1 R	Port 1				2045*	
X2 P2 R	Port 2				2044*	
3	IM 360	6ES7 360-3AA01-0AA0			2000	
4	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL80-0AA0			0...3	
5	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL80-0AA0			4...7	
6	A18x16Bit	6ES7 331-7NF00-0AB0			288...303	
7	A18x16Bit	6ES7 331-7NF00-0AB0			304...319	
8	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				16...19
9	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				20...23

Рисунок 88 – Конфигурационная таблице с адресами MPI и входов/выходов

Конфигурирование Master-системы DP производилась так же в компоненте «Hardware».

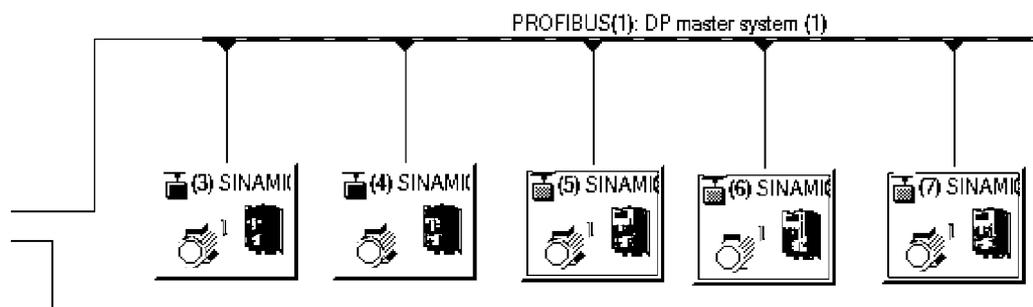


Рисунок 89 – Конфигурирование Master-системы DP

Преобразователь частоты привязан к контроллеру SIMATIC через файлы GSD, скачанные с официального сайта Siemens.

В HW-Konfig назначены адреса для ПЧ и для блоков управления задвижек. В обоих случаях для коммуникации выбрана стандартная телеграмма 1.

Slot	DP ID	Order Number / Designation	I Address	Q Address
1	195	Standard telegram 1, PZD-2/2	256...259	256...259

Рисунок 90 – Установка адреса Slave-устройствам и выбор тип телеграмм

## 2.2 Главная программа управления

При первом запуске программы подается команда на отключение всех насос и закрытие задвижек. Затем начинает работать циклически обрабатываемая главная программа.

Главная программа осуществляется в организационном блоке OB1.

Сначала в блоке OB1 вызывается функциональный блок FB1, в котором происходит опрос и управление задвижками (функция FC3), контроль уровня жидкости в дренажных емкостях (функция FC7), контроль уровня жидкости в резервуарах (функция FC5), контроль загазованности (функция FC10), контроль пожара (функция FC13).

□ Network 1: Управление оборудованием

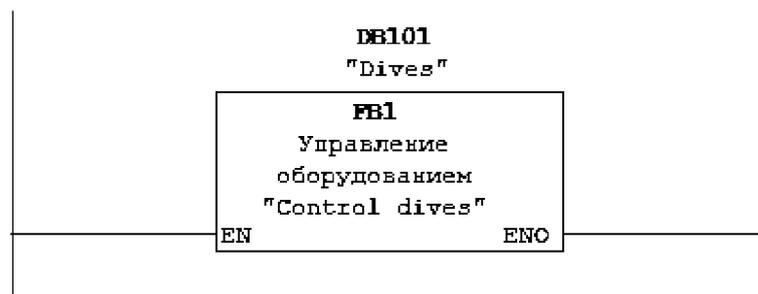


Рисунок 91 – Функциональный блок FB1

Далее осуществляется анализ всех аварийных ситуаций функцией FC14. В случае любой из аварий в переменную "Alarm".Alarm записывается логическое значение «true».

□ Network 2: Контроль аварий

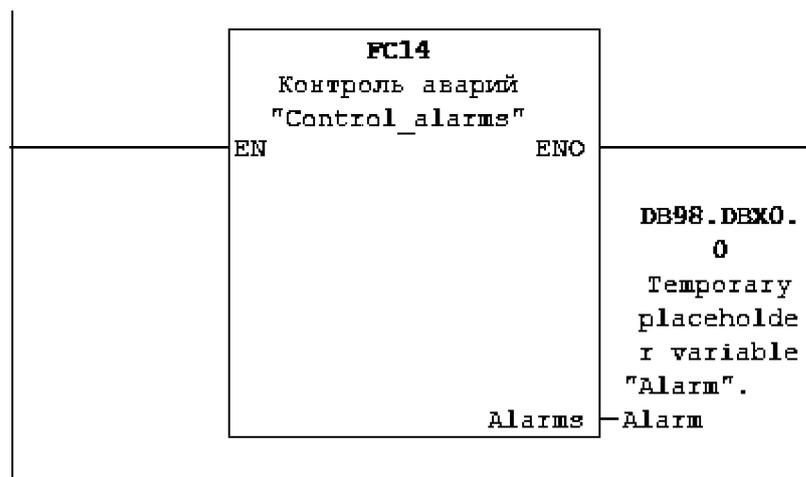


Рисунок 92 – Функция FC14

После функции FC14 вызывается функция FC15, в которой происходит анализ готовности оборудования к запуску технологических операций. И в случае если какая-нибудь технологическая операция невозможна к запуску из-за состояния какого-то оборудования, операция блокируется. За блокировку операций отвечают переменные: "Process\_1".Block, "Process\_2".Block, "Process\_3".Block, "Process\_4".Block в которые. при блокировке операций записывается логическое значение «true».

□ Network 3 : Анализ готовности оборудования

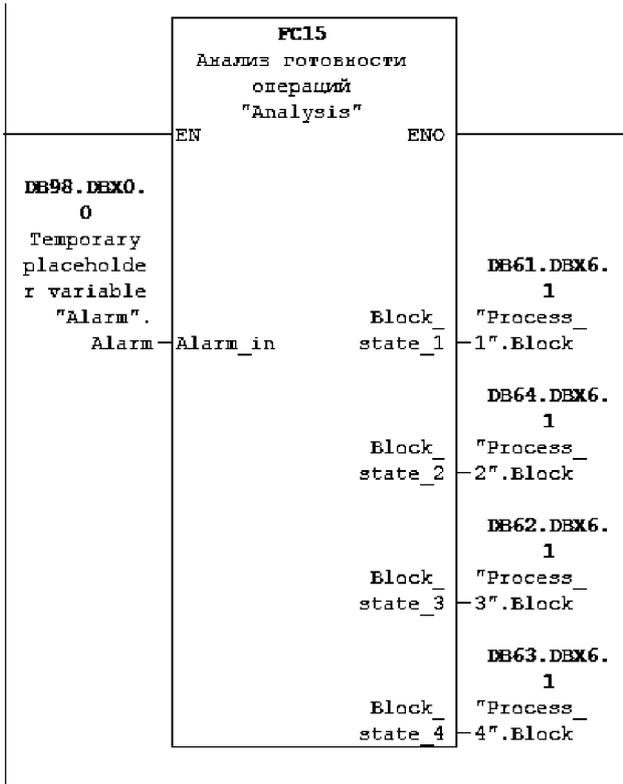


Рисунок 93 – Функция FC15

Далее поочередно начинают опрашиваться программы управления технологическими операциями. При блокировке технологической операции опрос данной операции не осуществляется. При любой из аварий запуск технологических операций невозможен.

□ Network 4 : Операция слив ДТ с ж/д цистерн в резервуар

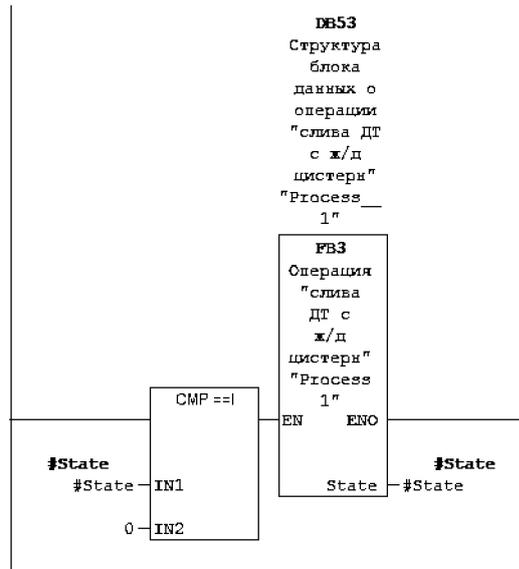


Рисунок 94 – Опрос программы управления технологической операцией «Слив ДТ с ж/д цистерны»

□ Network 5 : Операция налив ДТ в авто цистерны

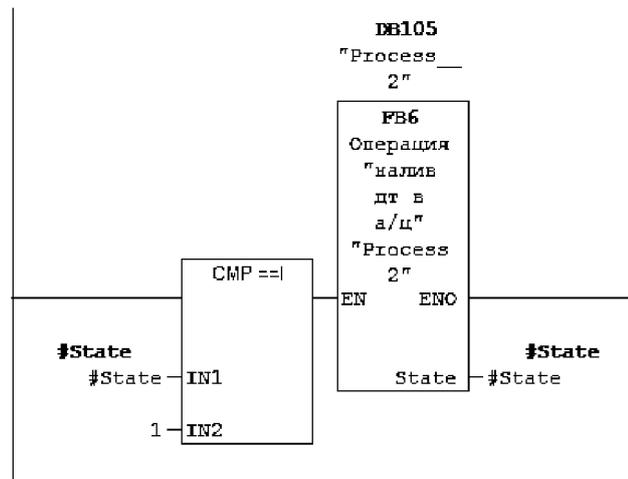


Рисунок 95 – Опрос программы управления технологической операцией «Налив ДТ в авто цистерну»

□ Network 6 : Перелив из резервуара 1 в резервуар 2

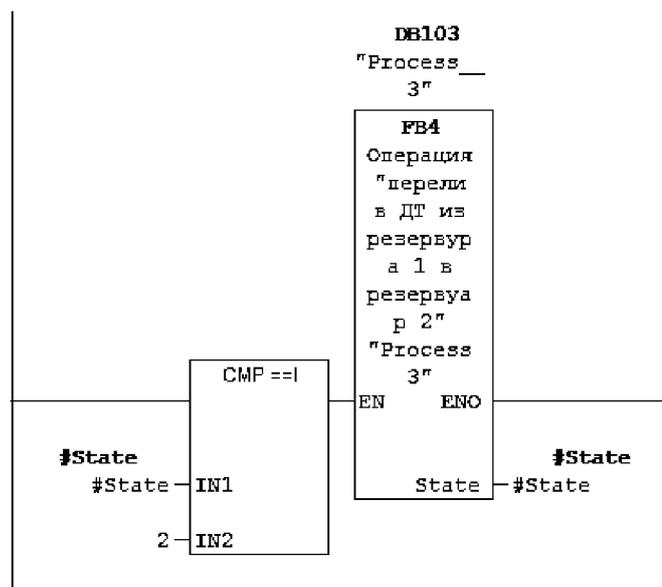


Рисунок 96 – Опрос программы управления технологической операцией «Перелив ДТ из резервуара 1 в резервуар 2»

□ Network 7 : Перелив из резервуара 2 в резервуар 1

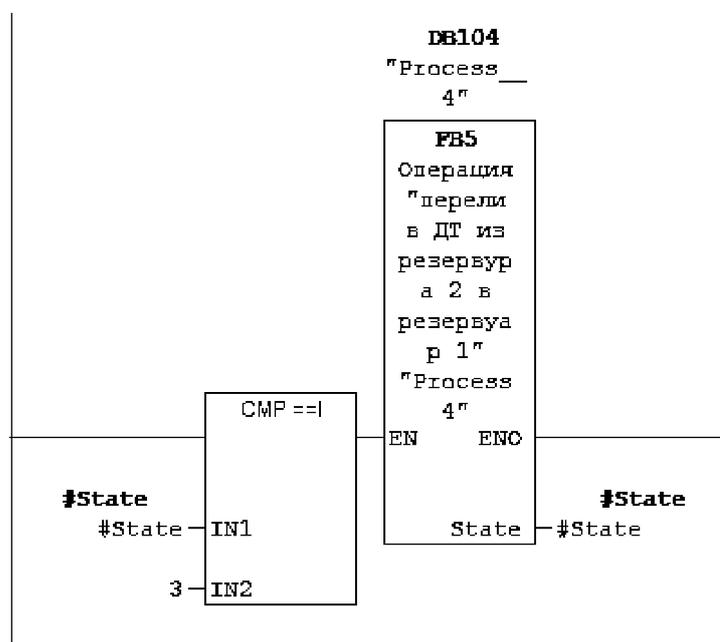


Рисунок 97 – Опрос программы управления технологической операцией «Перелив ДТ из резервуара 1 в резервуар 2»

## 2.3 Аварии

В функции FC14 опрашиваются аварии задвижек (потеря связи, сообщения об ошибках с блоков управления, не закрытия или не открытие задвижек), насосных установок (потеря связи с ПЧ, перегрузках привода, сообщения об ошибках с ПЧ), аварии дренажных систем (потеря связи с датчиком, критический верхний уровень в дренажной емкости), аварийные ситуации в резервуарах (потеря связи с датчиками, утечка в резервуаре, сообщения об ошибках с датчиков), загазованность (потеря связи с газоанализатором, 50% НКПР).

```
[-] Network 1 : Аварии задвижек
O      "ZV3.1_value".Alarm      DB36.DBX8.3
O      "ZV3.1_value".Alarm      DB36.DBX8.3
O      "ZV3.2_value".Alarm      DB37.DBX8.3
O      "ZV3.3_value".Alarm      DB38.DBX8.3
O      "ZV3.4_value".Alarm      DB39.DBX8.3
O      "ZV4.1_value".Alarm      DB31.DBX8.3
O      "ZV4.4_value".Alarm      DB32.DBX8.3
O      "ZV4.5_value".Alarm      DB33.DBX8.3
O      "ZV4.10_value".Alarm     DB34.DBX8.3
O      "ZV4.13_value".Alarm     DB35.DBX8.3
=      #ZV_Alarms                #ZV_Alarms
```

Рисунок 98 – Аварии задвижек

```
[-] Network 2 : Аварии ПЧ
O      "SIC4.1".ALARM            DB51.DBX16.0    -- Авария ПЧ, привода
O      "SIC4.2".ALARM            DB52.DBX16.0    -- Авария ПЧ, привода
O      "SIC4.6".ALARM            DB54.DBX16.0    -- Авария ПЧ, привода
O      "SIC4.7".ALARM            DB55.DBX16.0    -- Авария ПЧ, привода
O      "SIC4.8".ALARM            DB56.DBX16.0    -- Авария ПЧ, привода
=      #SIC_Alarms                #SIC_Alarms
```

Рисунок 99 – Аварии насосных установок

```
[-] Network 3 : Критический уровень в дренажных емкостях
O      "Drainage_EP-1_value".Alarm  DB44.DBX0.3
O      "Drainage_EP-2_value".Alarm  DB45.DBX0.3
O      "Drainage_EP-3_value".Alarm  DB46.DBX0.3
=      #Drainage_Alarms            #Drainage_Alarms
```

Рисунок 100 – Аварии дренажных систем

```

Network 4 : Аварии резервуаров
O      "Tank2_protection_value".Leak      DB41.DBX5.1
O      "Tank1_accouting_value".Alarm     DB42.DBX4.2
O      "Tank2_accouting_value".Alarm     DB43.DBX4.2
O      "Tank1_protection_value".Alarm    DB40.DBX4.2
O      "Tank1_protection_value".Leak     DB40.DBX5.1
O      "Tank2_protection_value".Alarm    DB41.DBX4.2
O      "Tank2_protection_value".Alarm    DB41.DBX4.2
=      #Tank_Alarm                       #Tank_Alarm

```

Рисунок 101 – Аварии резервуаров

```

Network 5 : Загазованность
O      "QISA1.1_Value".Alarm             DB47.DBX0.0      -- Temporary placeholder variable
=      #Gas_Alarm                       #Gas_Alarm

```

Рисунок 102 – Загазованность

```

Network 6 : Обработка всех аварий
O      "Fire".FIRE                       DB60.DBX0.0
O      "Flooding Simulink".LS4_11        DB30.DBX0.0      -- Temporary placeholder variable
O      #ZV_Alarms                        #ZV_Alarms
O      #ZV_Alarms                        #ZV_Alarms
O      #SIC_Alarms                       #SIC_Alarms
O      #Drainage_Alarms                  #Drainage_Alarms
O      #Tank_Alarm                      #Tank_Alarm
O      #Gas_Alarm                       #Gas_Alarm
=      #Alarms                          #Alarms

```

Рисунок 103 – Обработка всех аварий

## 2.4 Блокировки технологических операций

В функции FC15 опрашивается готовность оборудования к запуску той или иной технологической операции. Программный код блокировок приведен в приложении.

Для запуска технологической операции «Слив ДТ с ж/д цистерны» необходимо, что бы все задвижки были закрыты и находились в дистанционном автоматическом режиме, и не были заблокированы, была готова к работе хотя бы одна насосная установка Н-1 или Н-2, уровень в резервуаре 1 находился ниже предельного верхнего значения.

Для запуска технологической операции «Налив ДТ в авто цистерну» необходимо, что бы все задвижки были закрыты и находились в дистанционном

автоматическом режиме, и не были заблокированы, была готова к работе хотя бы одна насосная установка Н-7 или Н-8, уровень в резервуаре 1 не находился ниже предельного нижнего значения, трап не находился в гаражном положении, рабочий наконечник находился в рабочем положении.

Для запуска технологической операции «Перелив из резервуара 1 в резервуар 2» необходимо, что бы все задвижки были закрыты и находились в дистанционном автоматическом режиме, и не были заблокированы, была готова к работе хотя бы одна насосная установка Н-1 или Н-2, уровень в резервуаре 1 не находился ниже предельного нижнего значения, уровень в резервуаре 2 не находился выше предельного верхнего значения.

Для запуска технологической операции «Перелив из резервуара 2 в резервуар 1» необходимо, что бы все задвижки были закрыты и находились в дистанционном автоматическом режиме, и не были заблокированы, была готова к работе хотя бы одна насосная установка Н-1 или Н-2, уровень в резервуаре 2 не находился ниже предельного нижнего значения, уровень в резервуаре 1 не находился выше предельного верхнего значения.

## **2.5 Программа управления технологической операцией «Слив ДТ с ж/д цистерны»**

Программа управления технологической операцией «Слив ДТ с ж/д цистерны» осуществляется в функциональном блоке FB3.

Сначала в блоке осуществляется опрос команды «старт» от оператора. Была подана проверяется допустимость веденной дозы слива, если оператор вел дозу, которая в случае слива в резервуар будет больше предельного верхнего уровня, то программа завершает операцию и ждет подтверждение от оператора на завершение операции. Если доза в допустимых пределах, то идет команда на открытие задвижек. После подтверждения открытия задвижек, запускаются насосы, если они были готовы к работе. По ходу процесса проверяется объем слива жидкости с ж/д цистерны, идет проверка блокировка операции и команды «стоп» от оператора и кнопки «стоп» от поста слива. Если операция блокируется

во время работы или оператор принудительно завершает операцию командой «Завершить операцию» или достигнута заданная доза, то операция завершается, подается команда на остановку насосов, после подтверждения остановки насосов подается команда на закрытие задвижек, после подтверждения закрытия, программа ждет подтверждения от оператора на завершения операции. Если во время работы операции подана команда «стоп» от оператора или нажата кнопка «стоп» на посту слива, то насосы останавливаются, и программа ждет команды от оператора, либо продолжить операцию или завершить ее.

## **2.6 Программа управления технологической операцией «Налив ДТ в авто цистерну»**

Программа управления технологической операцией «Налив ДТ в авто цистерну» осуществляется в функциональном блоке FB6.

Сначала в блоке осуществляется опрос команды «старт» от оператора. Проверяется допустимость веденной дозы налива в а/ц, если оператор вел дозу, которая в случае налива в а/ц в резервуаре объем жидкости будет меньше предельного уровня, то программа завершает операцию и ждет подтверждение от оператора на завершение операции. Если доза в допустимых пределах, то идет опрос кнопки «старт» на посту налива, после чего подается команда на открытие задвижек. После подтверждения открытия задвижек, запускаются насосы, если они были готовы к работе. По ходу процесса проверяется объем налива жидкости в а/ц, идет проверка блокировка операции и команды «стоп» от оператора и кнопки «стоп» от poste налива. Если операция блокируется во время работы или оператор принудительно завершает операцию командой «Завершить операцию» или достигнута заданная доза, то операция завершается, подается команда на остановку насосов, после подтверждения остановки насосов подается команда на закрытие задвижек, после подтверждения закрытия, программа ждет подтверждения от оператора на завершения операции. Если во время работы операции подана команда «стоп» от оператора или нажата кнопка «стоп» на

посту налива, то насосы останавливаются, и программа ждет команды от оператора, либо продолжить операцию или завершить ее.

## **2.7 Программа управления технологическими операциями переливов между резервуарами.**

Программа управления технологической операцией «перелив ДТ из резервуара 1 в резервуар 2» осуществляется в функциональном блоке FB4, «перелив ДТ из резервуара 2 в резервуар 1» осуществляется в функциональном блоке FB5.

### 3 SCADA-СИСТЕМА

Диспетчерское управление и сбор данных (SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition) является основным и в настоящее время наиболее перспективным методом автоматизированного управления сложными динамическими системами (процессами) в жизненно важных и критичных с точки зрения безопасности и надежности областях. Именно на принципах диспетчерского управления строятся крупные автоматизированные системы в промышленности и энергетике, на транспорте, в космической и военной областях, в различных государственных структурах.

В настоящее время разработке эффективных диспетчерских систем уделяется особое внимание. Это связано с тем, что при возникновении нештатных ситуаций роль человеческого фактора становится все более значительной. Тенденция развития диспетчерских систем – ориентация на человека-оператора вместо традиционного выбора наиболее функциональных технических средств. Грамотный подход к разработке диспетчерской системы — сведение к минимуму ошибок оператора.

Важно понимать место SCADA-системы в комплексе средств АСУТП. Исходя из особенностей таких систем, от оператора не требуется мгновенной реакции на нештатный режим системы в целом. Эта функция чаще всего выполняется на стороне программируемого контроллера. Но принятие решения о дальнейших действиях по направлению ситуации в то или иное русло целиком возлагается на оператора.

WinCC - система HMI, программное обеспечение для создания человеко-машинного интерфейса, составная часть семейства систем автоматизации Simatic, производимых компанией Siemens AG. Система работает под управлением операционных систем семейства Microsoft Windows и использует базу данных Microsoft SQL Server (начиная с версии 6.0). [10]

### **3.1 Системы отображения**

#### **3.1.1 Функции системы визуализации**

Ведущими функциями, выполняемыми системой, считаются:

- представление технологической информации на экранах дисплеев в виде мнемосхем с различной детализацией, на которых воспроизводится информация о текущем состоянии технологического процесса и значениях технологических параметров;

- автоматическая сигнализация и регистрация достижения параметром аварийных и предельных границ;

- приём команд диспетчера по управлению и изменению режима работы технологического оборудования;

- формирование и вывод на экран монитора архива сообщений, где фиксируются все сообщения о неисправностях, срабатывании предупредительной и аварийной сигнализации, сообщения о действиях диспетчера по управлению процессом, квитированию, снятию с опроса, деблокированию и изменению состояния измерительных каналов и др.;

- архивирование и отображение на мониторе архива измеренных значений технологических параметров

#### **3.1.2 Общие принципы построения**

Информация на экране рабочей станции представляется в виде:

- статических изображений, представляющих, например, мнемосхемы технологического процесса;

- числовых значений параметров;

- графиков и таблиц изменения параметров во времени;

- текстовых сообщений о событиях в системе или состоянии технологического оборудования

Все эти способы представления информации, как правило, комбинируются.

В системе принята следующая цветовая гамма:

- затемнённый цвет - используется для статических изображений и отображения параметров, значение которых в данный момент является нормальным или несущественно, не используется или недостоверно;

- зеленый цвет - нормальная работа;

- желтый цвет - используется для предупредительной сигнализации значений параметров, вывода предупреждающих сообщений;

- красный цвет - используется для аварийной сигнализации значений параметров, вывода сообщений о неисправностях или авариях в системе, а также для отображения неисправных механизмов

Дополнительно с предупредительной и аварийной цветовой сигнализацией использоваться признак мигания.

Одновременно с цветовой аварийной и предупредительной сигнализацией формируются соответствующие звуковые сигналы.

### 3.1.3 Общие принципы построения

При выводе информации экран условно разделен на три зоны (области), отличающиеся функциональным назначением (рисунок 104).



Рисунок 104 – Экран

Область обзора располагается в верхней части экрана. Остается статичной при переключении между мнемосхемами технологического процесса.

Область основного изображения занимает среднюю часть экрана. Здесь выводятся мнемосхемы технологического процесса, таблицы, графики и т.п.

Область сообщений занимает нижнюю область часть экрана. Здесь можно посмотреть список текущих сообщений.

Область меню управления занимает крайнюю левую часть экрана. Здесь осуществляется управлением технологическими операциями, сброс аварий.

### 3.1.3 Графические окна

Для взаимодействия с программой визуализации используется техника окон. Это означает, что при выборе (активизации) элемента мнемосхемы или клавиши на экране появляется графическое окно, частично перекрывающее основное изображение. Оно может содержать пояснительный текст, графики, значения параметров и другие элементы, используемые для выполнения или детализации выбранного объекта. Внесенных на графическом окне, предусмотрены кнопки управления.

При необходимости графическое окно можно перемещать в удобное место экрана. Для этого следует установить курсор на верхнюю часть окна (синяя полоска или верхняя граница окна), нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, переместить курсор.

## 3.2 Работа с программным комплексом

### 3.2.1 Регистрация в системе

После запуска программы визуализации, чтобы получить доступ к системе управления, диспетчер должен ввести в память рабочей станции свои имя и пароль. Для этого необходимо:

- нажать комбинацию клавишу Ctrl+L;
- в появившемся диалоговом окне (рисунок 105) ввести регистрационное имя и пароль

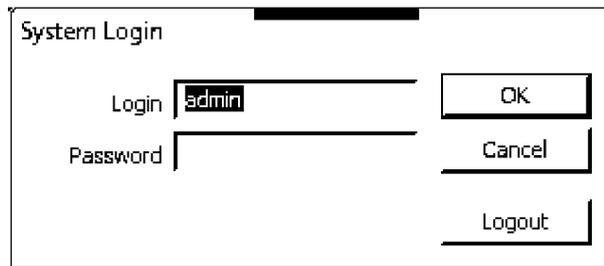


Рисунок 105 – Окно регистрации пользователя

После завершения сеанса работы диспетчер должен выйти. Для этого необходимо нажать комбинацию клавишу Ctrl+K.

### 3.2.2 Права пользователя

В базе данных проекта пользователи идентифицируются по группам – инженеры и операторы. Пользователи каждой из групп по умолчанию наследуют соответствующие разрешения доступа (таблица 3).

Таблица 3 – Разрешение доступа различных групп пользователей

Группа	Описание	Разрешение доступа
Инженеры	Инженеры АСУТП	Полный доступ
Операторы	Операторы АСУТП	Управление процессом Наблюдение Сброс аварий недоступен
-	Не зарегистрированные пользователи	Наблюдение

Для изменения списка пользователей и разрешений доступа отдельных пользователей используется администратор пользователей – редактор User Administrator.

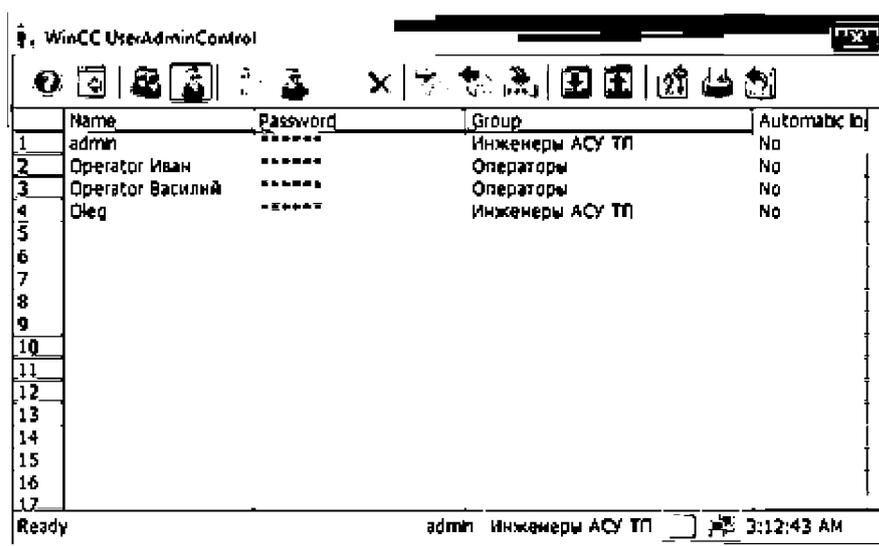


Рисунок 106 – Редактор User Administrator

### 3.2.3 Область обзора

Область обзора (рисунок 107) располагается в верхней части экрана. Состав информации в области обзора одинаков для всех режимов работы программы визуализации. На рисунке 106 приведен общий вид области обзора.

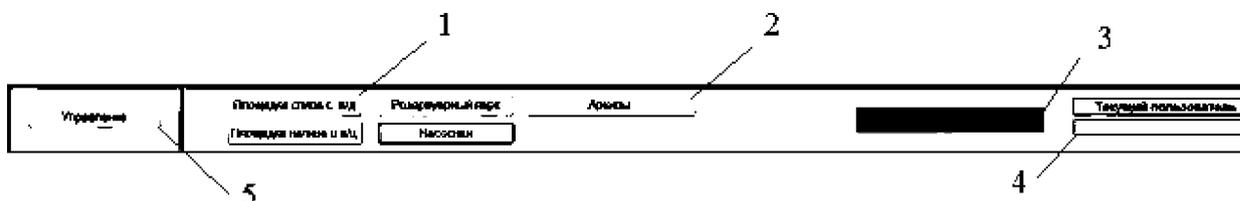


Рисунок 107 – Область обзора

На рисунке 107 цифрами обозначено:

1. Кнопки перехода на технологические мнемосхемы;
2. Кнопка переход в раздел архив;
3. Индикатор пожара;
4. Имя зарегистрированного в данный момент пользователя;
5. Кнопка переход в меню управления.

### 3.2.4 Архив

Раздел «архив» содержит клавиши, при нажатии которых в области основного изображения отображается окно компонента Online Table Control (рисунок 108) содержащую информацию в виде архивов хранящихся на рабочих станциях в виде архивов о следующих технологических процессах:

1) Учет нефтепродуктов в резервуаре 1 (рисунок 108) и учет нефтепродуктов в резервуаре 2. Данный архив содержит информацию о значениях параметров нефтепродуктов в резервуаре (давление, объем, температура, плотность). Архив содержит значения параметров с периодом 1 минуты.

	Время	Объем, м3	Температура, *С	Плотность, кг/м3	Давление, Па
92	5/06/2020 14:21:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
93	5/06/2020 14:22:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
94	5/06/2020 14:23:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
95	5/06/2020 14:24:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
96	5/06/2020 14:25:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
97	5/06/2020 14:26:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
98	5/06/2020 14:27:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
99	5/06/2020 14:28:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
100	5/06/2020 14:29:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
101	5/06/2020 14:30:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
102	5/06/2020 14:31:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
103	5/06/2020 14:32:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
104	5/06/2020 14:33:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.
105	5/06/2020 14:34:2	178.47 у.	20.00 у.	770.00 у.	15762.31 у.

Рисунок 108 – Архив учетных нефтепродуктов в резервуаре 1

2) Архив операций слива ДТ с ж/д цистерн. Данный архив содержит информацию завершённых операциях слива ДТ с ж/д цистерн (заданная доза в м3 для слива ДТ с ж/д цистерн, слитый объем в м3 с ж/д цистерны, объем ДТ в резервуаре после завершения операции в м<sup>3</sup>).

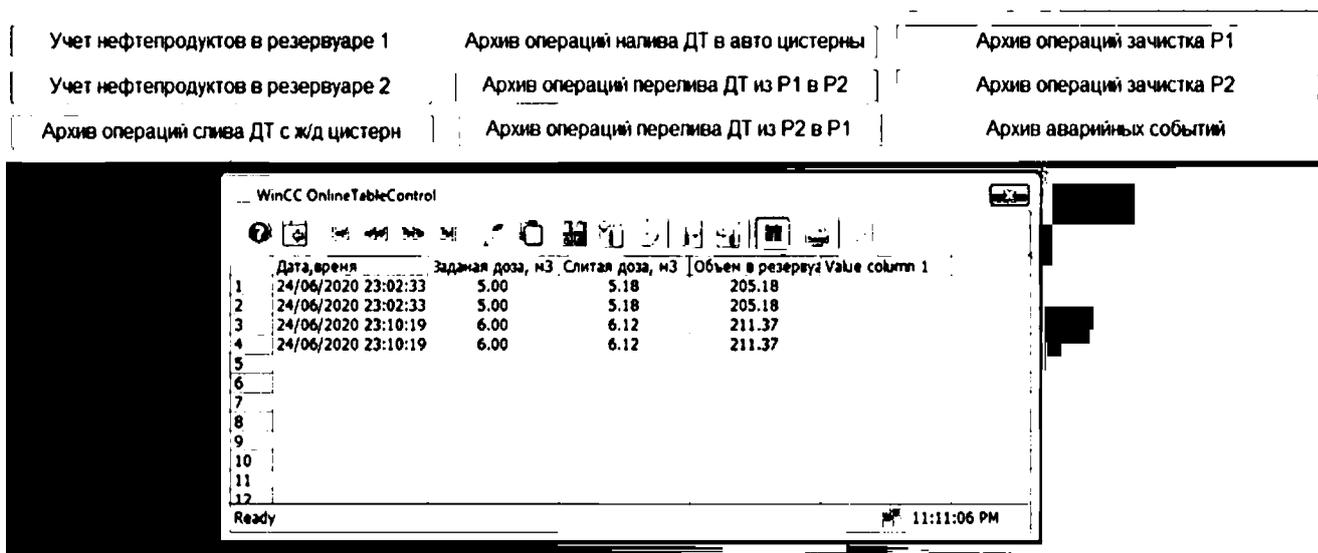


Рисунок 109 – Архив операций слива ДТ с ж/д цистерн

3) Архив операций налива ДТ в авто цистерны. Данный архив содержит информацию завершенных операциях налива ДТ в авто цистерны (заданная доза в м<sup>3</sup> для налива, налитый объем в м<sup>3</sup> в а/ц, объем ДТ в резервуаре после завершения операции в м<sup>3</sup>).

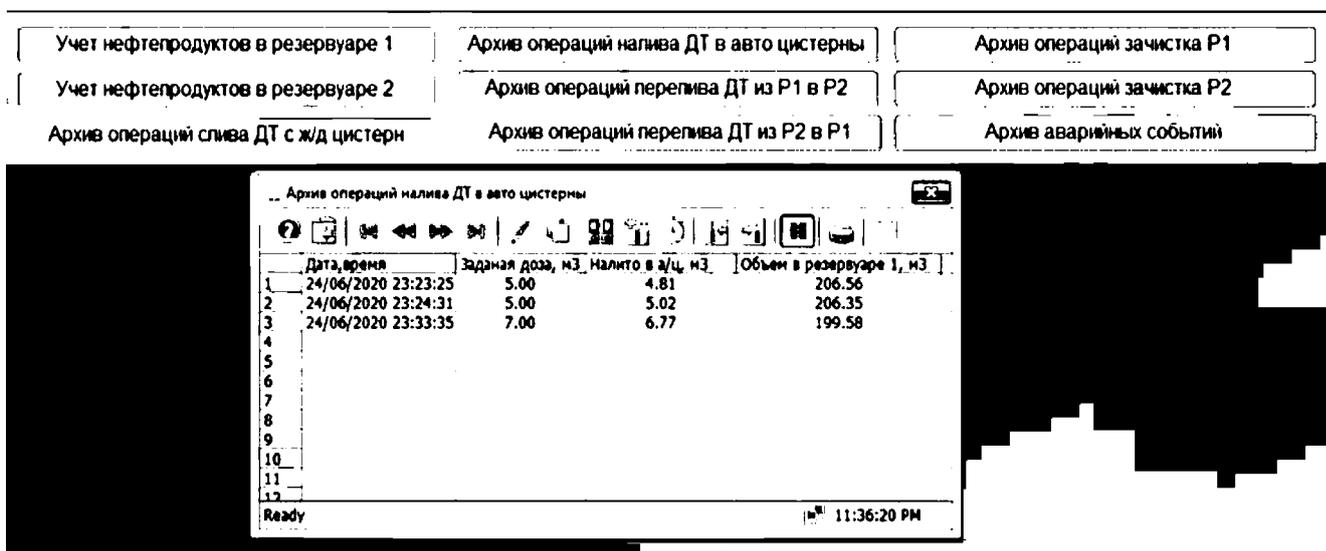


Рисунок 110 – Архив операций налива ДТ в авто цистерны

4) Архив операций перелива ДТ из резервуара 1 в резервуар 2 и перелива ДТ из резервуара 2 в резервуар 1. Данный архив содержит информацию завершенных операциях перелива ДТ между резервуарами (заданная доза в м<sup>3</sup>

для перелива, перелитый объем ДТ в м3, объем ДТ в резервуаре 1 и резервуаре 2 после завершения операции в м<sup>3</sup>).

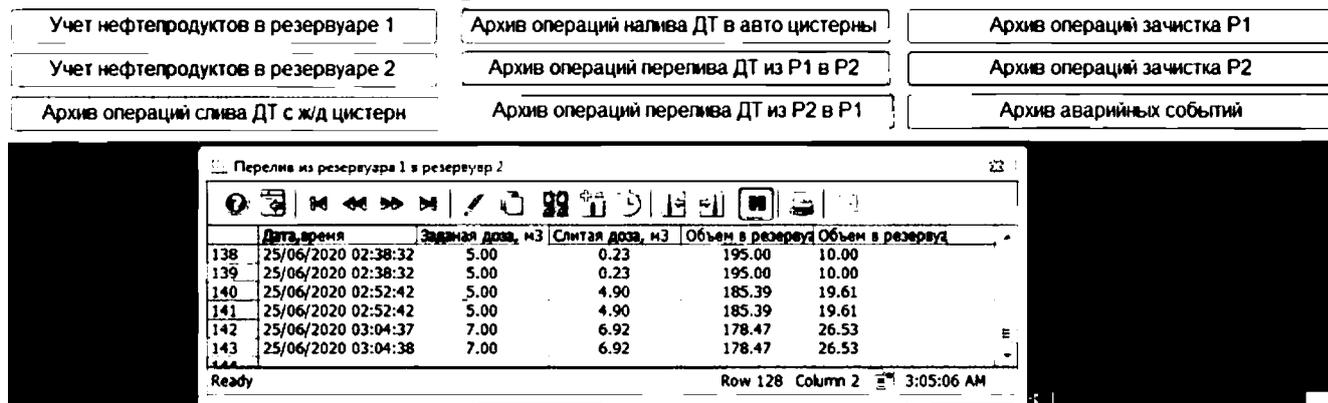


Рисунок 111 – Архив операций перелива ДТ из резервуара 1 в резервуар 2

- 5) Архив операций зачистка резервуара 1 и зачистка резервуара 2
- 6) Архив аварий, предупреждений.

### 3.2.5 Меню управления технологическими операциями.

Меню управления представляет с собой набор клавиш, каждая из которых отвечает за открытие окна управления определённой технологической операцией и сброс аварий (квитирование аварий).

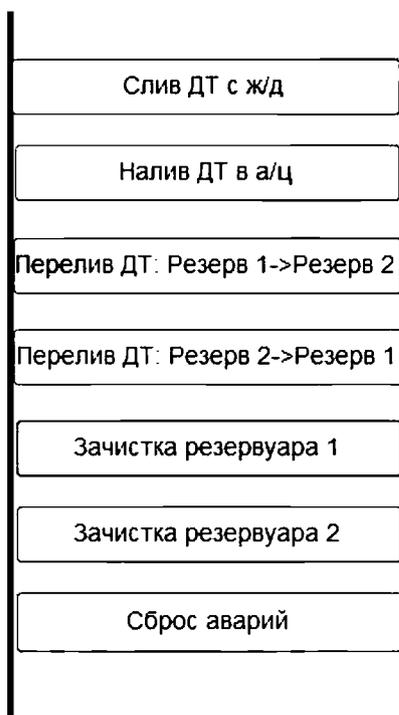


Рисунок 112 – Меню управления

### 3.2.6 Окно управления операцией «слив ДТ с ж/д цистерн».

Окно управления постом налива изображено на рисунке 113. Оно разделено условно на несколько областей.

Область «Состояние» - показывает текущее состояние операции.

Возможные состояния:

- состояние «Операция заблокирована» (яркий красный цвет);
- состояние «Операция запущена» (яркий зеленый цвет);
- состояние «Остановка (пауза)» (яркий желтый цвет);
- состояние «операция завершена (пауза)» (яркий желтый цвет);
- текущие параметра операции (объем в резервуаре 1, слито с ж/д цистерны в резервуар 1

Область «Управление». Содержит следующие воздействия ручного управления:

- «Запуск/продолжить» – клавиша формирования команды на запуск операции и команды на продолжении выполнения операции из состояния паузы;
- «Остановить» - клавиша формирования паузы;
- «Завершить операцию» – клавиша формирования команды на завершение операции.

Область «Причина остановки» содержит текстовое поле с причиной остановки:

- «Авария» – возникает, когда во время операции произошло внеплановое аварийное событие;
- «Не допустимый объем» – возникает, когда оператор устанавливает дозу слива с ж/д цистерны суммарно с действующим объемом жидкости в резервуаре 1 превышающее предельный верхний уровень в резервуаре 1;
- «Принудительное завершение» – возникает, когда оператор клавишей «Завершить операцию» подал команды на завершение операции;
- «Остановка от поста слива (Пауза)» – возникает, когда на посту слива была подана команда на остановку грузовых насосов;
- «Заданная доза слита» – заданная доза с ж/д цистерны в резервуар слита

**Слив ДТ с ж/д**

Операция запущена

Остановка (пауза)

Операция завершена

Объем в резервуаре 1, м3

180,981

Слито в резервуар 1, м3

5,179

**Управление**

Задание на слив, м3

5,000

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

**Причина остановки**

Рисунок 113 – Окно управления операцией «слив ДТ с ж/д цистерн»

### 3.2.7 Окно управления операцией «налив ДТ в а/ц»

Область «Состояние»:

Возможные состояния:

- состояние «Операция заблокирована» (яркий красный цвет);
- состояние «Операция запущена» (яркий зеленый цвет);
- состояние «Разрешение от поста» (яркий зеленый цвет) – разрешение на запуск операции от поста налива;
- состояние «Остановка (пауза)» (яркий желтый цвет);
- состояние «операция завершена (пауза)» (яркий желтый цвет);
- текущие параметра операции (объем в резервуаре 1, налито в а/ц)

Область «Управление». Содержит следующие воздействия ручного управления:

- «Запуск/продолжить»;
- «Завершить операцию»;
- «Остановить» - клавиша формирования паузы;
- «Завершить операцию» – клавиша формирования команды на завершение операции

Область «Причина остановки» содержит текстовое поле с причиной остановки:

- «Авария» – возникает, когда во время операции произошло внеплановое аварийное событие;
- «Не допустимый объем» – возникает, когда оператор устанавливает дозу налива в а/ц суммарно с действующим объемом жидкости в резервуаре 1 ниже предельного нижнего уровня в резервуаре 1;
- «Принудительное завершение» – возникает, когда оператор клавишей «Завершить операцию» подал команды на завершение операции;
- «Остановка от поста слива (Пауза)» – возникает, когда на посту слива была подана команда на остановку грузовых насосов;
- «Заданная доза слита» – заданная доза с ж/д цистерны в резервуар слита;
- «А/ц заполнена»;
- «Трап в гаражном положении»;
- «Наконечник не в рабочей позиции»

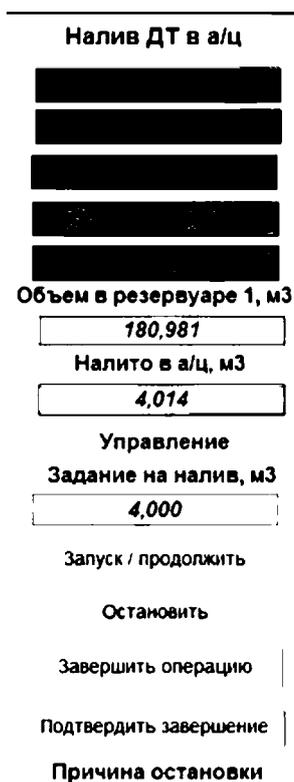


Рисунок 114 – Окно управления операцией «налив ДТ в а/ц»

### 3.2.8 Окно управления операцией «перелив из резервуара 1 в резервуар 2».

Область «Состояние»:

Возможные состояния:

- состояние «Операция заблокирована» (яркий красный цвет);
- состояние «Операция запущена» (яркий зеленый цвет);
- состояние «Остановка (пауза)» (яркий желтый цвет);
- состояние «Операция завершена» (яркий желтый цвет);
- текущие параметра операции (объем в резервуаре 1, объем в резервуаре 2, перелито в резервуар 2).

Область «Управление». Содержит следующие воздействия ручного управления:

- «Запуск/продолжить»;
- «Завершить операцию»;
- «Остановить»;
- «Завершить операцию».

Область «Причина остановки» содержит текстовое поле с причиной остановки:

- «Авария» – возникает, когда во время операции произошло внеплановое аварийное событие;

- «Недопустимый объем» – возникает, когда оператор устанавливает дозу перелива суммарно с действующим объемом жидкости в резервуаре 2 превышающее предельный верхний уровень в резервуаре 2 или суммарно с действующим объемом жидкости в резервуаре 1 ниже предельного нижнего уровня в резервуаре 1;

- «Принудительное завершение»;

- «Остановка от поста слива (Пауза)»;

- «Заданная доза перелива»

Перелив ДТ  
из резервуара 1  
в ав. резервуар

Состояние процесса

Объем в резервуаре 1, м<sup>3</sup>  
180,981

Объем в резервуаре 2, м<sup>3</sup>  
5,000

Сливо в резервуар 1, м<sup>3</sup>  
0,000

Управление  
Задание на слив, м<sup>3</sup>  
0,000

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

Причина остановки

Рисунок 115 – Окно управления операцией «перелив из резервуара 1 в резервуар 2»

### 3.2.9 Область сообщений

Все события, происходящие в системе, регистрируются и отображаются в области сообщений в виде текстовых сообщений, которые в свою очередь подразделяются на несколько классов:

- Аварийные – превышение параметром аварийной границы, срабатывание дискретных датчиков, по которым формируются аварийные сообщения, неисправность механизма и т.д. Цвет фона сообщения при выводе на экран – красный;

- Предупредительные – превышение параметром предупредительной границы, срабатывание дискретных датчиков, по которым формируются предупредительные сообщения. Цвет фона – синий;

- Рабочие – сообщения о действиях системы, изменении состояния или режима работы оборудования (включить/выключить, включен/выключен, закрыт/открыт и пр.). Цвет фона – черный.

Для аварийных сообщений с квитированием и сообщений о неисправностях требуется квитирование прихода сообщения диспетчером, т.е. подтверждение того, что диспетчер отреагировал на его приход.

Date	Time	Message text
26/06/20	01:26:49	Предельный низкий уровень в резервуаре 1
26/06/20	01:26:49	Модуль ET 8 неисправность
26/06/20	01:26:49	Предельный низкий уровень в резервуаре 2
26/06/20	01:26:49	Модуль ET 1 неисправность
26/06/20	01:26:49	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП-1
26/06/20	01:26:49	Наполнение дренажной емкости ЕП-1
26/06/20	01:26:49	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП-2
26/06/20	01:26:49	Наполнение дренажной емкости ЕП-2
26/06/20	01:26:49	Наполнение дренажной емкости ЕП-3
26/06/20	01:26:49	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП-3
26/06/20	01:26:49	Загазованность на площадке слива с ж/д 20% НКПР
26/06/20	01:26:49	Загазованность на площадке слива с ж/д 50% НКПР
26/06/20	01:26:49	Загазованность на площадке налива в а/ц 50% НКПР
26/06/20	01:26:49	Загазованность на площадке налива в а/ц 20% НКПР
26/06/20	01:26:49	Загазованность в резервуарном парке 20% НКПР
26/06/20	01:26:49	Загазованность в резервуарном парке 50% НКПР

Рисунок 116 – Область сообщений

### 3.2.9 Аналоговые параметры

Числовые значения параметров выводятся в стандартном виде с плавающей запятой. Количество отображаемых после запятой знаков – от 0 до 3, в зависимости от типа и единицы измерения параметра.

Значение параметра выводится всегда в непосредственной близости от его обозначения на мнемосхеме.



Рисунок 117 – Аналоговый параметр.

### 3.2.10 Дискретные параметры

Для индикации состояния дискретных параметров принята цветовая схема, проиллюстрированная в таблице 5. При срабатывании датчика, помимо изменения цвета отображения также формируется соответствующее сообщение. До тех пор, пока сообщение по аварийному датчику не будет квитировано диспетчером, независимо от того, вернулся параметр в рабочее значение или нет, цвет нижнего поля будет оставаться мигающим.

Таблица 5 - Отображение дискретных параметров на мнемосхеме

Графическое изображение	Описание	Значение
	Цвет фона параметра – зеленый	Сработал допусковый (рабочий) дискретный датчик, – допусковое или рабочее (например, включен) значение параметра.
	Цвет фона параметра – желтый	Сработал предупредительный дискретный датчик, – предупредительное (например, ниже) значение параметра. Формируется предупредительное сообщение.
	Цвет фона параметра – красный.	Сработал аварийный дискретный датчик, –

Продолжение таблицы 5

	Фон мигает, если аварийное сообщение не квитировано диспетчером.	аварийное (например, верхнее) значение параметра. Формируется аварийное сообщение.
--	--	--

### 3.2.11 Задвижки

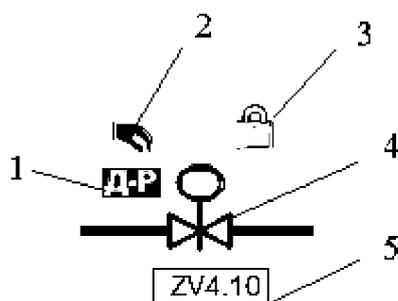


Рисунок 118 – УГО задвижки на мнемосхеме

Цифрами на рисунке 118 обозначены области, каждая из которых отображает то или иное состояние задвижки, а также режим работы:

- 1) Индикатор текущего режима работы:
  - М-Р – местный режим;
  - Д-Р – дистанционный режим
- 2) Индикатор о том, что задвижка в ручном режиме.
- 3) Индикатор активных блокировок.
- 4) Индикатор положения задвижки:
  - Задвижка открыта – отображается светло-зелёным;
  - Задвижка в промежуточном положении – прозрачна;
  - Задвижка закрыта – отображается темно-зеленым
- 5) Индикатор состояния задвижки:
  - Авария задвижки – мигающий красный;
  - Связь с задвижкой установлена – светлозеленый

Для вызова окна управления задвижкой нужно навести курсор на его условное изображение, и нажать левую кнопку мыши.

Окно управления задвижкой изображено на рисунке 119. Разделено условно на несколько областей.

Область «Положение» – показывает текущее положение задвижки от 0-100%.

Область «Статус» – показывает текущее положение задвижки (закрыта или открыта).

Область «Режим работы» – показывает текущий режим работы:

- дистанционный-ручной;
- дистанционный-автоматический;
- местный-ручной.

Область «Управление» содержит следующие воздействия ручного управления:

- перевод в ручной или автоматический режим;
- отрыть/закрыть задвижку в ручном режиме

Область «Состояние». Содержит информации о состоянии задвижки:

- «Готов к работе» - задвижка в дистанционном режиме, без блокировок и готова к работе;

- «Предупреждение» - сигнал предупреждение от блока управления задвижки;

- «Блокировка» - открытие задвижки заблокирована системой;

- «Неисправность» - авария задвижки;

- «Потеря связи» - связь с блоком управления задвижкой потеряна;

- «Задвижка не открылась» – не открылась задвижка в течение определённого времени после подачи команды «открыть» на блок управления задвижкой

- «Задвижка не закрылась» - не закрылась задвижка в течение определённого времени после подачи команды «закрыть» на блок управления задвижкой

Кнопка «Квитирование аварии» квитирует аварийный признак.

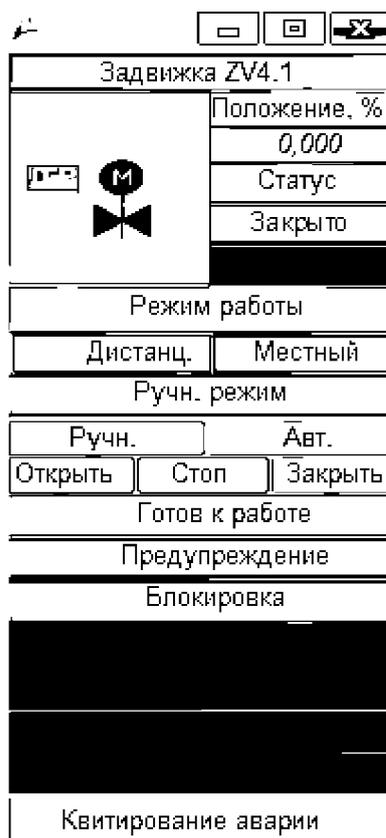


Рисунок 119 – Окно управления задвижкой

### 3.2.12 Насосы

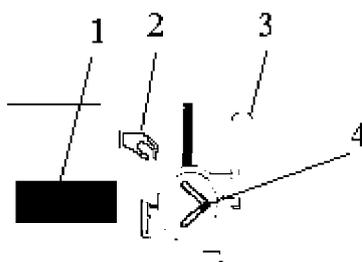


Рисунок 120 – УГО насоса на мнемосхеме

Цифрами на рисунке 120 обозначены области, каждая из которых отображает то или иное состояние задвижки, а также режим работы:

1) Индикатор состояние насоса:

- Авария насоса – мигающий красный;
- Связь с задвижкой установлена – светлозеленый;
- Насос отключен – темно-зеленый

- 2) Индикатор о том, что управление насос осуществляется в ручном режиме.
- 3) Индикатор активных блокировок.
- 4) Индикатор работы насос:
  - Насос в работе – отображается зеленым;
  - Насос не в работе – отображается белым

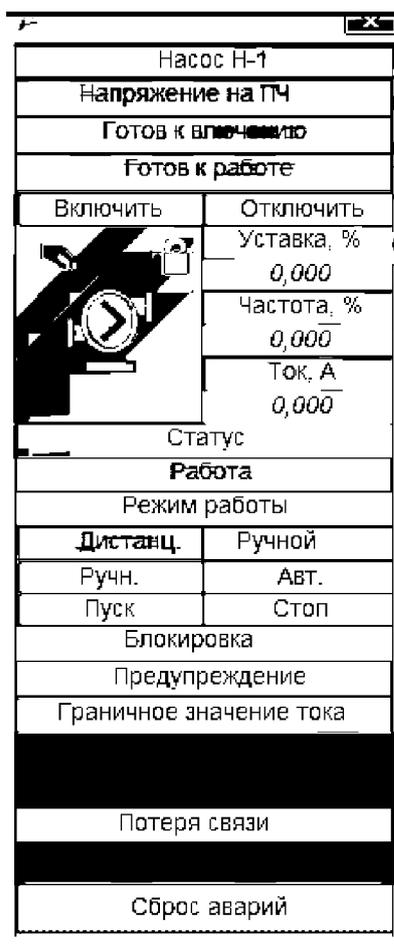


Рисунок 121 – Окно управления насосом

Для вызова окна управления насосом нужно привести курсор на его условное изображение, и нажать левую кнопку мыши.

Окно управления насосом изображено на рисунке 120.

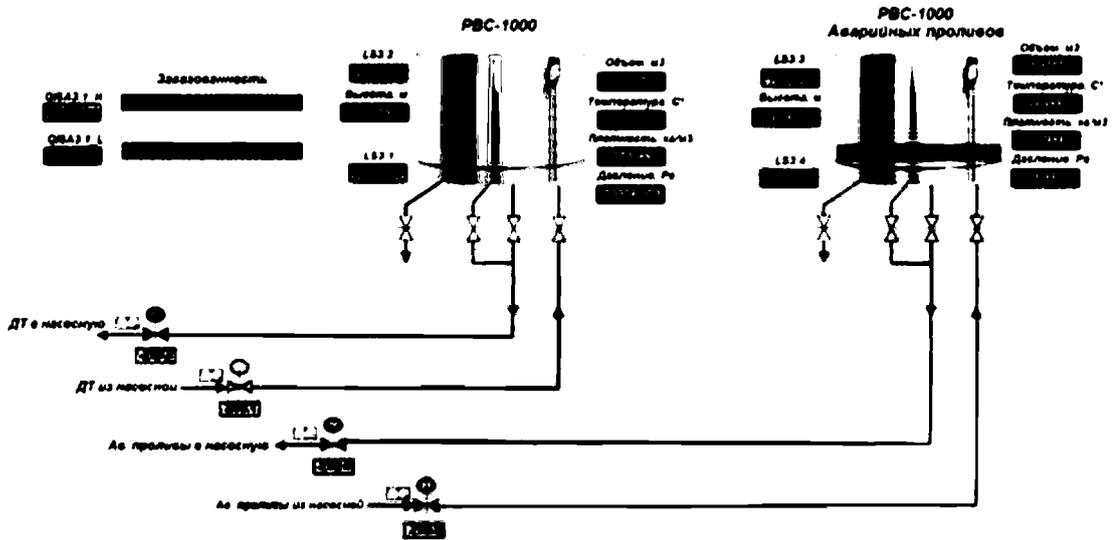
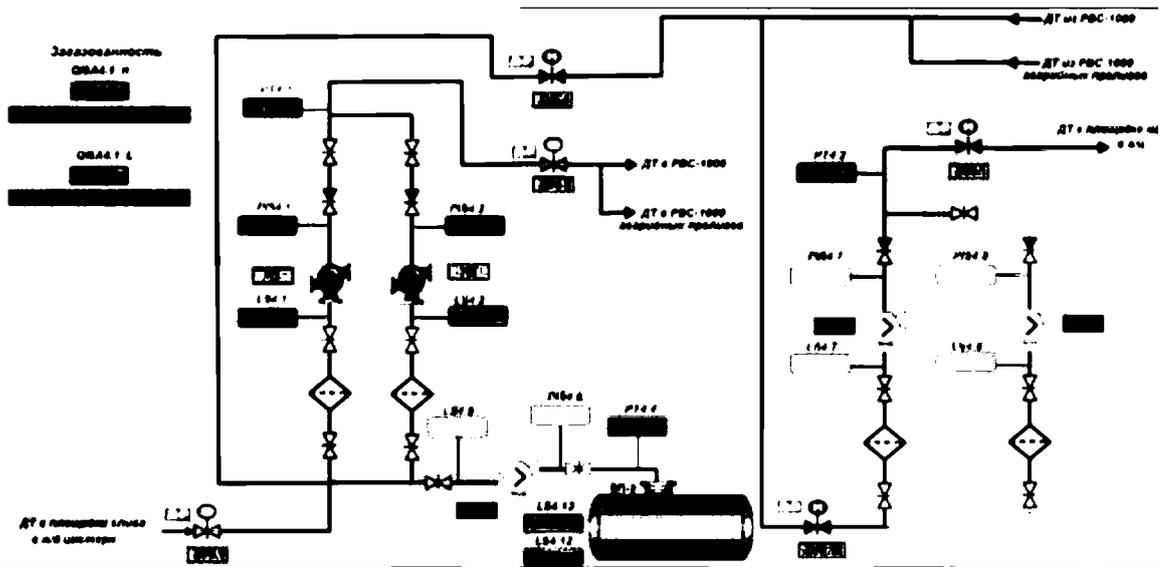
Элементы окна:

- «Наличие напряжение на ПЧ»;
- «Готово к включению» – информация о готовности дистанционного включения ПЧ;

- «Готово к работе» – информация о готовности к запуску насоса;
- Клавиши «включить» и «отключить» – дистанционно включают/отключают ПЧ;
- «Уставка» – текстовое поле для ввода задания скорости привода насоса от 0 до 100%;
- «Частота» – частота тока привода в Гц;
- «Ток» – тока привода в Амперах;
- Клавиши «Ручн» и «Авт» – перевод клавишами в дистанционный-ручной режим и дистанционный-автоматический режим соответственно.
- Клавиши «Пуск» и «Стоп» - пуск/остановка насоса.
- «Предупреждение» - сигнал предупреждение от ПЧ;
- «Блокировка» - запуск насоса заблокирован системой управления;
- «Авария»;
- «Неисправность» - сигнал неисправности от ПЧ;
- «Потеря связи» - связь с ПЧ потеряна;
- Клавиша «Сброс аварии» квитирует аварийный признак

### **3.3 Мнемосхемы**

Информация о состоянии технологического оборудования и значениях параметров технологического процесса для диспетчера сгруппирована на мнемосхемах. Переключение между мнемосхемами производится в области обзора.



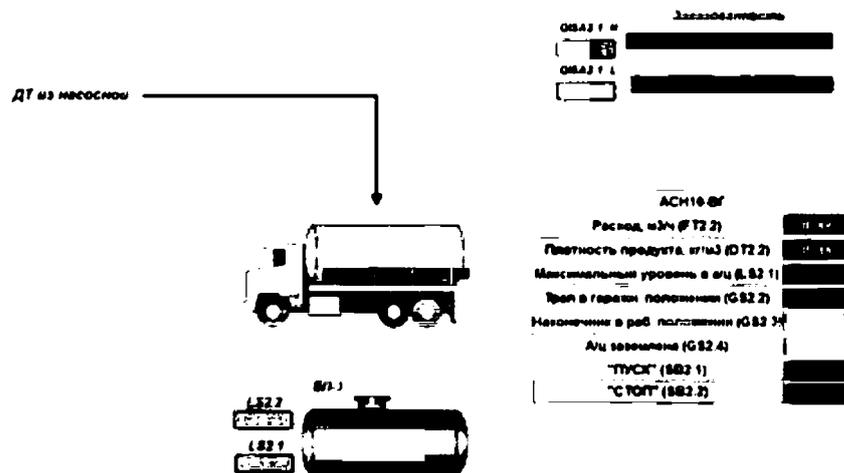


Рисунок 124 – Мнемосхема площадки налива св. нефтепродуктов в а/ц

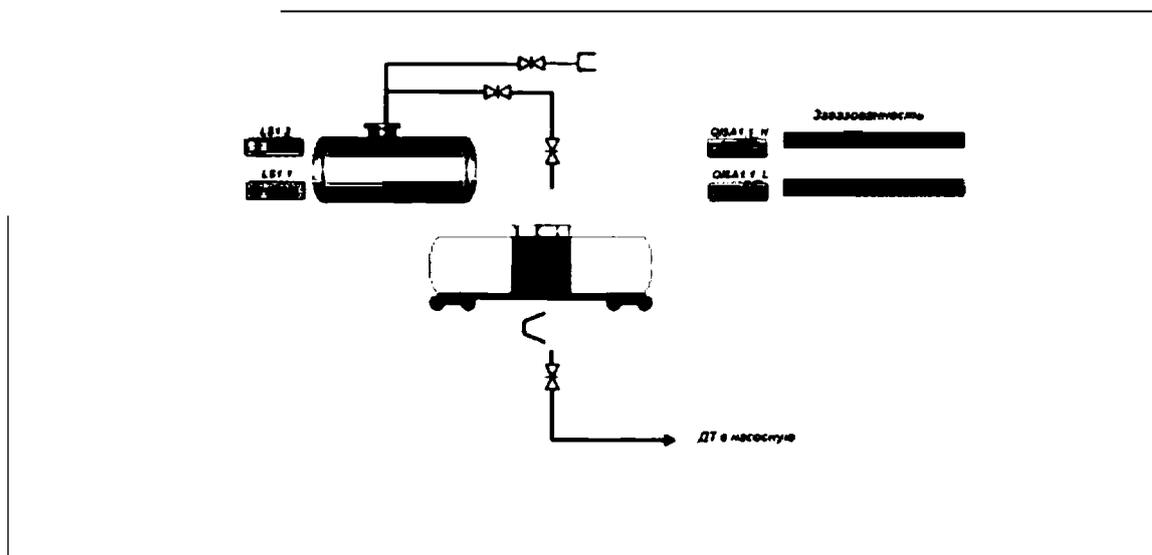


Рисунок 125 – Мнемосхема площадки слива св. нефтепродуктов с ж/д цистерн

### 3.4 Аварии на мнемосхемах

При срабатывании аварийных, предупредительных датчиков, помимо изменения цвета отображения датчика, также формируется соответствующее мигающее сообщение на мнемосхеме с клавишей «Сброс» для квитирования аварийного или предупредительного признака. До тех пор, пока сообщение по аварийному или предупредительному датчику не будет квитировано диспетчером, независимо от того, вернулся параметр в рабочее значение или нет, мигающее сообщение на мнемосхеме не уйдет.

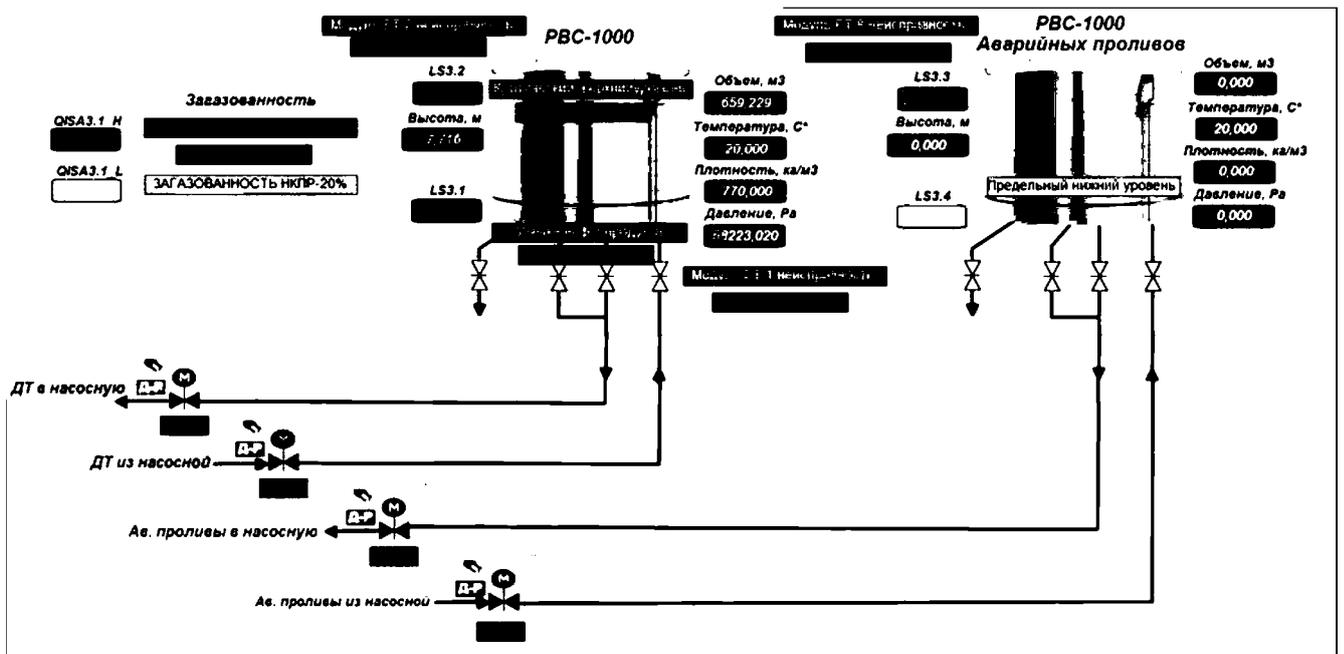


Рисунок 126 – Аварии на мнемосхеме резервуарного парка светлых нефтепродуктов

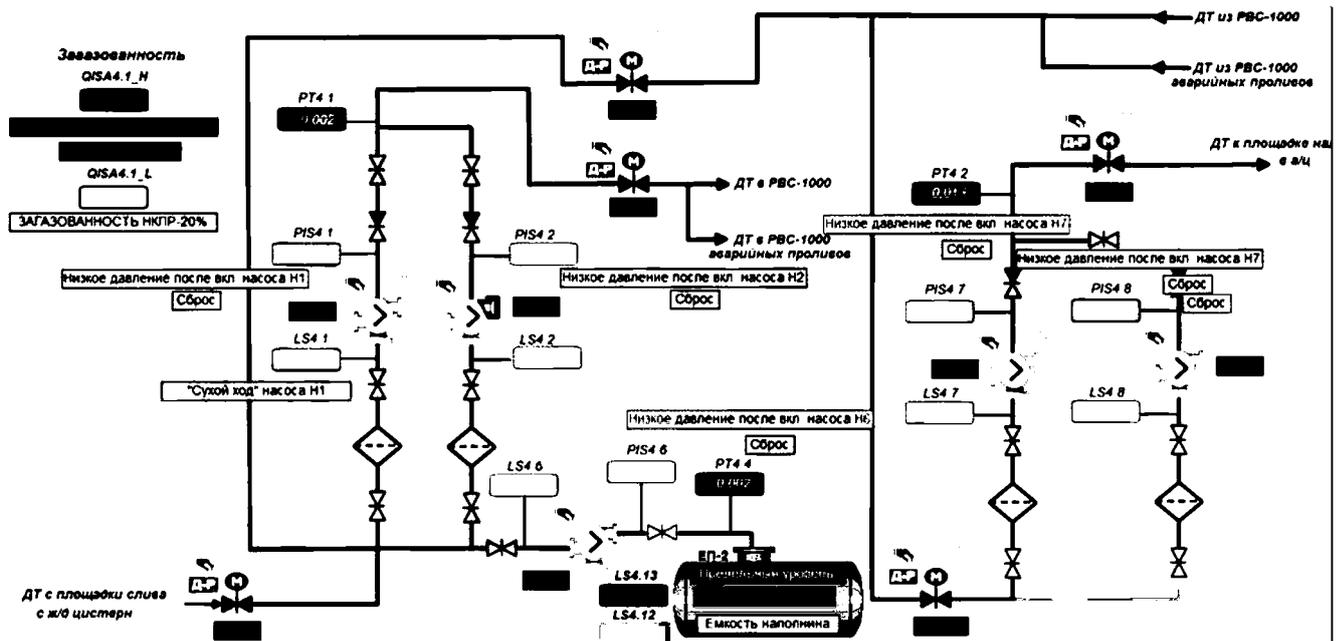


Рисунок 127 – Аварии на мнемосхеме насосной

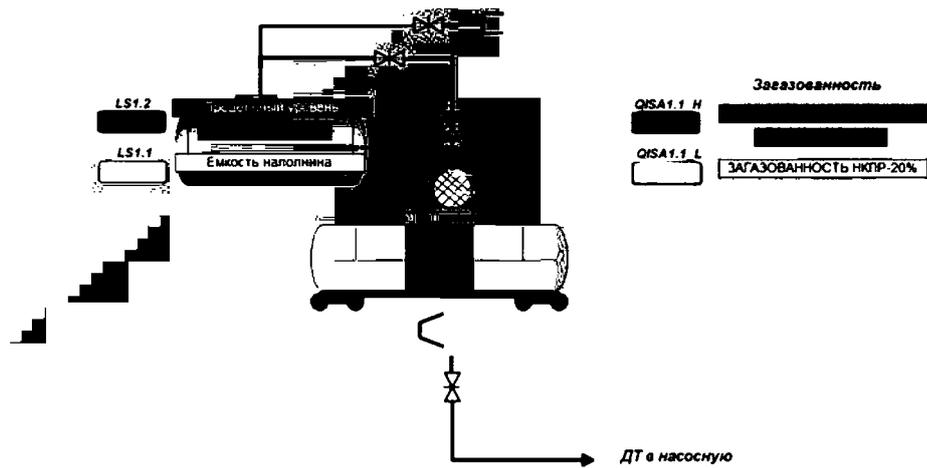


Рисунок 128 – Мнемосхема площадки слива св. нефтепродуктов с ж/д цистерн

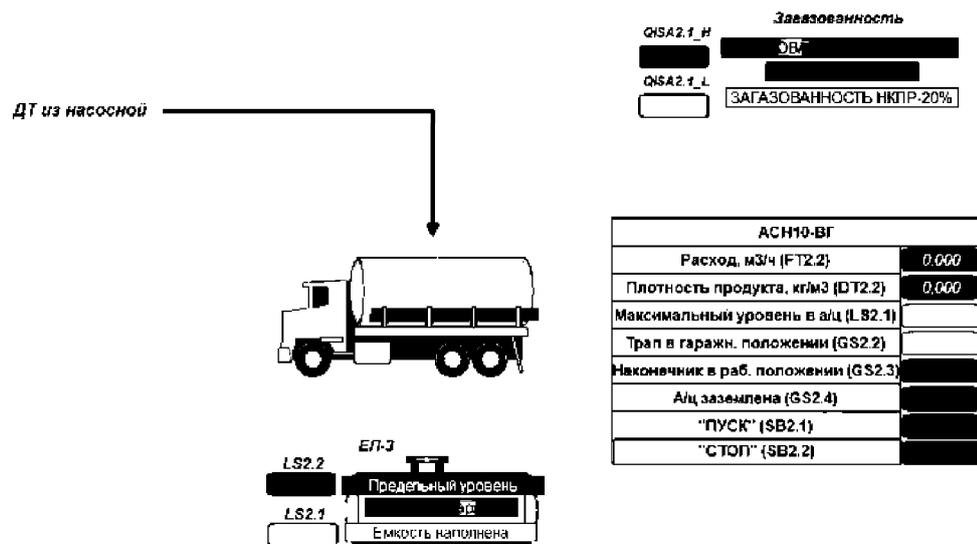


Рисунок 129 – Аварии на мнемосхеме площадки налива св. нефтепродуктов в

а/ц

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе реализована программная составляющая автоматизированной системы склада хранения светлых нефтепродуктов.

Созданы программа управления для ПЛК S7-300, SCADA-система и имитационная модель склада хранения светлых нефтепродуктов.

Программа управления для ПЛК S7-300 разработанная в ПО Siemens SIMATIC STEP7 осуществляет управление и контроль за оборудованием, установленным на складе хранения светлых нефтепродуктов. Предусмотрены программные аварийные блокировки оборудования, контроль датчиков и средств автоматизации, аварийных ситуаций, управление технологическими операциями.

В SCADA системе, разработанной в WinCC осуществляется:

- представление технологической информации на экранах дисплеев в виде мнемосхем с различной детализацией, на которых воспроизводится информация о текущем состоянии технологического процесса и значениях технологических параметров;

- автоматическая сигнализация и регистрация достижения параметром аварийных и предельных границ;

- приём команд диспетчера по управлению и изменению режима работы технологического оборудования;

- формирование и вывод на экран монитора архива сообщений, где фиксируются все сообщения о неисправностях, срабатывании предупредительной и аварийной сигнализации, сообщения о действиях диспетчера по управлению процессом, квитированию, снятию с опроса, деблокированию и изменению состояния измерительных каналов и др.;

- архивирование и отображение на мониторе архива измеренных значений технологических параметров

Модель, разработанная в Simulink Matlab, моделирует технологические процессы и имитирует работу оборудования, датчиков и средств автоматизации. На модели были проработаны и исследованы различные аварийные и рабочие режимы, произведена отладка программ управления, протестирована SCADA-система.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Документация MATLAB [Электронный ресурс] – 2017. – 200 с. Режим доступа: <https://docs.exponenta.ru>, - 19.05. 2020.
2. Методические указания к лабораторной работе по дисциплинам «Гидравлика», «Механика жидкости и газа» для студентов всех форм обучения машиностроительных специальностей [Электронный ресурс] – 2015 – 150 с. Режим доступа: [https://study.urfu.ru/Aid/Publication/10722/1/Pastyhova\\_Lapteva.pdf](https://study.urfu.ru/Aid/Publication/10722/1/Pastyhova_Lapteva.pdf), – 21.05. 2020.
3. Рыбалев А.Н. Разработка и эмулирование АСУ ТП с использованием программ разных производителей и типов / А.Н. Рыбалев, Ф.А. Николаец // Вестник Амурского государственного университета. 2014. 40 с.
4. Руководство по эксплуатации и настройке AUMATIC AC 1.2 Profibus DP [Электронный ресурс] – 2014. – 200 с. Режимы доступа: <http://www.auma.com> – 25.05. 2020.
5. Преобразователь частоты SINAMICS G120C Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] – 2010. – 110 с. Режимы доступа: [https://www.siemens-ru.com/doc/1385\\_Files\\_1427180710\\_SINAMICS\\_G120C\\_ru-RU.pdf](https://www.siemens-ru.com/doc/1385_Files_1427180710_SINAMICS_G120C_ru-RU.pdf) – 19.06. 2020.
6. Романов В. П. Управление электроприводом Микромастер 440 по сети PROFIBUS. Учебно-методическое пособие. 2016. 90 с.
7. Герн Берг. Автоматизация с помощью Программ STEP7 LAD и FBD. [Электронный ресурс] – 2008. – 155 с. Режимы доступа: [https://www.gun.cs.nstu.ru/ics/Berger\\_STEP7\\_LAD%26FBD\\_r.pdf](https://www.gun.cs.nstu.ru/ics/Berger_STEP7_LAD%26FBD_r.pdf) – 31.05. 2020.
8. SIMATIC S7. Введение в STEP 7. Руководство [Электронный ресурс] – 2015. – 155 с. Режимы доступа: [https://www.elinc.ru/Downloads/Siemens/step7\\_in\\_manual\\_ru.pdf/](https://www.elinc.ru/Downloads/Siemens/step7_in_manual_ru.pdf/) – 05.06. 2020.
9. Автоматизация производства и программирование контроллеров Siemens [Электронный ресурс] – 2011. – 155 с. Режимы доступа: <http://www.step7-pro.ru> – 19.06. 2020.

10. Чье Ен Ун, Иванов В. Э. Разработка АСУТП в среде WinCC. 2019. 155 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Техническое задание на разработку

Техническое задание разработано с требованиями ГОСТ 34.602–89.

### 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Полное наименование: Разработка систем автоматизации технологических процессов нефтехранилища.

1.2 Шифр темы:

1.3 Заказчик: ФГБОУ ВО Амурский государственный университет (АмГУ).

Исполнитель: Шепелев Константин Олегович.

1.4 Система разрабатывается на основании следующих документов:

- ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств;

- учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств.

1.5 Плановый срок начала работ по разработке систем автоматизации технологических процессов нефтехранилища 27 января 2020 года.

Плановый срок окончания работ по разработке систем автоматизации технологических процессов нефтехранилища 15 марта 2020 года.

### 2 НАЗНАЧЕНИЯ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ

2.1 Комплексная автоматизированная система технологических процессов нефтехранилища предназначена для:

- для создания эффективной системы, сокращающей потери Компании за счет обеспечения точности, надежности и объективности измерений при выполнении учетных операций;

- для обеспечения учета массы нефтепродуктов в режиме реального времени путем контроля технологических параметров с их фискальной регистрацией и последующей передачей информации в налоговые органы;

## Продолжение Приложения А

- для измерения в автоматизированном режиме количественных показателей нефтепродуктов и минимизации последствий «человеческого фактора» при проведении операций по приему и отпуску нефтепродуктов;
- для обеспечения безопасных условий эксплуатации нефтебазы, определения аварийных и предаварийных ситуаций на технологических узлах в автоматическом режиме;
- для управления товарными потоками на нефтебазе;
- для формирования базы данных и на ее основе оформления применяемых на практике форм первичной отчетности и отчетной документации при торговле нефтепродуктами в соответствии с Законом РФ №129-ФЗ «О бухгалтерском учете»;
- для количественного и качественного учета нефтепродуктов;
- для контроля и управления в автоматизированном режиме технологическими процессами нефтебазы, обеспечения приема, хранения и отгрузки нефтепродуктов;
- для формирования управленческой отчетности.

### 2.2 Цели создания системы:

Целями функционирования системы являются:

- формирование полной и достоверной оперативной управленческой отчетности о наличии и движении нефтепродуктов на нефтебазе, оформление приходных и отгрузочных сопроводительных документов;
- полное информационное обеспечение основных процессов нефтебазы, минимизация человеческого фактора в учете;
- стабилизация заданных режимов технологических процессов нефтебазы путем контроля технологических параметров;
- обеспечение высоких технико-экономических показателей работы нефтебазы за счет автоматизированного поддержания наиболее рационального режима работы технологического оборудования;

## Продолжение Приложения А

- повышение уровня безопасности эксплуатации объектов, улучшение экологической обстановки за счет внедрения автоматической защиты оборудования для предотвращения аварийных ситуаций и пожаров;

- организация коммерческого (оперативного) учета нефтепродуктов при их приеме, хранении и отгрузки в соответствии с требованиями ГОСТ 8.595-2004, оформление приходных и отгрузочных сопроводительных документов;

- предотвращение выхода из строя технологического оборудования и увеличение его межремонтного периода работы.

### 2.3 Критерии управления системы:

- безаварийная работа объекта управления;

- минимальные потери нефтепродуктов и минимальные затраты энергетических ресурсов;

- поддержание основных установленных технико-экономических показателей работы нефтебазы с минимальными отклонениями и минимальными трудовыми затратами;

- увеличение производительности и уменьшение «человеческого фактора» в управлении и проведении учетных операций.

## 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

### 3.1 Сведения об объекте автоматизации:

Объектом автоматизации является:

1) Сливная ж/д эстакада ДТ, Аи-92 и Аи-95 в составе:

- устройство нижнего слива с ж/д цистерны типа УСН-150 – 6шт.;

- емкость подземная аварийная ЕП-1  $V = 75 \text{ м}^3$ ,  $D=3\text{м}$ ,  $L=10,77\text{м}$  – 1шт.

2) Площадка налива в а/ц ДТ, Аи-92, Аи-95 со автоматизированным стояком налива на 2 цистерны – АСН-10ВГ – 1 шт. с емкостью подземной дренажной ЕП-3.

3) Резервуарный парк хранения ДТ, Аи-92, Аи-95 в составе:

- резервуар вертикальный стальной РВС-500 для хранения бензина - 2 шт.;

## Продолжение Приложения А

- резервуар вертикальный стальной РВС-1000 для хранения ДТ и аварийный - 2 шт.

4) Насосная слива св. нефтепродуктов со СНЭ, совмещенная с насосной налива св. нефтепродуктов в АЦ в составе:

- насосная установка УОДН-200-150-125 – 5 шт.;
- электронасос центробежный одноступенчатый КМ-80-50-215Е - 1 шт.
- электронасос центробежный одноступенчатый КМН-100-80-160 - 4 шт.
- емкость подземная дренажная ЕП-2  $V = 40 \text{ м}^3$ ,  $D=2,4 \text{ м}$ ,  $L=9,03 \text{ м}$  - 1 шт.

3.2 Сведения об условиях эксплуатации объекта автоматизации и характеристиках окружающей среды:

### 4 ТРЕБОВАНИЕ К СИСТЕМЕ

4.1 Требования к системе в целом.

4.1.1 Требования к структуре и функционированию системы.

АСУ ТП нефтебазы должна представлять собой децентрализованную территориально распределенную систему управления. Исходя из структуры нефтебазы как объекта управления, с технических характеристик применяемого основного оборудования, система управления построена в виде сети, объединяющей подсистемы в единую информационно управляющую структуру.

АСУТП нефтебазы реализовать на базе современных, высоконадежных микропроцессорных систем, имеющих необходимые сертификаты для применения.

АСУТП нефтебазы примет трехуровневую структуру.

Основными техническими средствами системы управления будут являться:

1. Технические средства нижнего уровня - датчики и исполнительные механизмы;
2. Технические средства среднего уровня - микропроцессорные программируемые контроллеры и сетевое оборудование;

## Продолжение Приложения А

3. Технические средства верхнего уровня - автоматизированные рабочие места (АРМ) на базе компьютерных операторских станций и SCADA - пакетов.

К техническим средствам среднего уровня АСУТП нефтебазы, размещаемым в помещениях КИП, подключены полевые приборы и исполнительные механизмы объектов автоматизации.

Верхний уровень АСУТП нефтебазы включает в себя сервер базы данных и АРМ операторов с помощью которых дистанционно проводятся операции приема, хранения и отпуска нефтепродуктов. Обмен данными между средним и верхним уровнем производится с применением промышленных сетевых протоколов.

В состав АСУ ТП так же входят система загазованности нефтебазы и интеграция с системами.

### 4.1.2 Показатели назначения:

- система обеспечивает эффективную и безопасную работу нефтебазы без постоянного присутствия обслуживающего персонала на технологических установках;

- резерв по каналам ввода/вывода составляет не менее 10% по каждому типу;

- контроль и управление производится в реальном масштабе времени, круглосуточно;

- задачи контроля и управления про ранжированы на этапе проектирования по степени важности. Высшие приоритеты имеют задачи, реализующие функции самодиагностики, автоматической защиты и блокировки, сигнализации аварийного состояния и дистанционного управления;

### 4.1.3 Требования к надежности:

- создаваемая система является многофункциональной, восстанавливаемой, непрерывного действия и, в соответствии с ГОСТ 24.701-86, характеризуется показателями безотказности и ремонтпригодности по основным выполняемым функциям;

## Продолжение приложения А

- надежность функционирования АСУ ТП нефтебазы соответствует требованиям ГОСТ 26.205-88Е;

- ремонтпригодность и пригодность к техническому обслуживанию комплекса технических средств (КТС) АСУ ТП нефтебазы удовлетворяют ОСТ 25 1219-85;

- предельным состоянием при определении среднего срока службы до списания считается моральное старение элементов комплекса согласно ГОСТ 24.104-85. При достижении комплексом предельного состояния он должен быть списан, если не будет принято решение о продолжении эксплуатации после частичной замены отдельных модулей или модернизации;

- критерием отказа системы в целом является отказ любой из составных функций, который приводит к вынужденной остановке технологического процесса по вине системы.

Отказом управляющей функции является событие, при котором невозможно осуществление управления любым оборудованием или исполнительным механизмом, или выдача ложных управляющих воздействий, приводящих к отсутствию возможности реализации заданного закона управления.

Отказом информационных функций является событие, приводящее к потере или искажению информации при ее предоставлении операторскому персоналу.

Отказом функций защиты является событие, при котором невозможно осуществление защитных воздействий или выдача воздействий на исполнительный механизм, приводящих к нарушению алгоритмов защиты.

- система обладает живучестью при выходе из строя отдельных элементов программно-технического комплекса (ПТК), которая обеспечивается автономностью работы устройств нижнего уровня, резервированием центральных устройств и информационной избыточностью;

## Продолжение приложения А

- в системе предусмотрено применение источника бесперебойного питания для гарантированного электроснабжения элементов системы.

### 4.1.4 Требования к безопасности:

- соблюдение «Правил устройства электроустановок», «Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности», «Общих правил взрывобезопасности для взрывопожароопасных производств»;

- комплекс технических средств выбрать таким образом, чтобы неправильные действия персонала не приводили к аварийной ситуации;

- безопасность электротехнических изделий и средств вычислительной техники, используемых в АСУ ТП нефтебазы, должен соответствовать действующим стандартам.

### 4.1.5 Требования к эргономике и технической эстетике:

Видеокадры автоматизированного рабочего места обеспечивают удобный интерфейс для выполнения оперативным персоналом своих функций:

- контроля и анализа режима работы объекта в целом и его элементов;

- выдачи команд управления на все механизмы, управляемые с данного уровня;

- регистрации технологических событий, происходящих в системе;

- регистрации оперативного персонала и определения прав доступа.

Для реализации вышеуказанных функций имеются следующие видеокадры:

- основной видеокадр (совокупность технологических установок, ген. план);

- видеокадры отдельных технологических установок;

- видеокадры, отражающие структуру и состояние системы автоматизации;

- видеокадры просмотра истории параметров;

- вспомогательные видеокадры панелей управления исполнительными механизмами;

- видеокадры технологических защит и блокировок;

## Продолжение приложения А

- видеокadres просмотра аварийных сообщений;
- видеокadres регистрации действий оперативного персонала.

Интерфейс «человек-машина» исключает действия пользователей, приводящие к входу в системные окна, перезагрузке компьютера, «снятию» пользовательского приложения и выходу из системы.

Все кнопки, доступные пользователю, имеют понятные названия на русском языке.

Для критичных действий предусмотрена их отмена по желанию пользователя и возврат в предыдущее состояние.

На всех видеокadres обеспечивается присутствие окна аварийных сообщений с возможностью их квитирования.

На видеокadres технологических установок отображаются:

- технологические элементы эстакад слива и налива, резервуарного парка, насосных станций и узлов учета с расположенными на них дискретными или аналоговыми датчиками;
- запорная арматура и технологическое оборудование с индикацией их состояний.

Структура и состояние системы отображаются на отдельном видеокadre. Здесь же отображены все средства автоматизации с детализацией, характерной для данного уровня (отображение состояния контроллеров, модулей УСО, каналов связи).

Просмотр ретроспективы дискретных параметров реализован в Журнале аварийных и технологических сообщений, событий, в который заносятся параметры различных категорий (аварийные и предупредительные сигналы, изменения состояния оборудования, технологические сообщения), выделяемые цветом.

Журнал аварийных сообщений и событий выполняет следующие функции:

- просмотр аварийных сообщений и событий;

## Продолжение приложения А

- фильтрацию сигналов по различному оборудованию и типам сообщениям;

- печать.

Индикация аналоговых параметров обеспечивает:

- индикацию числового значения параметра;

- состояние параметра.

Сигнал неисправности появляется, если аналоговый параметр не достоверен (например, в случае выхода из строя любого элемента, обеспечивающего его измерение, сбор и передачу на рабочие станции, выход значения параметра за пределы шкалы, неправдоподобная скорость изменения параметра и т.д.).

Нарушение аварийной, предупредительной границы или неисправности аналогового параметра автоматически фиксируется в Журнале аварийных сообщений и событий и в окне аварийных сообщений (соответственно строкой красного, желтого и синего цвета) с указанием текущего значения параметра. Нарушение аварийной или предупредительной границы имеет еще и звуковое сопровождение.

Состояние запорной аппаратуры индицируется следующим образом:

- задвижка открыта - зеленый;

- задвижка закрыта - серый;

- неопределенное состояние - белый цвет.

Состояние насосов и других исполнительных механизмов отображается следующим образом:

- включен - зеленый;

- выключен - серый.

Любая аварийная ситуация с запорной арматурой или исполнительным механизмом индицируется текстом в строке аварийных сообщений и элементами анимации с сохранением цвета, индицирующего состояние элемента.

## Продолжение приложения А

### 4.1.6 Требования к защите информации от несанкционированного доступа.

На всех уровнях системы в техническом и программном обеспечении реализовать защиту от несанкционированного доступа к информации и функциям системы путем паролирования разного уровня доступности.

### 4.1.7 Требования по сохранности информации при авариях.

При нарушениях связи и пропадании электропитания на всех уровнях системы предусмотреть сохранность информации за счет использования блоков бесперебойного питания, позволяющих сохранить данные перед выключением системы и дублирования записи информации на разных носителях. Информация в ПЛК сохраняется в памяти независимой от внешнего питания, информация на АРМ сохраняется на жестком диске.

### 4.1.8 Требования по стандартизации и унификации.

Технические и программные решения, принимаемые по системе, максимально унифицированы и совместимы в рамках разработанной системы.

Технические средства зарубежного производства имеют необходимые Российские сертификаты.

## 4.2 Требования к функциям (задачам), выполняемым системой.

### 4.2.1 Резервуарный парк светлых нефтепродуктов.

- контроль уровня нефтепродукта в резервуаре;
- контроль температуры нефтепродукта в резервуаре;
- контроль гидростатического давления в резервуаре;
- вычисление плотности продукта в резервуаре;
- вычисление объема и массы продукта в резервуаре;
- сигнализация предельных (верхнего и нижнего) рабочих уровней в резервуаре;
- сигнализация верхнего аварийного уровня;
- сигнализация загазованности и пожара;
- контроль состояния задвижек (открыто, закрыто);

## Продолжение приложения А

- дистанционное оперативное управление задвижками резервуаров и технологических трубопроводов (открыть, закрыть, стоп);
- автоматическое закрытие приемных задвижек резервуаров при предельных верхних уровнях налива;
- автоматическое закрытие задвижек при пожаре на резервуаре;
- контроль утечек нефтепродуктов из резервуара;
- контроль загазованности по периметру каре резервуарного парка и на узлах запорной арматуры;
- местная и дистанционная светозвуковая сигнализация 20% НКПР, 50% НКПР;
- технологические блокировки при загазованности 50% НКПР.

4.2.2 Насосная слива св. нефтепродуктов со СНЭ, совмещенная с насосной налива св. нефтепродуктов в АЦ в составе:

- контроль состояния насосных агрегатов (вкл./выкл.);
- дистанционное и местное управление насосными агрегатами, обеспечение плавного пуска и останова двигателя насоса;
- контроль давления на входе и выходе насоса, температуры подшипников и вибрации;
- защита насосного агрегата при минимальном давлении на всасывании и нагнетании, минимальном давлении в системе охлаждения насоса, превышения температуры подшипников, электрическая защита двигателя при перегрузках и потери фазы и др.;
- контроль состояния задвижек (открыто, закрыто);
- дистанционное управление оперативными задвижками (открыть, закрыть, стоп);
- контроль загазованности по периметру насосной и на узлах запорной арматуры;
- автоматическое отключение всех механизмов в случае загазованности 50% НКПР и пожара.

## Продолжение приложения А

- сигнализация загазованности и пожара в насосном блоке;
- сигнализация затопление насосной;
- сигнализация отсутствие нефтепродуктов перед насосами (защита от «сухого хода»);
- контроль предельных уровней в емкости ЕП-2.

### 4.2.3 Сливная ж/д эстакада ДТ, Аи-92 и Аи-95:

- контроль давления в трубопроводах слива;
- контроль температуры нефтепродуктов в трубопроводах слива;
- контроль предельных уровней в емкости ЕП-1;
- контроль загазованности по периметру сливной эстакады;
- местная и дистанционная светозвуковая сигнализация 20% НКПР, 50% НКПР;
- кнопки дистанционного останова грузовых насосов со сливной эстакады;
- автоматическое отключение всех механизмов в случае загазованности 50% НКПР и пожара.

### 4.2.4 Площадка налива в А/Ц ДТ, Аи-92, Аи-95 со автоматизированным стояком налива на 2 цистерны - АСН-10ВГ:

- контроль предельных уровней в емкости ЕП-3;
- контроль загазованности по периметру площадки;
- местная и дистанционная светозвуковая сигнализация 10% НКПР, 20% НКПР.

Средствами штатной автоматики стояка налива предусматривается:

- контроль заземления автоцистерны;
- контроль гаражного положения трапа;
- контроль положения наконечника налива;
- контроль переполнения автоцистерны;
- контроль объемного расхода наливаемого нефтепродукта;
- управления клапаном налива;
- автоматизированный налив по заданной массе/объеме;

## Продолжение приложения А

- технологические блокировки с прекращением налива при аварийных ситуациях;

- отключения по внешнему сигналу «авария».

### 4.3 Требования к видам обеспечения.

#### 4.3.1 Математическое обеспечение.

Математическое обеспечение СИСТЕМЫ включает в себя методы и алгоритмы предварительной обработки аналоговых и дискретных сигналов, контроля, управления, и другие алгоритмы, необходимые для выполнения функций системы.

#### 4.3.2 Информационное обеспечение.

Информационное обеспечение системы построено на основе базы данных MS SQL (БД). Основой БД являются описания (дескрипторы) аналоговых и дискретных точек ввода/вывода. Эти описания создаются Разработчиком системы на стадии техно-рабочего проектирования. В процессе эксплуатации системы эта часть БД является доступной для изменения с помощью соответствующих программных средств.

Однако доступ к этой информации защищен паролем для обеспечения информационной безопасности.

Изменение в базе данных в которой хранится фискальная информация (акты приемки/отгрузки и т.д.) запрещен.

#### 4.3.3 Лингвистическое обеспечение.

Все сообщения, выдаваемые системой в процессе функционирования, надписи на видеокадрах и меню, распечатки сводок и отчетных документов отображаются на русском языке.

#### 4.3.4 Техническое обеспечение.

ПТК системы должно обеспечивать построение территориально и функционально распределенной иерархической системы управления.

В состав ПТК СИСТЕМЫ входят следующие основные устройства:

## Продолжение приложения А

1) на нижнем уровне - датчики, полевые приборы и исполнительные механизмы отечественного и импортного производства, для наиболее важных применений используется импортное оборудование;

2) на среднем уровне - программируемые контроллеры с «горячим» резервированием процессорных модулей;

3) на верхнем уровне – серверное оборудование, операторские и инженерная рабочие станции, коммуникационное оборудование.

ПТК в целом должно иметь Российский сертификат утверждения типа средств измерения.

### 5 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ

Перечень документов и чертежей, по ГОСТ 34.201-89, предъявляемых по окончании соответствующих этапов, стадий и работ:

1	Разработка нижнего уровня системы	Создание чертежа структурной, функциональной схемы, выбор основных приборов и средств автоматизации
2	Разработка среднего уровня системы	Проектирование алгоритма управления и создание программы управления для ПЛК.
3	Разработка верхнего уровня системы	Создание SCADA, БД
4	Разработка имитационной модели автоматизированной системы нефтехранилища	Создание модели системы в программе Matlab, для отработки основных алгоритмов управления оборудованием и тестирования ПО верхнего уровня системы.
5	Тестирование системы	Отработка основных алгоритмов управления оборудованием,

## Продолжение приложения А

### 6 ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ СИСТЕМЫ

#### 6.1 Виды, состав, объем и методы испытаний системы

Виды, состав, методы испытаний и тестирования системы будут изложены в компьютерной программе, разрабатываемой в составе рабочей документации.

#### 6.2 Общие требования к приёмке работ по стадиям

Все создаваемые в рамках настоящей работы программные изделия передаются заказчику (то есть Амурскому государственному университету), как в виде готовых модулей, так и в виде исходных компьютерных кодов, представляемых в электронной форме на стандартном дисковом носителе.

#### 6.3 Статус приёмочной комиссии

Приёмку работы должна выполнить приёмная комиссия, в состав которой включаются:

- представители заказчика;
- представители исполнителя.

Предварительные испытания заканчиваются подписание приёмочной комиссией протокола испытания с указанием в нем перечне необходимых доработок ПО эксплуатационной и программной документацией и сроков их выполнения.

### 7 ИСТОЧНИКИ РАЗРАБОТКИ

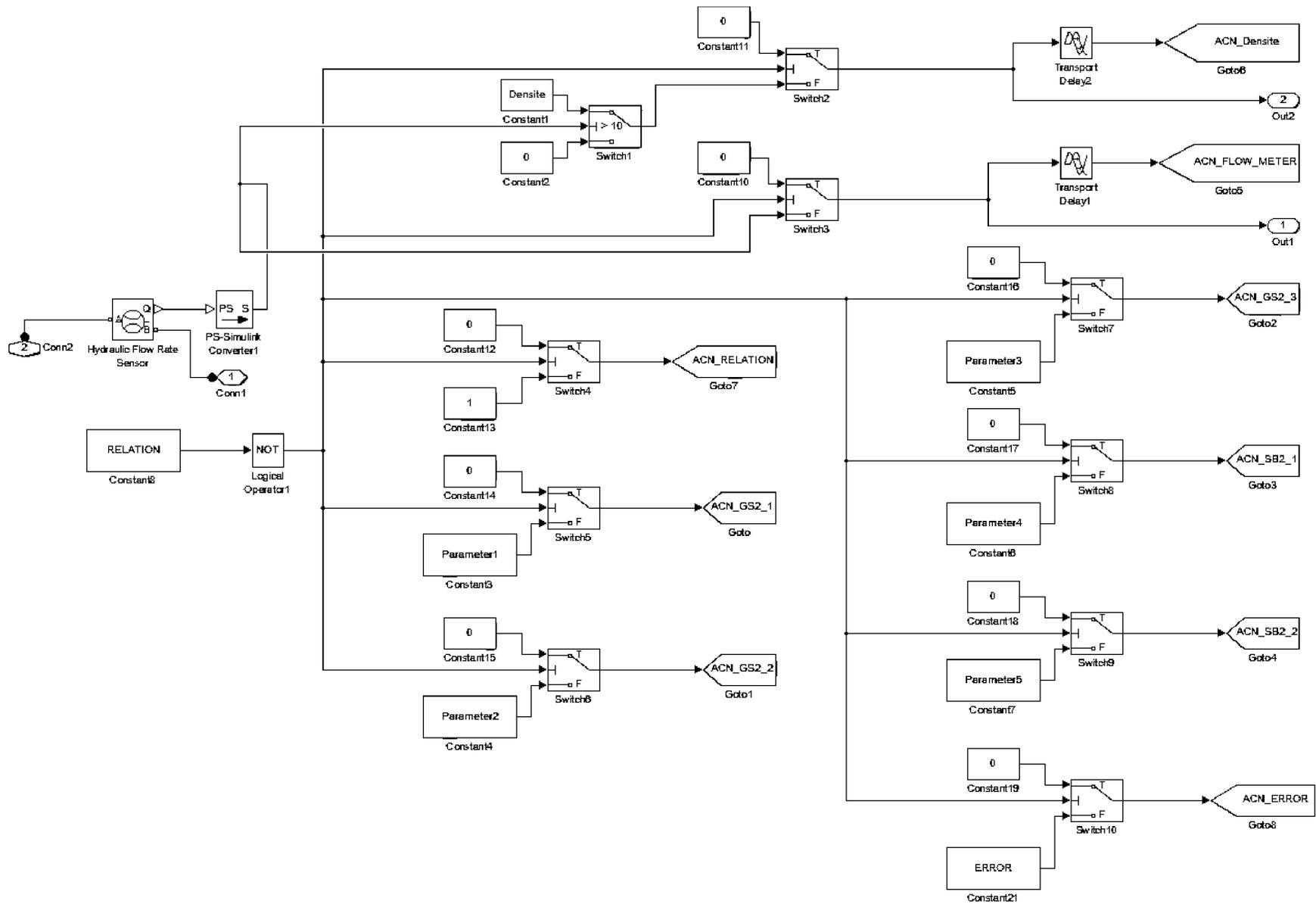
1) ГОСТ Р 8.595-2004. Масса нефти и нефтепродуктов. Общие требования к методикам выполнения измерений.

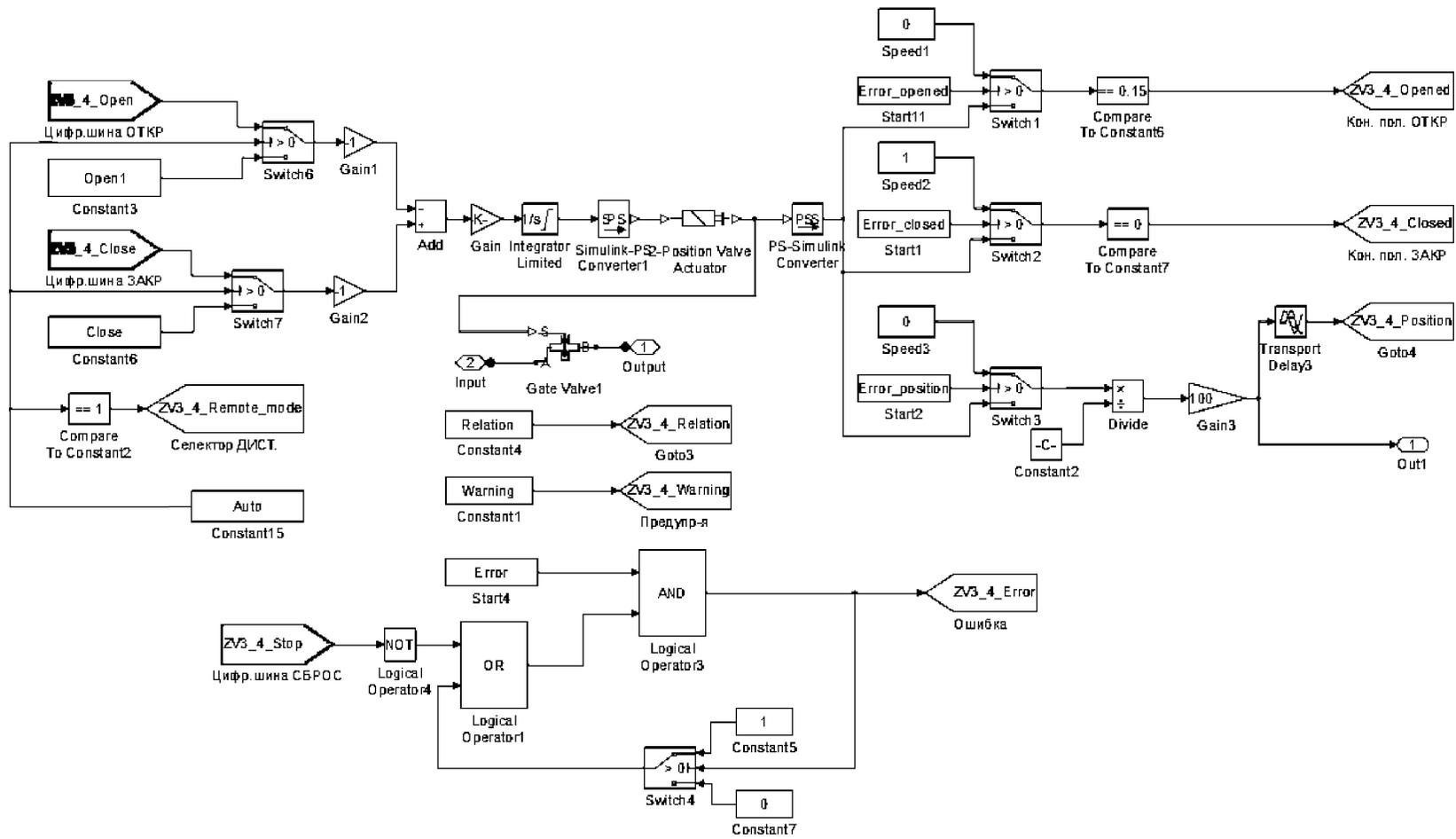
2) ГОСТ Р 8.596-2002. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.

3) ВНТП 5-95. Нормы технологического проектирования предприятий по обеспечению нефтепродуктами (нефтебаз).

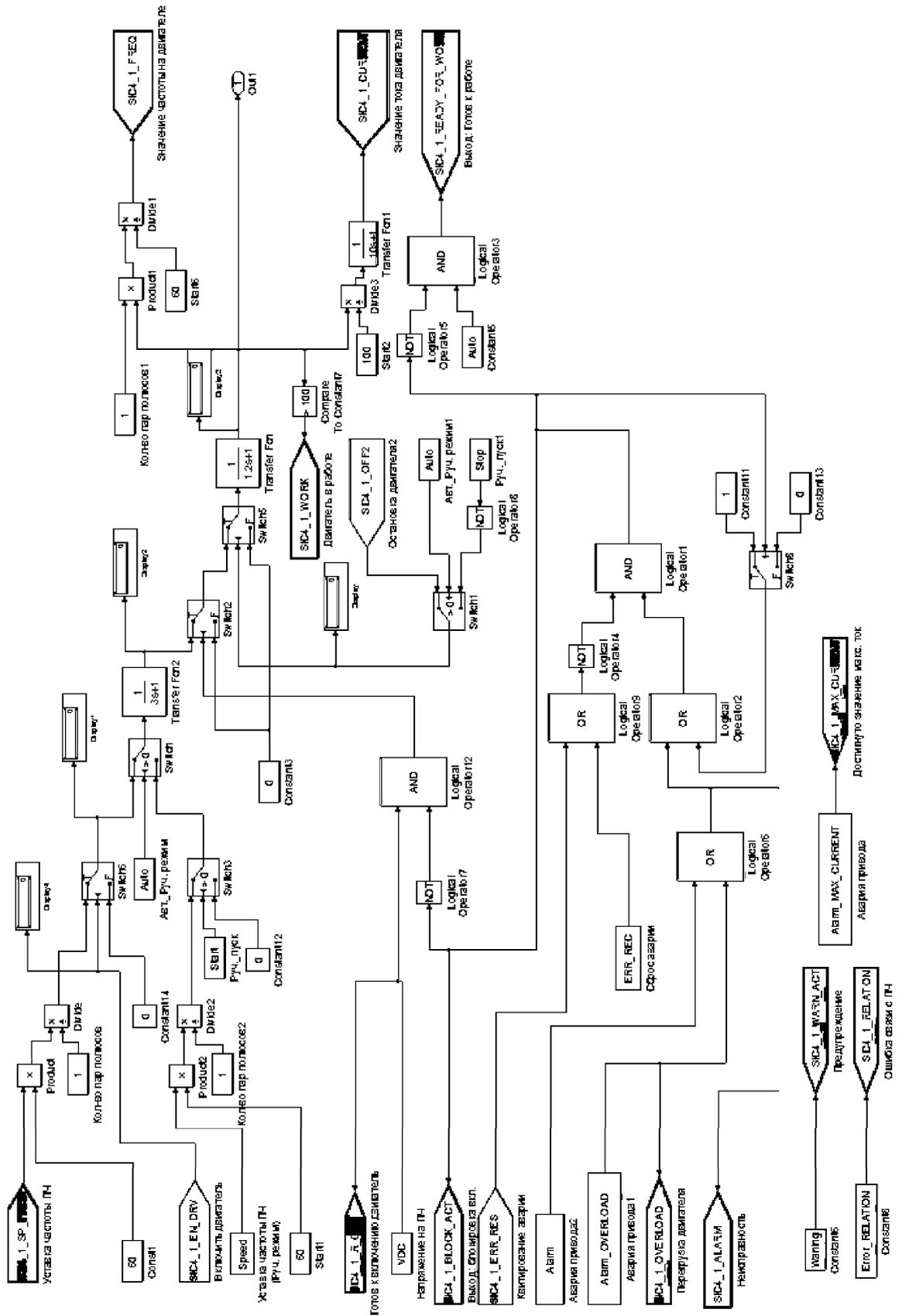
4) ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения.

5) ПУЭ, 7-е издание: Правила устройства электроустановок.

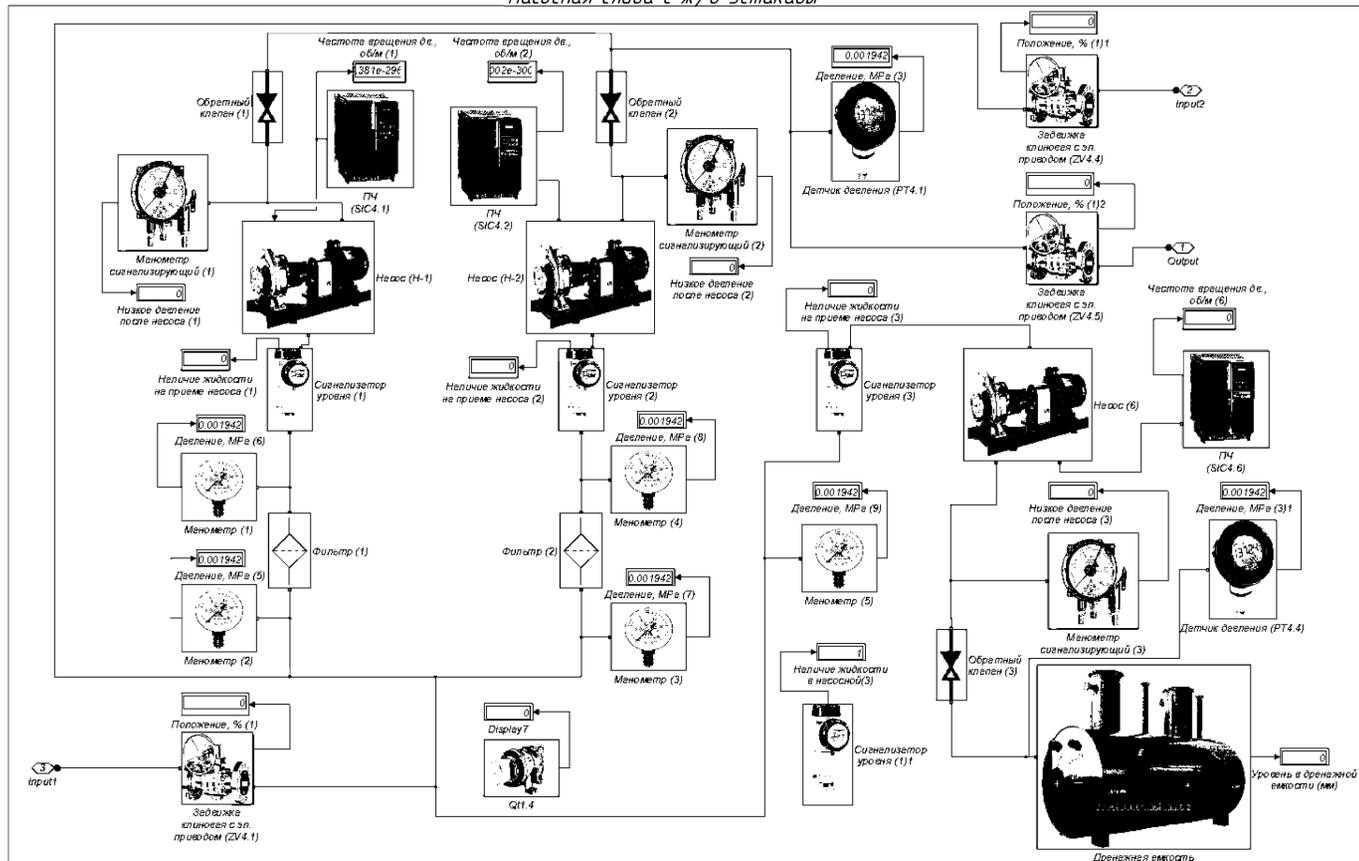




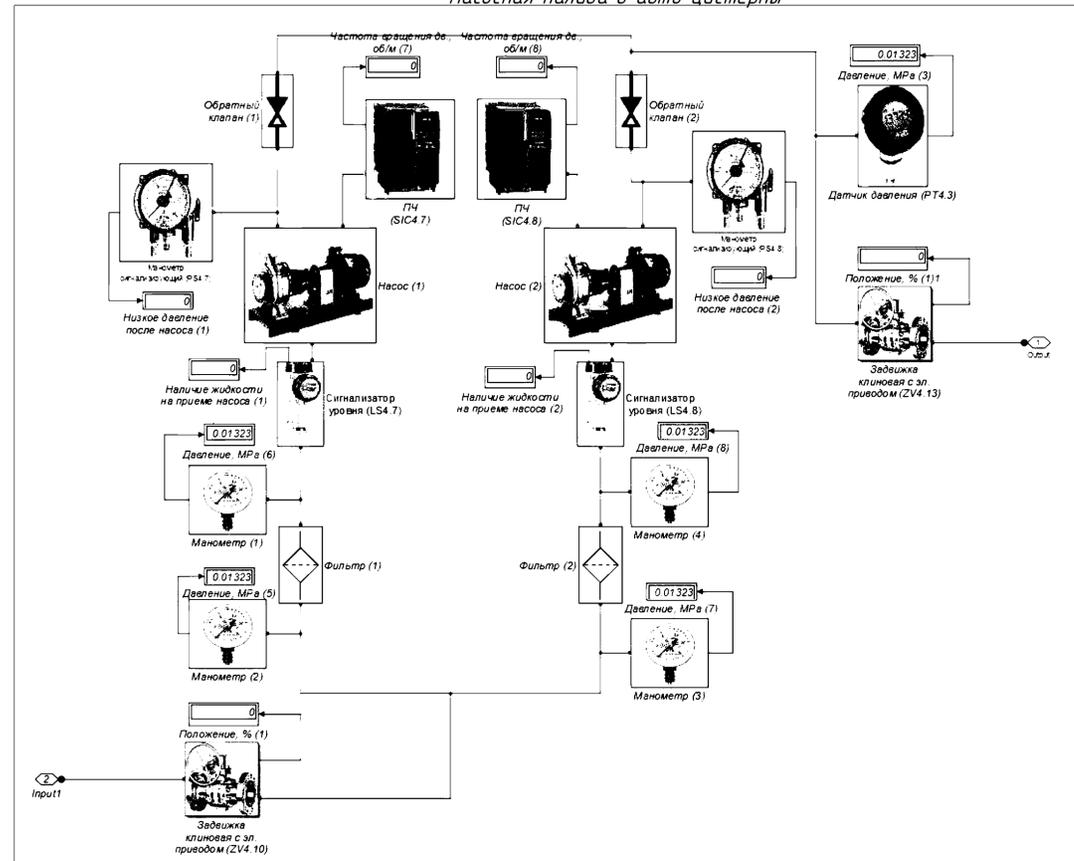
# ПРИЛОЖЕНИЕ С



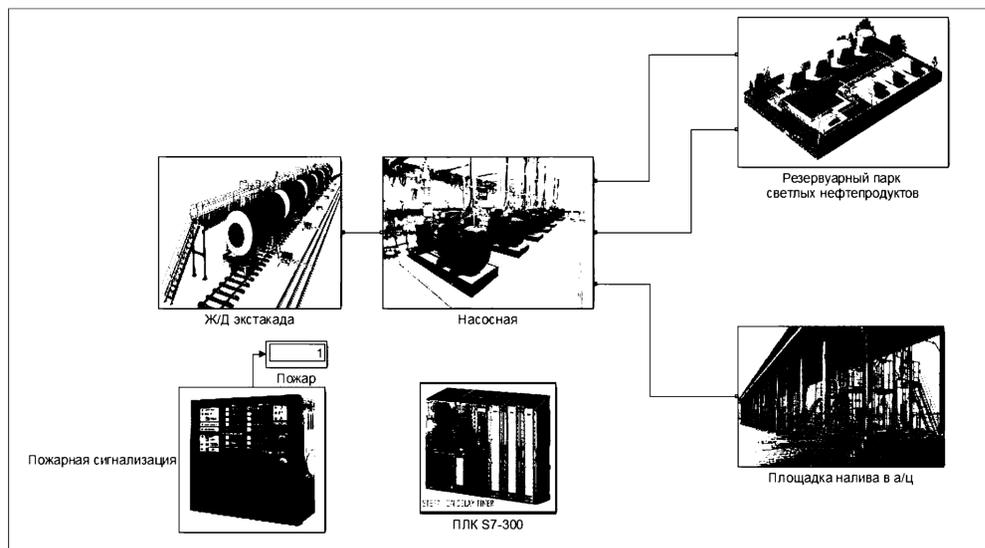
Насосная слива с ж/д эстакады



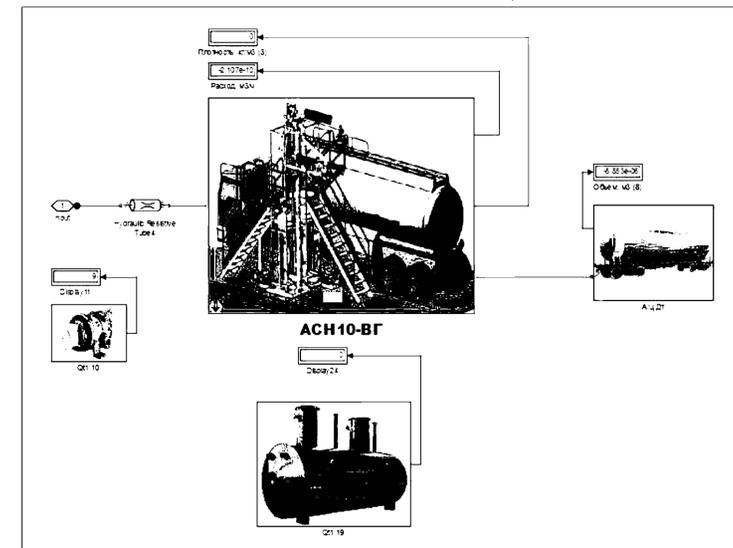
Насосная налива в авто цистерны



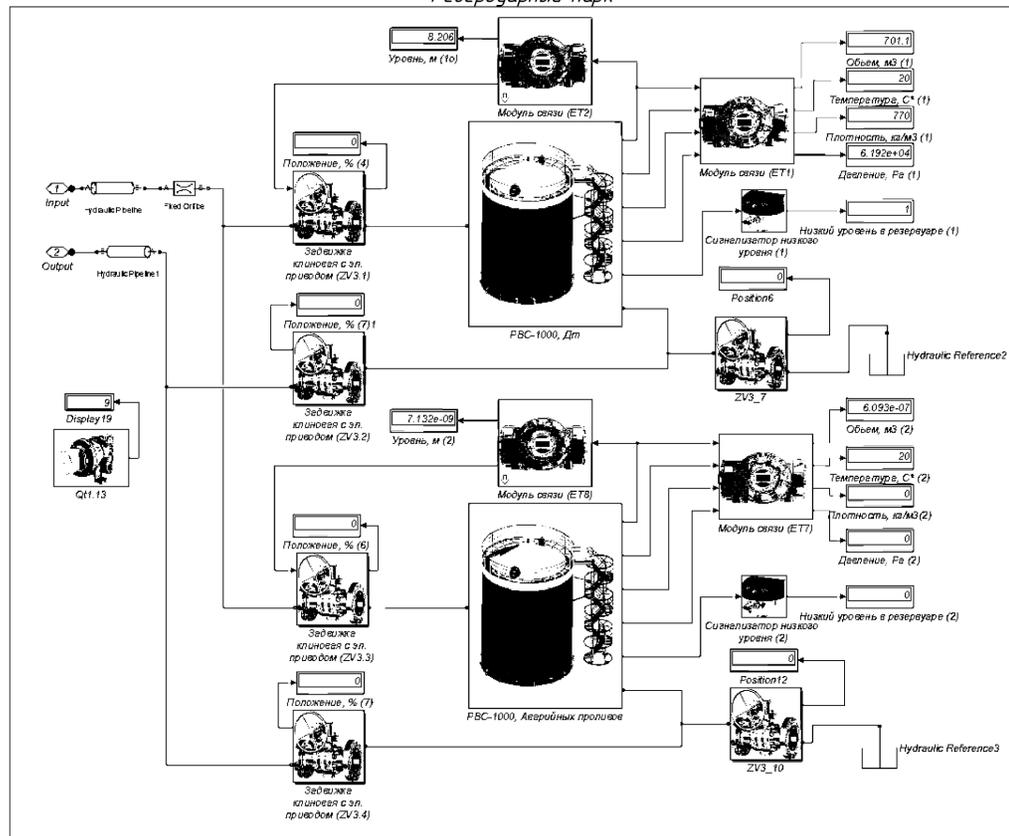
Склад хранения светлых нефтепродуктов



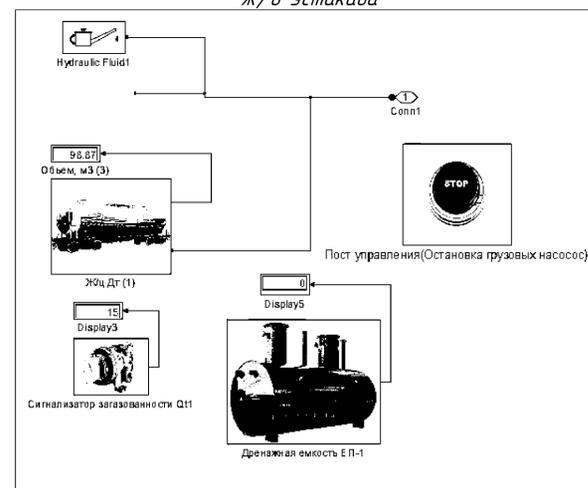
Площадка налива в авто цистерны



Резервуарный парк

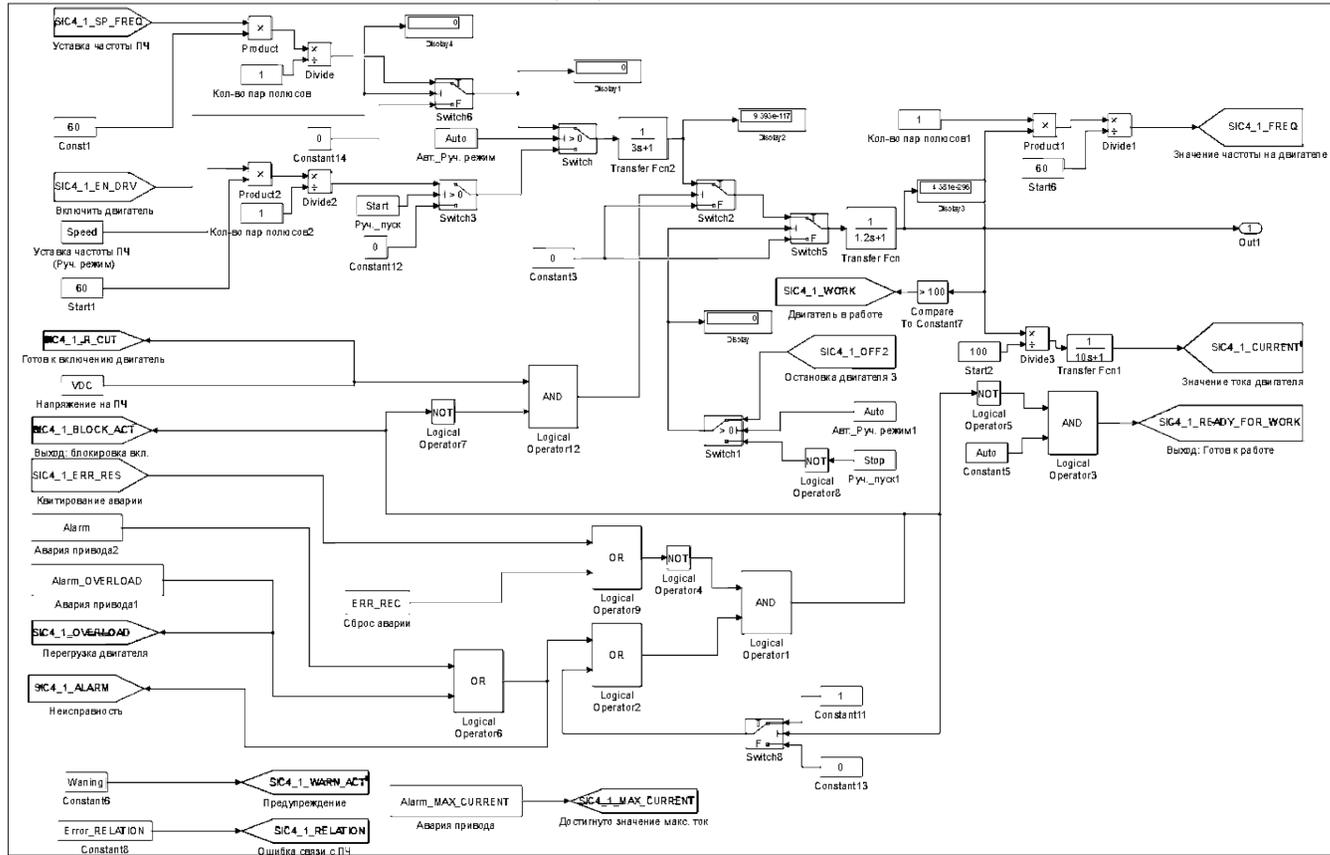


Ж/д эстакада



ВКР 154.021.150.304.СХ				Имитационная модель автоматизированной системы склада хранения светлых нефтепродуктов			
Изм.	Лист	№ Документа	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Разработчик	Савкин Д.В.				9		
Проверен	Рыделов А.И.						
Т.Контр.	Рыделов А.И.				Лист 1		Листов 8
Н.Контр.	Савкин Д.В.						
Чтв.	Савкин Д.В.						АмГУ гр. 641 08

### Преобразователь частоты



### Диалоговое окно Преобразователя частоты

Source Block Parameters: ПЧ (SIC4.1)

Menu

- Auto/Man
- Start
- Stop

Speed

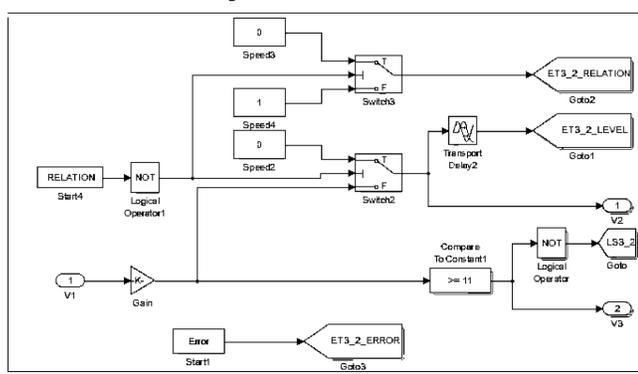
0.0 50.0

Alarms

- Alarm
- Alarm\_MAX\_CURRENT
- Alarm\_OVERLOAD
- Warning
- Error\_Relation
- KvIt\_ALARM

OK Cancel Help

### Модуль связи (ET-2 и ET-8)



### Диалоговое окно модуля связи (ET-2 и ET-8)

Function Block Parameters: Модуль связи (ET2)

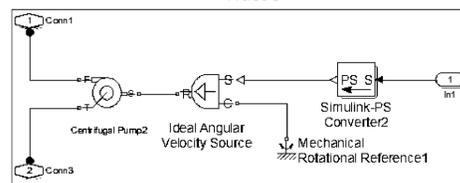
Error

Set\_Point, m

Relation

OK Cancel Help Apply

### Насос



### Диалоговое окно Задвижки

Block Parameters: Задвижка клиновная с эл. приводом (ZV3.4)

Menu

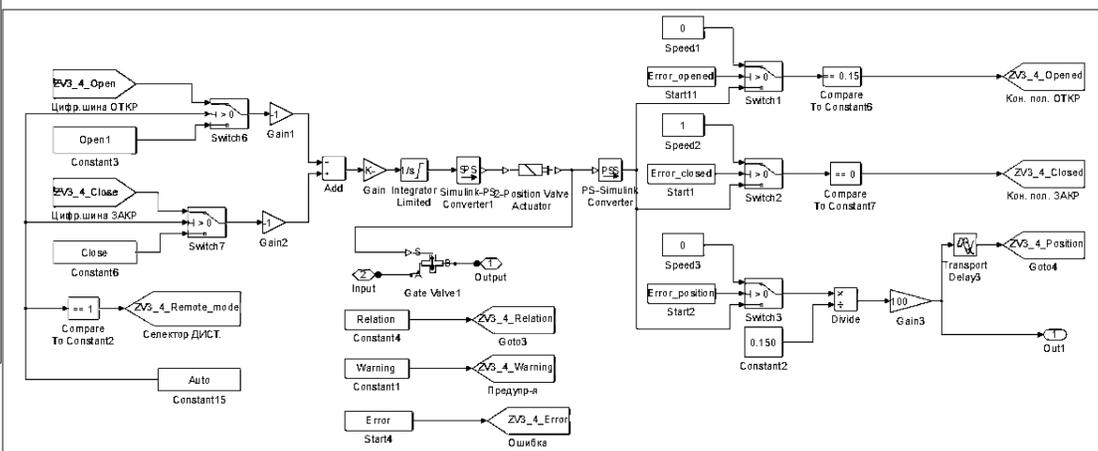
- Auto
- Open
- Close
- Stop

Error

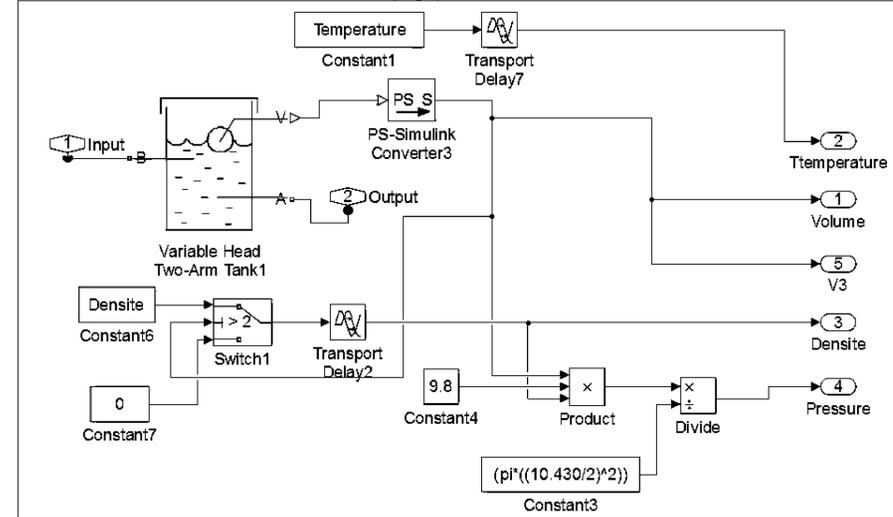
- Error\_opened
- Error\_closed
- Error\_position
- Error
- Relation
- Warning

OK Cancel Help

### Задвижка



### Резервуар PBC-100



### Диалоговое окно резервуара PBC-100

Block Parameters: PBC-100, Дт

Density

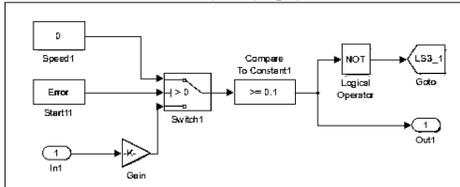
0.0 1000.0

Temperature

-50.0 50.0

OK Cancel Help

### Сигнализатор низкого уровня жидкости в резервуаре



### Диалоговое окно сигнализатора низкого уровня жидкости в резервуаре

Function Block Parameters: Сигнализатор низкого уровня (1)

Error

Set\_Point 0.1

OK Cancel Help

### Диалоговое окно модуля связи (ET-1 и ET-7)

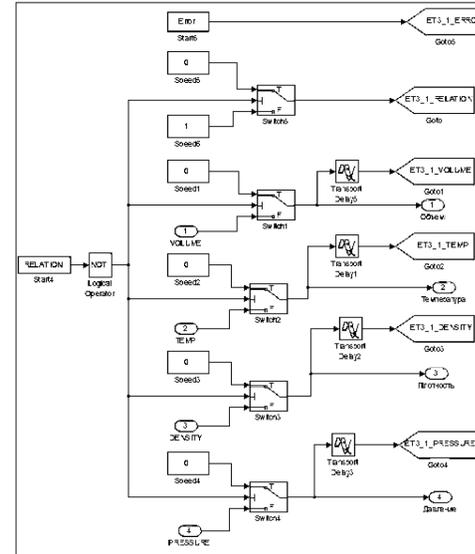
Function Block Parameters: Модуль связи (ET1)

Error

Relation

OK Cancel Help

### Модуль связи (ET-1 и ET-7)



### Диалоговое окно АСН10-ВГ

Block Parameters: АСН10-ВГ

- Троп в гаражн. положении
- Неконечник в раб. положении
- А/ц заземлена
- Пуск
- Ав. стоп
- ERROR
- RELATION

OK Cancel Help

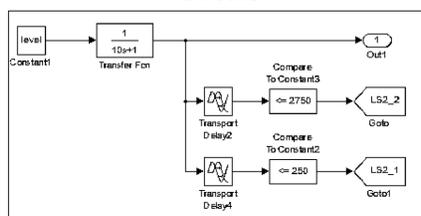
### Диалоговое окно поста слива с ж/д

Block Parameters: Пост управления

- Срон

OK Cancel Help

### Сигнализатор уровня в дренажной емкости



### Диалоговое окно сигнализатора уровня в дренажной емкости

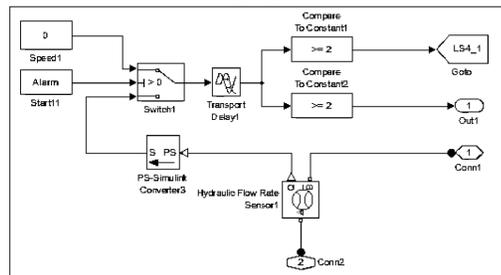
Block Parameters: Дренажная емкость

Level, mm

0.0 2800.0

OK Cancel Help Apply

### Сигнализатор наличие жидкости в перед насосом



### Диалоговое окно сигнализатора наличие жидкости перед насосом

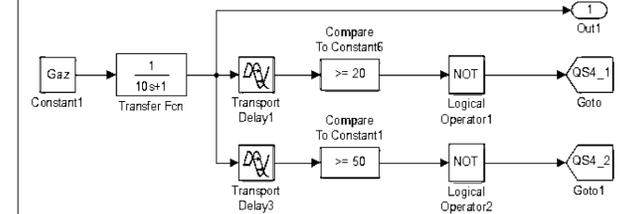
Block Parameters: Сигнализатор уровня (1)

Alarm

Set\_Point 2

OK Cancel Help

### Система загазованности



### Диалоговое окно системы загазованности

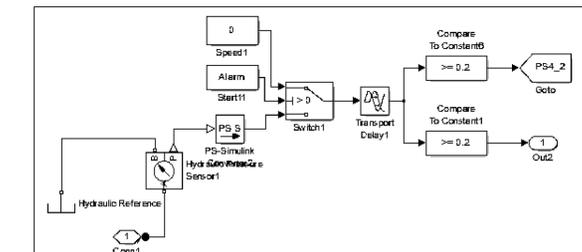
Source Block Parameters: Q1.4

НКПР, %

0.0 100.0

OK Cancel Help Apply

### Манометр сигнализирующий о низком давлении



### Диалоговое окно манометра сигнализирующий

Block Parameters: Манометр сигнализирующий (2)

Alarm

SetPoint, MPA

0.2

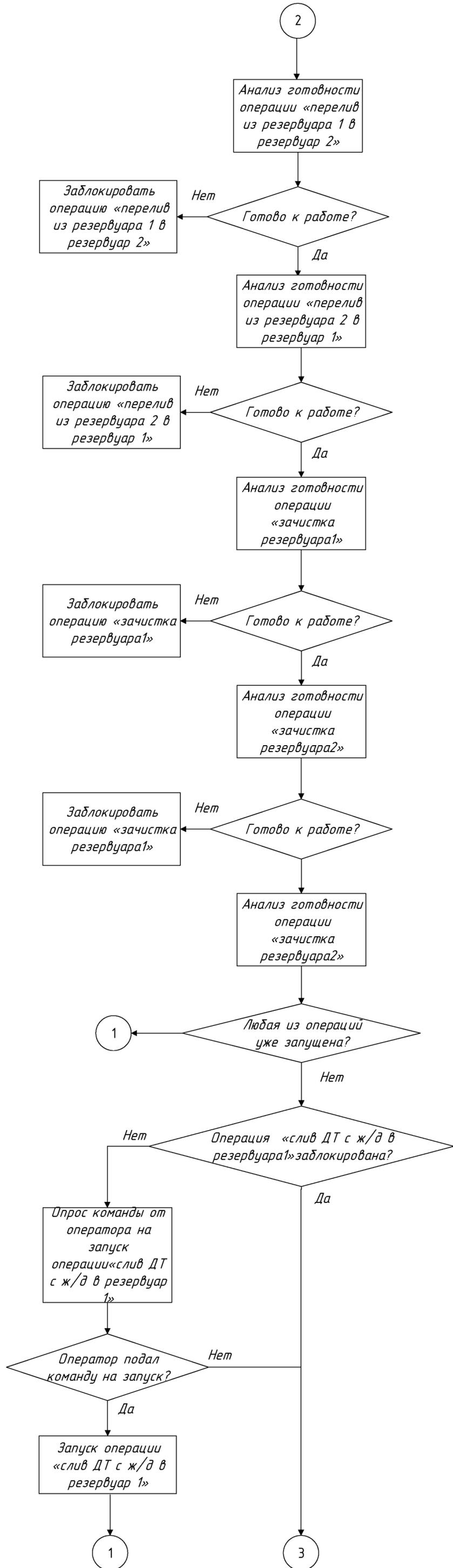
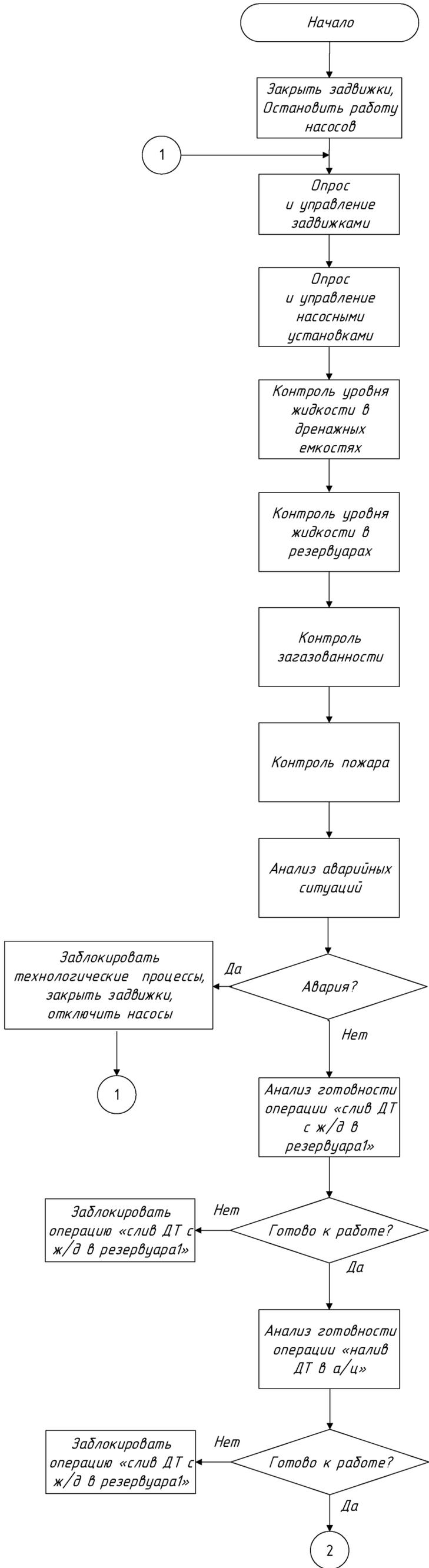
OK Cancel Help

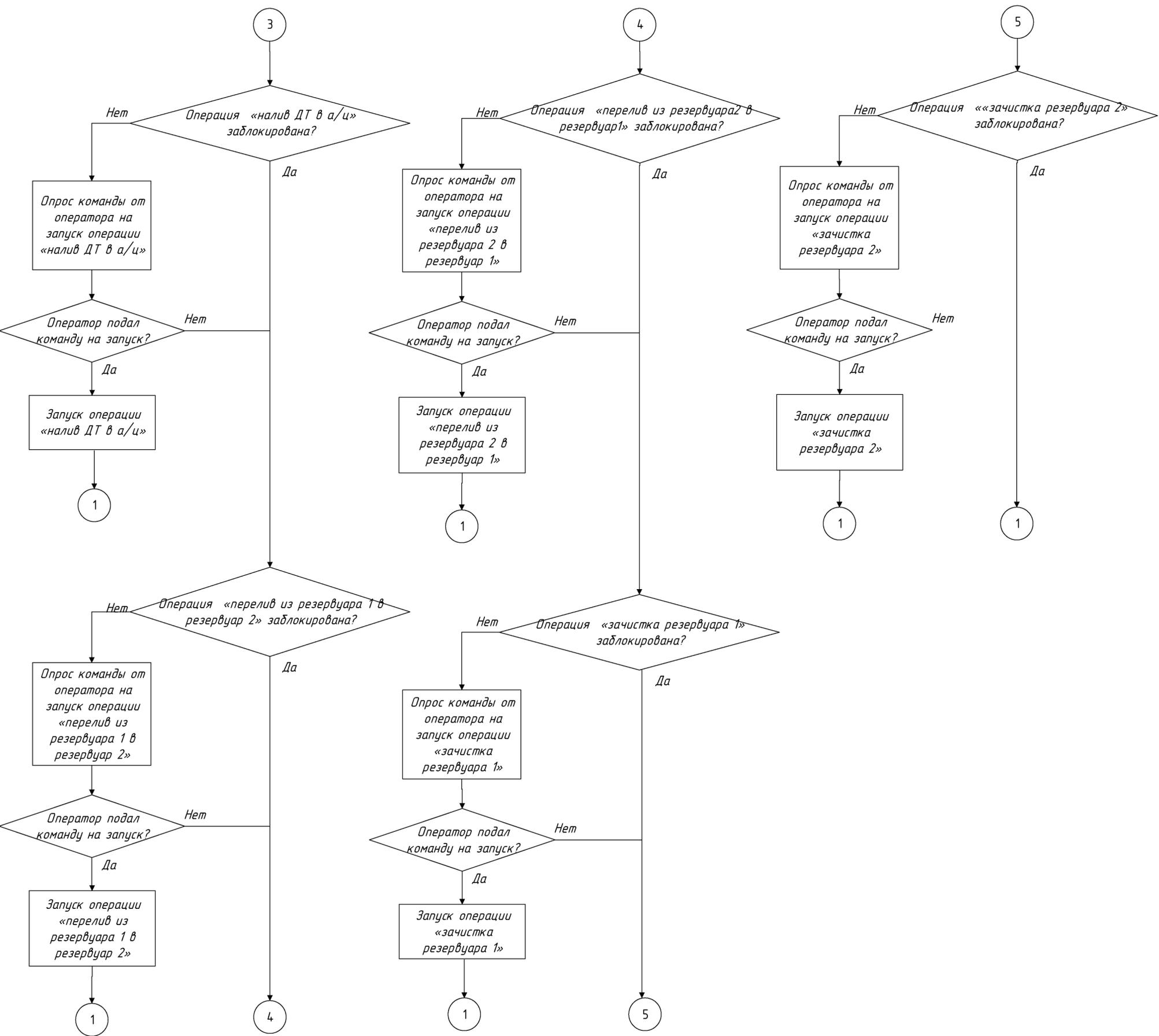
Изм.	Лист	№ Документа	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Разработ	Сметин Д.В.				У1		
Провер	Рыжиков А.И.						
Т.Контр	Рыжиков А.И.						
Н.Контр	Скрябин О.В.						
Чтб.	Скрябин О.В.						

Блоки и диалоговые окна имитационной модели

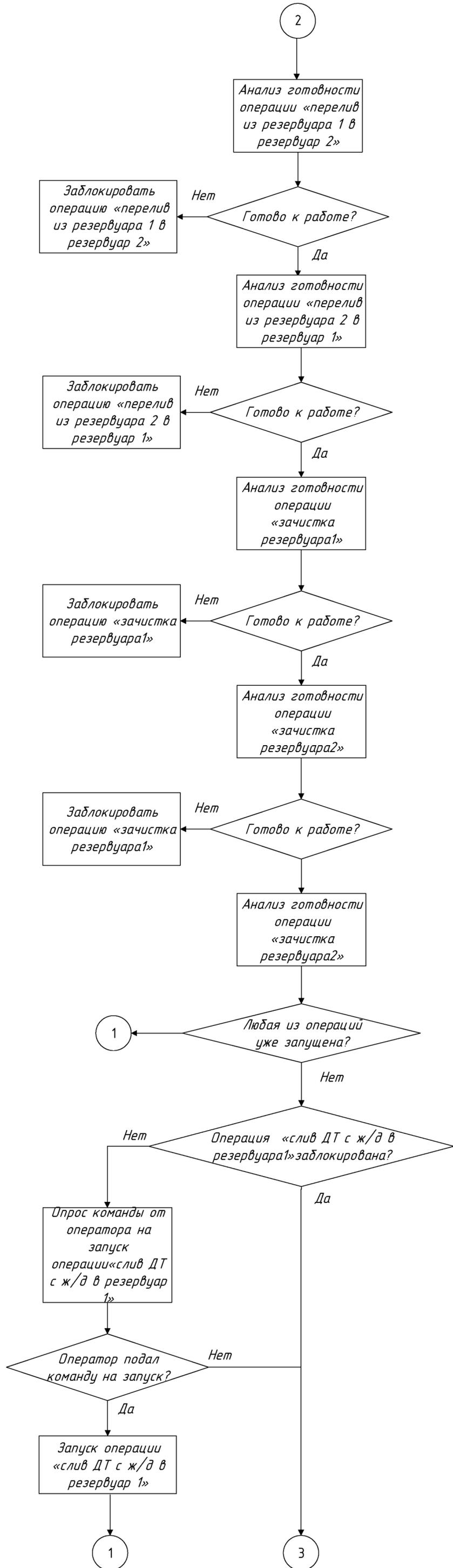
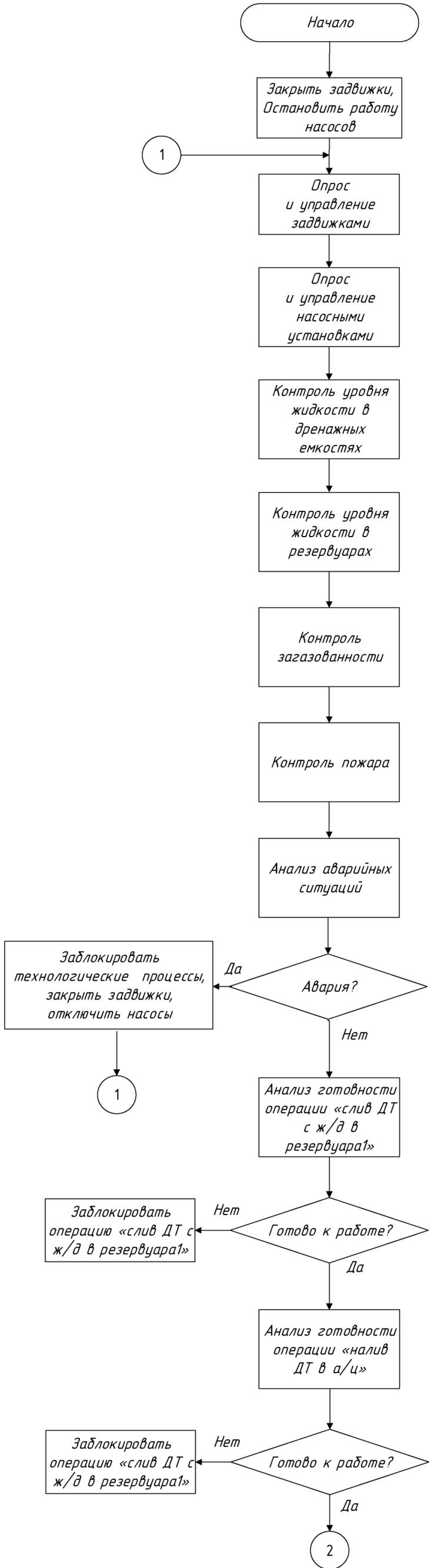
Лист 3 из 11

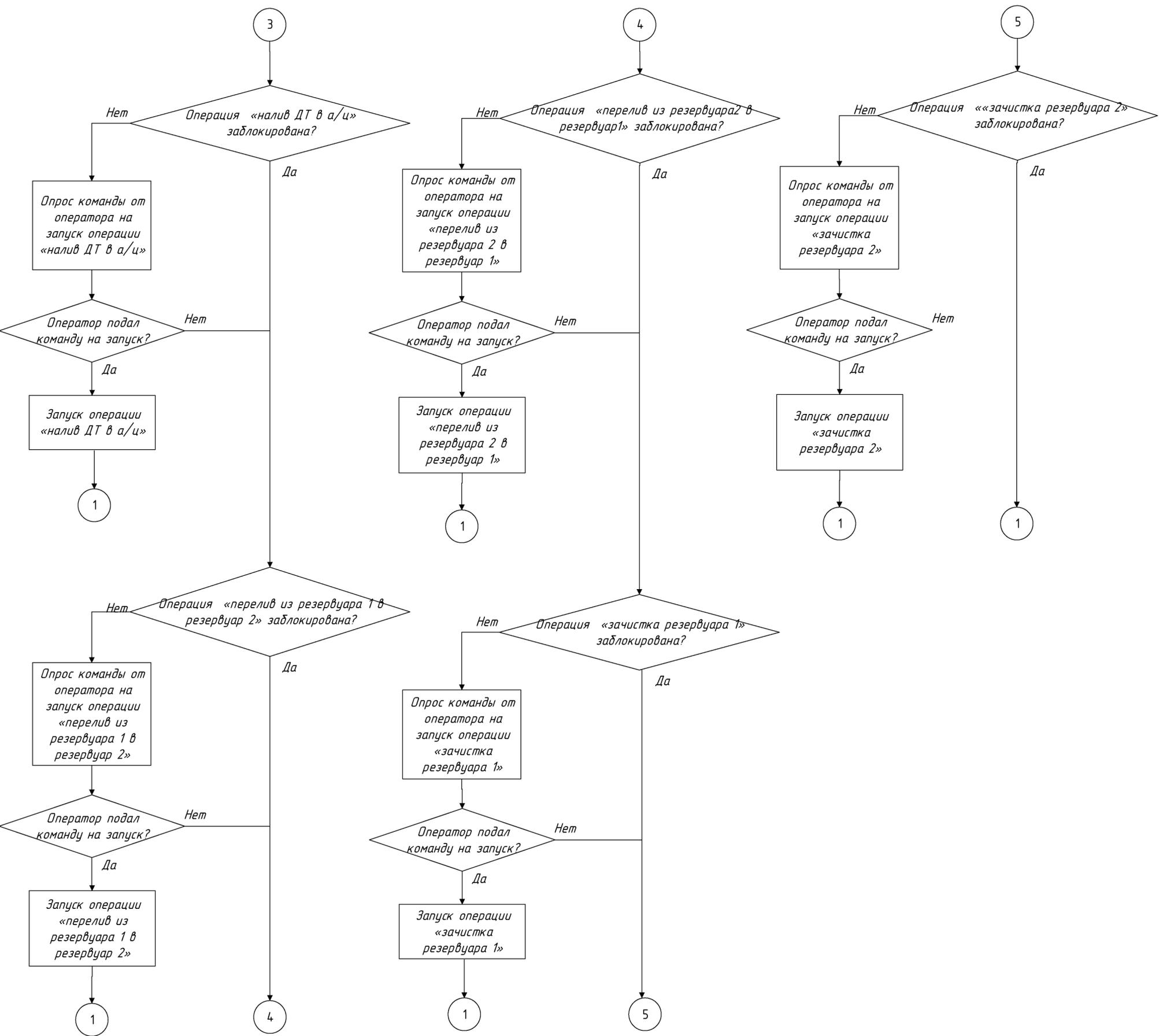
АмГУ гр. 641 08





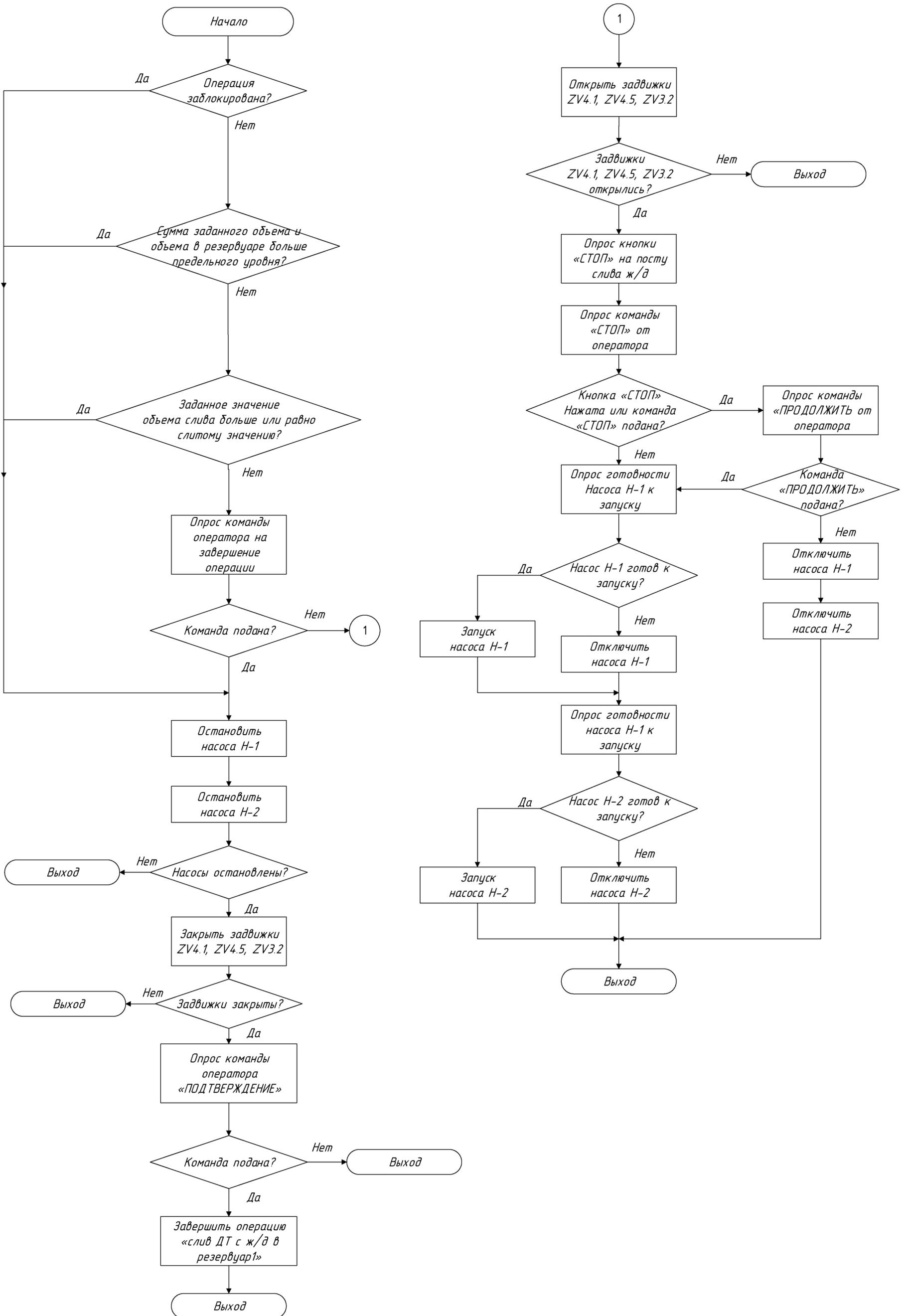
						ВКР.154.021.150304.СХ				
Изм.	Лист	№ Докумен	Подп	Дата	Алгоритм работы программы управления			Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Саягин Д.Ю.							у		
Провер.	Рыдалев А.Н.									
Т.Контр.	Рыдалев А.Н.							Лист 3	Листов 8	
Н.Контр.	Скрипка О.В.				Разработка систем автоматизации технологических процессов склада хранения светлых нефтепродуктов (комплексная выпускная квалификационная работа)			АмГУ гр. 641 08		
Утв.	Скрипка О.В.									



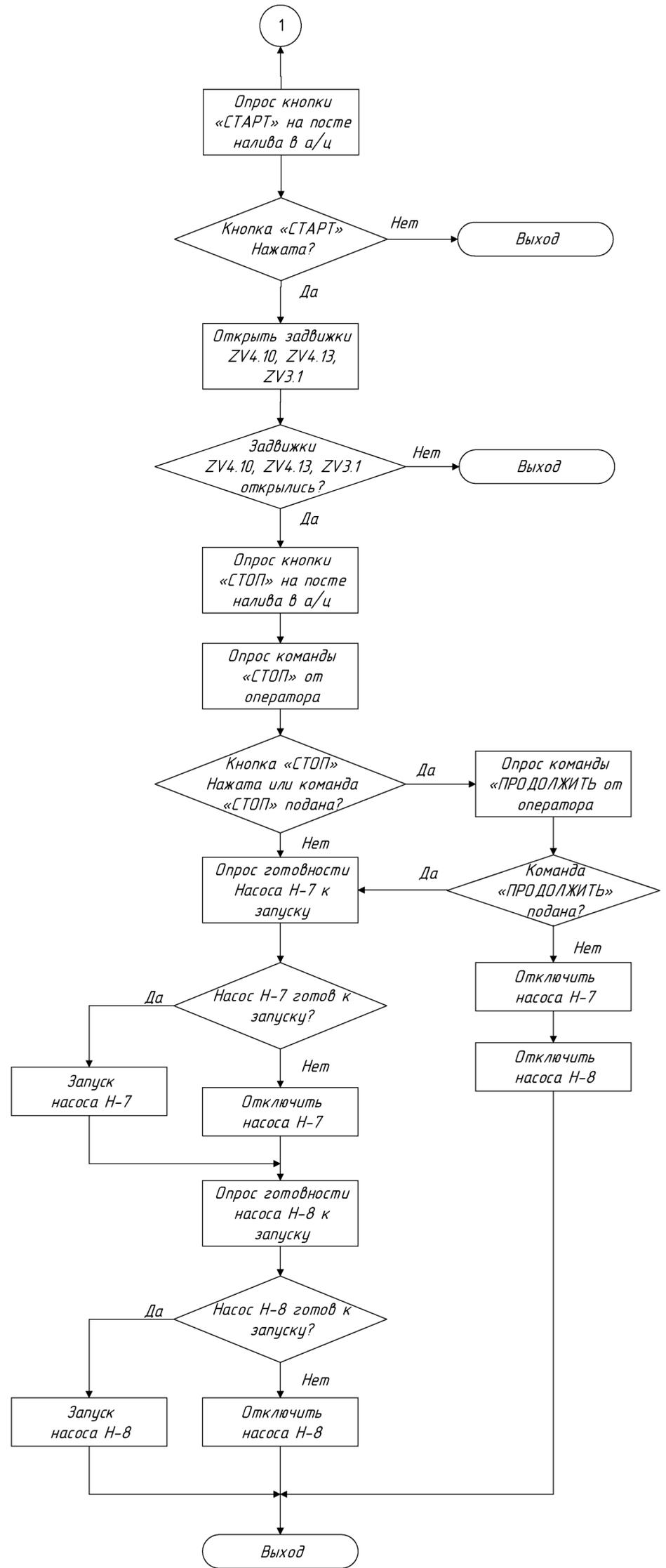
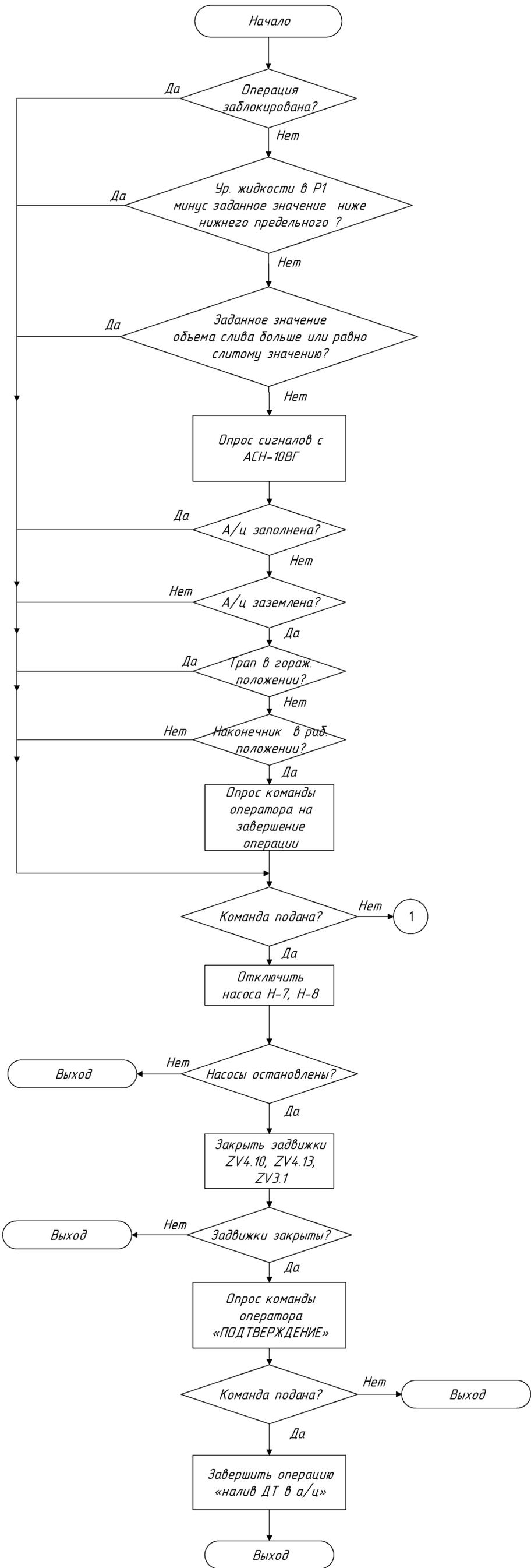


						ВКР.154.021.150304.СХ				
Изм.	Лист	№ Докумен	Подп	Дата	<b>Алгоритм работы программы управления</b>			Литера	Масса	Масштаб
Разраб.	Саягин Д.Ю.							у		
Провер.	Рыдалев А.Н.									
Т.Контр.	Рыдалев А.Н.							Лист 3	Листов 8	
Н.Контр.	Скрипка О.В.				Разработка систем автоматизации технологических процессов склада хранения светлых нефтепродуктов (комплексная выпускная квалификационная работа)			АмГУ гр. 641 08		
Утв.	Скрипка О.В.									

Операция «слив ДТ с ж/д цистерн»

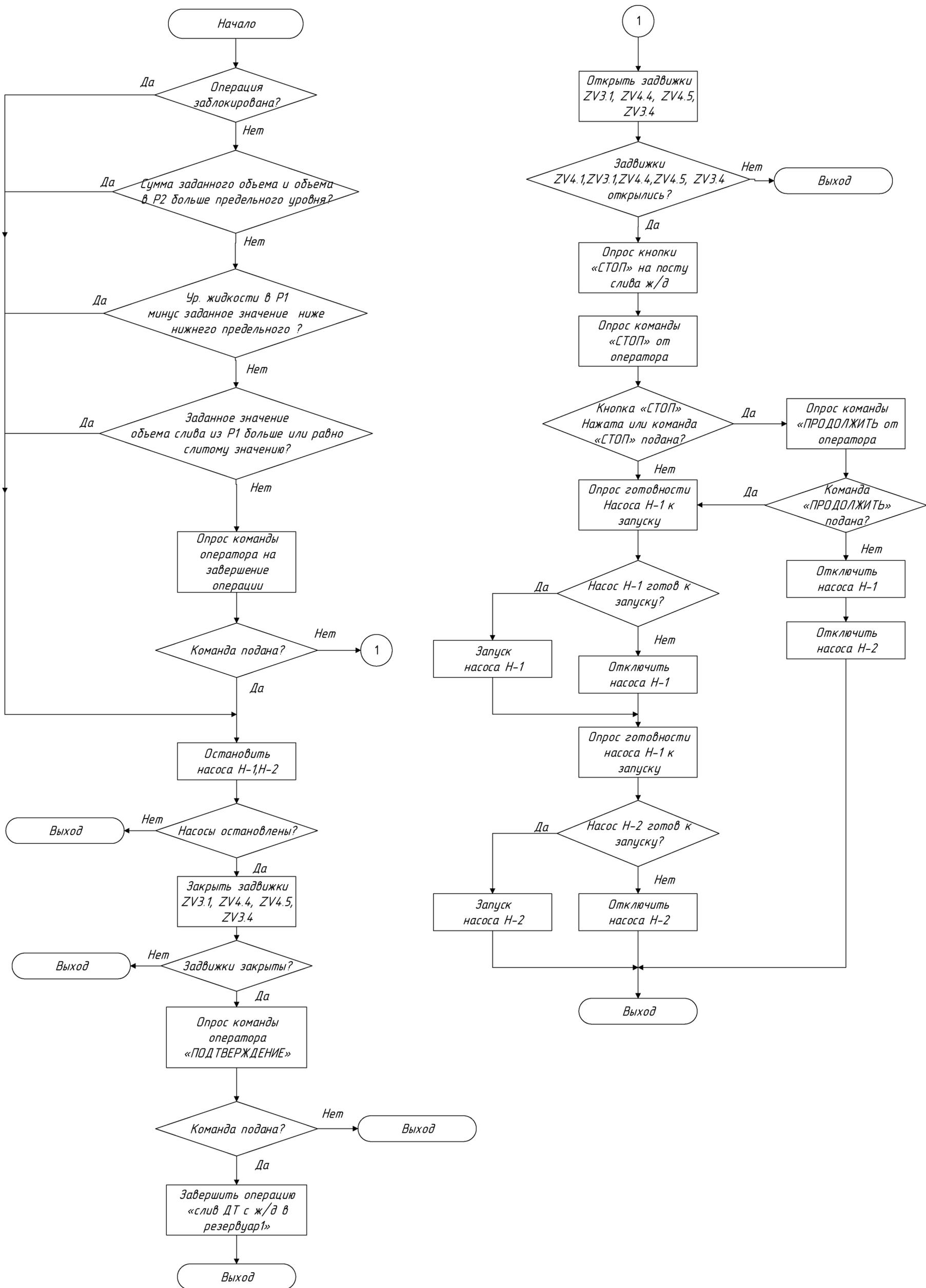


# Операция «налив ДТ в а/ц»

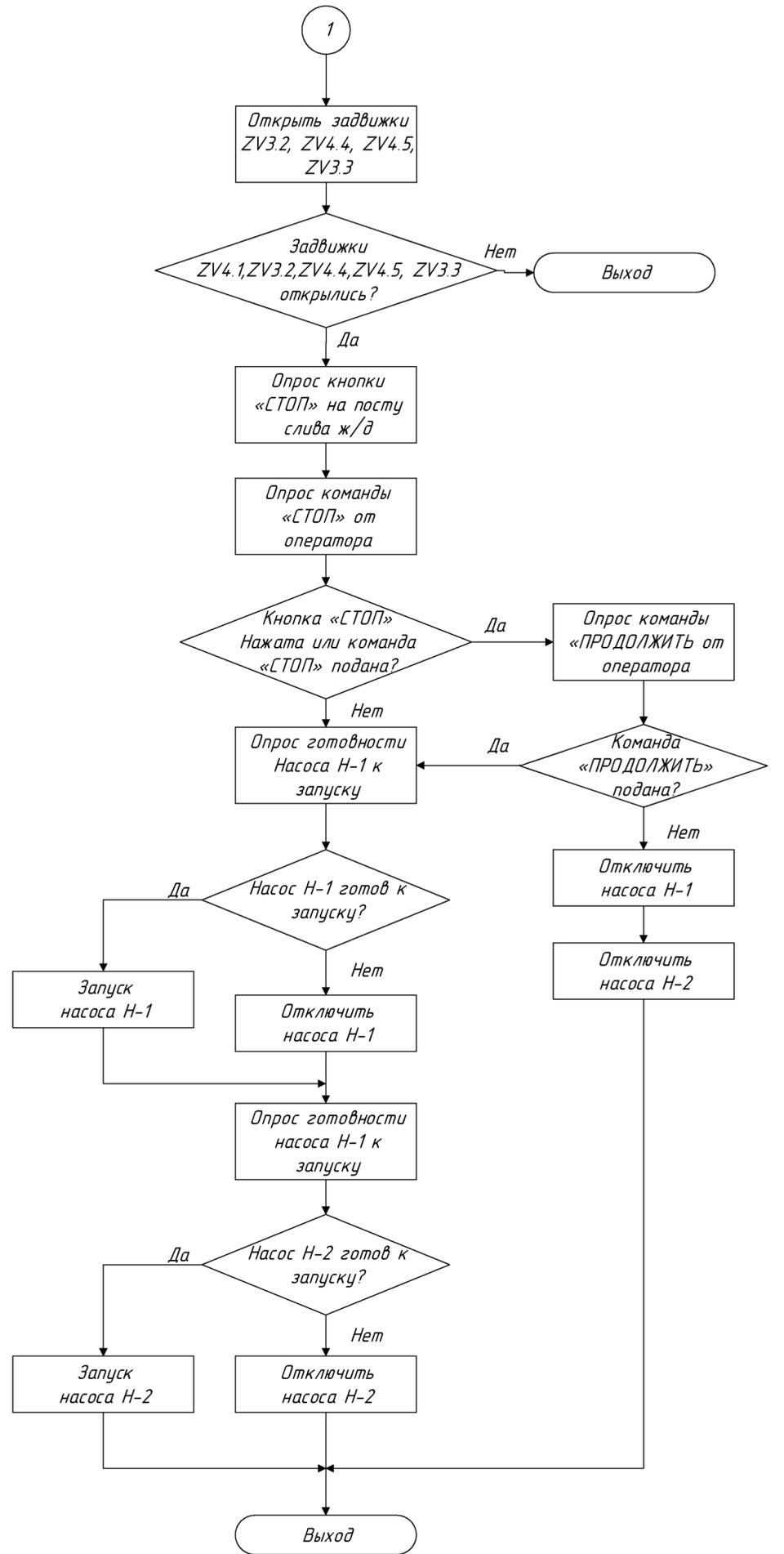
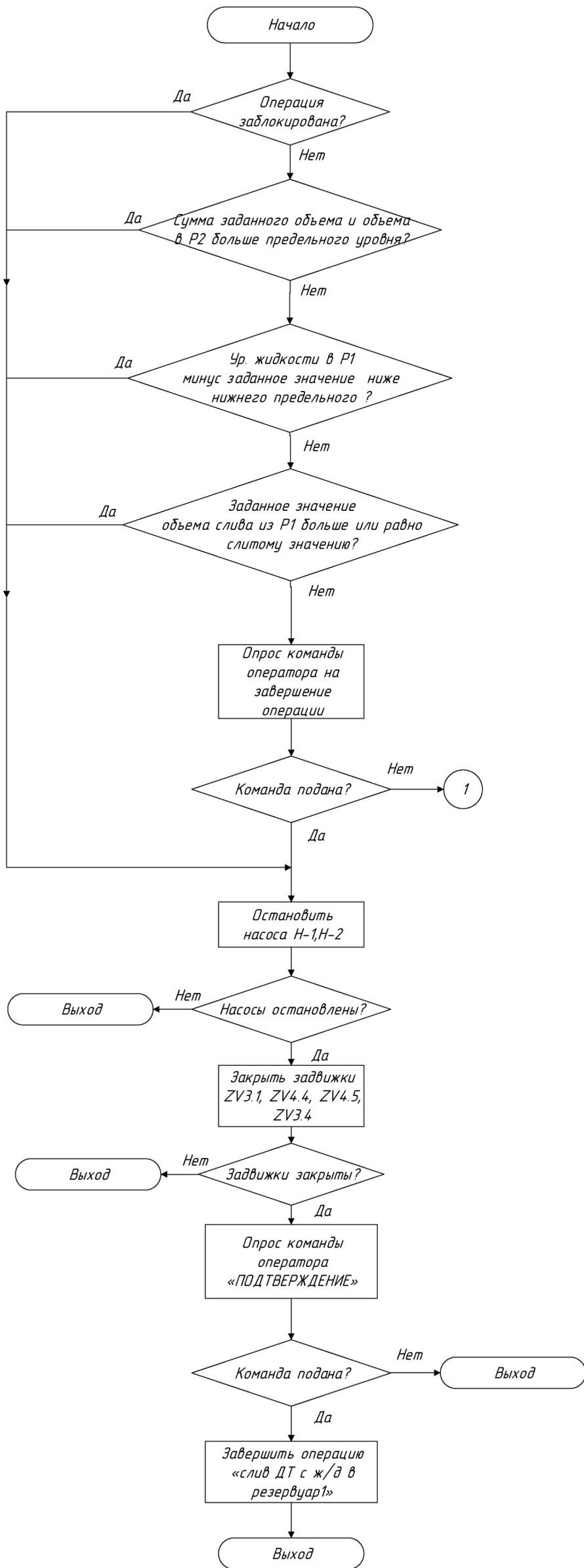


ВКР. 154.021.150304.СХ								
Изм.	Лист	№ Докумен	Подп	Дата	Алгоритм работы программы управления технологическими операциями слива с ж/в и налива в а/ц	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.		Саялин О.Ю.				у		
Провер.		Рыбалев А.Н.						
Т.Контр		Рыбалев А.Н.				Лист 4	Листов 8	
Н.Контр		Скрипка О.В.				АМГУ гр. 641 08		
Утв.		Скрипка О.В.			Разработка систем автоматизации технологических процессов склада хранения светлых нефтепродуктов (комплексная выпускная квалификационная работа)			

### Операция «перелив ДТ из резервуара 1 в резервуар 2»



# Операция «перелив ДТ из резервуара 2 в резервуар 1»



					ВКР. 154.021.150304.СХ			
Изм.	Лист	№ Докумен	Подп	Дата	Алгоритм работы программы управления технологическими операциями перелива между резервуарами	Литера	Масса	Масштаб
Разраб.		Саялин О.Ю.				У		
Провер.		Рыбалев А.Н.						
Т.Контр		Рыбалев А.Н.				Лист 4	Листов 8	
Н.Контр		Скрипка О.В.			Разработка систем автоматизации технологических процессов склада хранения светлых нефтепродуктов (комплексная выпускная квалификационная работа)			АМГУ гр. 641 08
Утв.		Скрипка О.В.						

Меню управления операцией «Слив ДТ с ж/д»

**Слив ДТ с ж/д**

Объем в резервуаре 1, м3  
**180,981**

Сливо в резервуар 1, м3  
**5,179**

Управление  
Задание на слив, м3  
**5,000**

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

Причина остановки

Меню управления операцией «Налив ДТ в а/ц»

**Налив ДТ в а/ц**

Объем в резервуаре 1, м3  
**180,981**

Налито в а/ц, м3  
**4,014**

Управление  
Задание на налив, м3  
**4,000**

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

Причина остановки

Меню управления операцией «Перелив из резервуара 1 в резервуар 2»

**Перелив ДТ из резервуара 1 в ав. резервуар**

Состояние процесса

Операция запущена

Объем в резервуаре 1, м3  
**180,981**

Объем в резервуаре 2, м3  
**5,000**

Сливо в резервуар 1, м3  
**0,000**

Управление  
Задание на слив, м3  
**0,000**

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

Причина остановки

Меню управления операцией «Перелив из резервуара 2 в резервуар 1»

**Перелив ДТ из резервуара 2 в резервуар 1**

Состояние процесса

Операция запущена

Объем в резервуаре 2, м3  
**5,000**

Объем в резервуаре 1, м3  
**180,981**

Сливо в резервуар 2, м3  
**0,000**

Управление  
Задание на слив, м3  
**0,000**

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

Причина остановки

Меню управления насосом

Насос Н-1

Напряжение на ПЧ

Готов к включению

Готов к работе

Включить / Отключить

Уставка, %  
**100,000**

Частота, %  
**0,000**

Ток, А  
**0,000**

Статус

Режим работы

Дистанц. / Ручной

Ручн. / Авт.

Пуск / Стоп

Блокировка

Предупреждение

Граничное значение тока

Меню управления задвижкой

Задвижка ZV4.1

Положение, %  
**0,000**

Статус

Режим работы

Дистанц.

Ручн. / Авт.

Открыть / Стоп / Закрыть

Готов к работе

Квитирование аварии

Архив операций «Слив ДТ с ж/д»

Учет нефтепродуктов в резервуаре 1	Архив операций налива ДТ в авто цистерны	Архив операций зачистка Р1
Учет нефтепродуктов в резервуаре 2	Архив операций перелива ДТ из Р1 в Р2	Архив операций зачистка Р2
Архив операций слива ДТ с ж/д цистерн	Архив операций перелива ДТ из Р2 в Р1	Архив аварийных событий

Дата, время	Заданная доза, м3	Слитая доза, м3	Объем в резервуаре	Value column 1
1 24/06/2020 23:02:33	5.00	5.18	205.18	
2 24/06/2020 23:02:33	5.00	5.18	205.18	
3 24/06/2020 23:10:19	6.00	6.12	211.37	
4 24/06/2020 23:10:19	6.00	6.12	211.37	
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Архив операций «Налив ДТ в а/ц»

Учет нефтепродуктов в резервуаре 1	Архив операций налива ДТ в авто цистерны	Архив операций зачистка Р1
Учет нефтепродуктов в резервуаре 2	Архив операций перелива ДТ из Р1 в Р2	Архив операций зачистка Р2
Архив операций слива ДТ с ж/д цистерн	Архив операций перелива ДТ из Р2 в Р1	Архив аварийных событий

Дата, время	Заданная доза, м3	Налито в а/ц, м3	Объем в резервуаре 1, м3
1 24/06/2020 23:23:25	5.00	4.81	206.56
2 24/06/2020 23:24:31	5.00	5.02	206.35
3 24/06/2020 23:33:35	7.00	6.77	199.58
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Учет нефтепродуктов в резервуаре 1

Учет нефтепродуктов в резервуаре 1	Архив операций налива ДТ в авто цистерны	Архив операций зачистка Р1
Учет нефтепродуктов в резервуаре 2	Архив операций перелива ДТ из Р1 в Р2	Архив операций зачистка Р2
Архив операций слива ДТ с ж/д цистерн	Архив операций перелива ДТ из Р2 в Р1	Архив аварийных событий

Время	Объем, м3	Температура, °С	Плотность, кг/м3	Давление, Па
107 24/06/2020 22:59:29	200.60	20.00	770.00	17717.39
108 24/06/2020 23:00:29	202.10	20.00	770.00	17849.51
109 24/06/2020 23:01:29	203.56	20.00	770.00	17978.19
110 24/06/2020 23:02:29	205.01	20.00	770.00	18106.86
111 24/06/2020 23:03:29	205.19	20.00	770.00	18122.72
112 24/06/2020 23:04:29	205.76	20.00	770.00	18172.75
113 24/06/2020 23:05:29	207.22	20.00	770.00	18301.38
114 24/06/2020 23:06:29	208.60	20.00	770.00	18423.10
115 24/06/2020 23:07:29	209.86	20.00	770.00	18534.39
116 24/06/2020 23:08:29	211.15	20.00	770.00	18649.15
117 24/06/2020 23:09:29	211.37	20.00	770.00	18668.44
118 24/06/2020 23:10:29	211.37	20.00	770.00	18668.44
119 24/06/2020 23:11:29	211.37	20.00	770.00	18668.44
120 24/06/2020 23:12:29	211.37	20.00	770.00	18668.44

Архив операций «Перелив из резервуара 1 в резервуар 2»

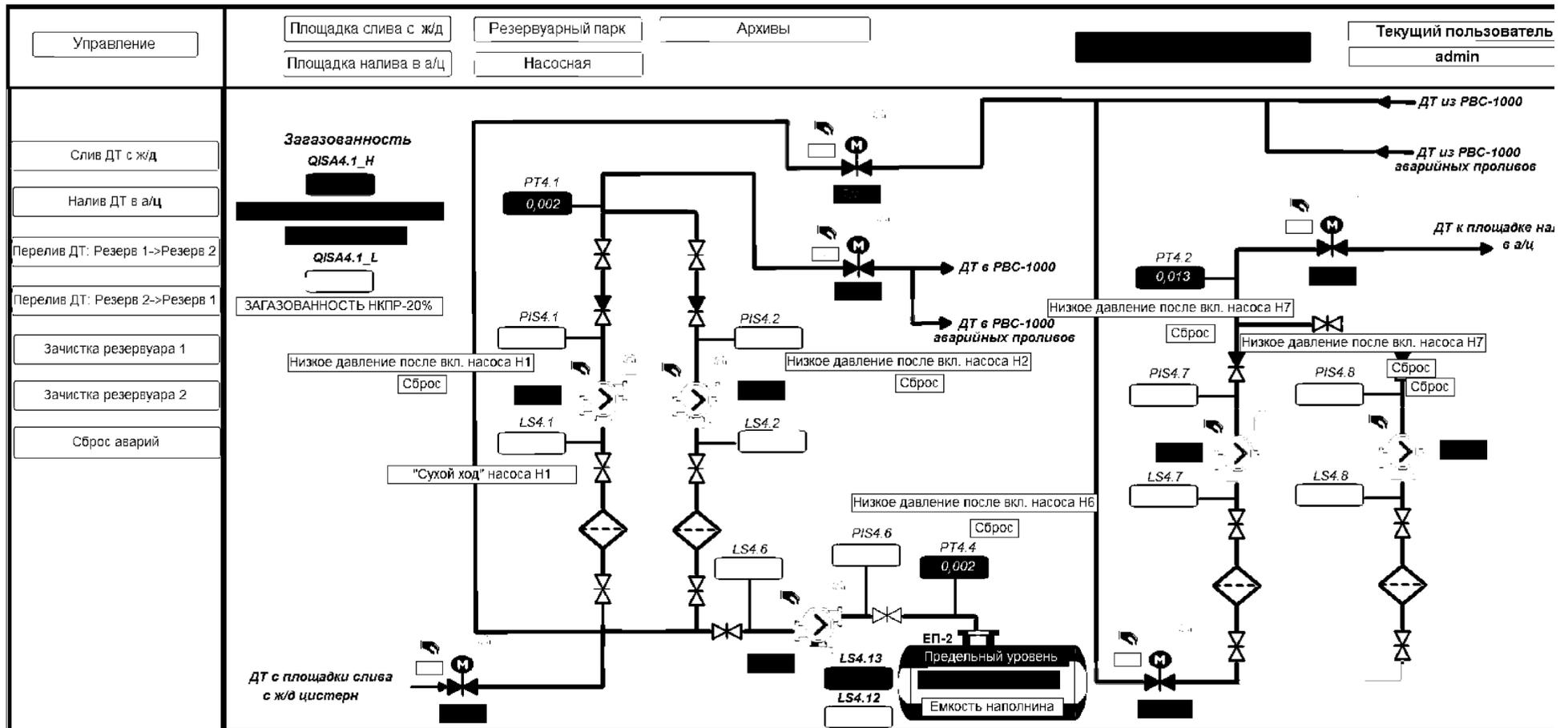
Учет нефтепродуктов в резервуаре 1	Архив операций налива ДТ в авто цистерны	Архив операций зачистка Р1
Учет нефтепродуктов в резервуаре 2	Архив операций перелива ДТ из Р1 в Р2	Архив операций зачистка Р2
Архив операций слива ДТ с ж/д цистерн	Архив операций перелива ДТ из Р2 в Р1	Архив аварийных событий

Дата, время	Заданная доза, м3	Слитая доза, м3	Объем в резервуаре 1	Объем в резервуаре 2
138 25/06/2020 02:38:32	5.00	0.23	195.00	10.00
139 25/06/2020 02:38:32	5.00	0.23	195.00	10.00
140 25/06/2020 02:52:42	5.00	4.90	185.39	19.61
141 25/06/2020 02:52:42	5.00	4.90	185.39	19.61
142 25/06/2020 03:04:37	7.00	6.92	178.47	26.53
143 25/06/2020 03:04:38	7.00	6.92	178.47	26.53

Архив пользователей

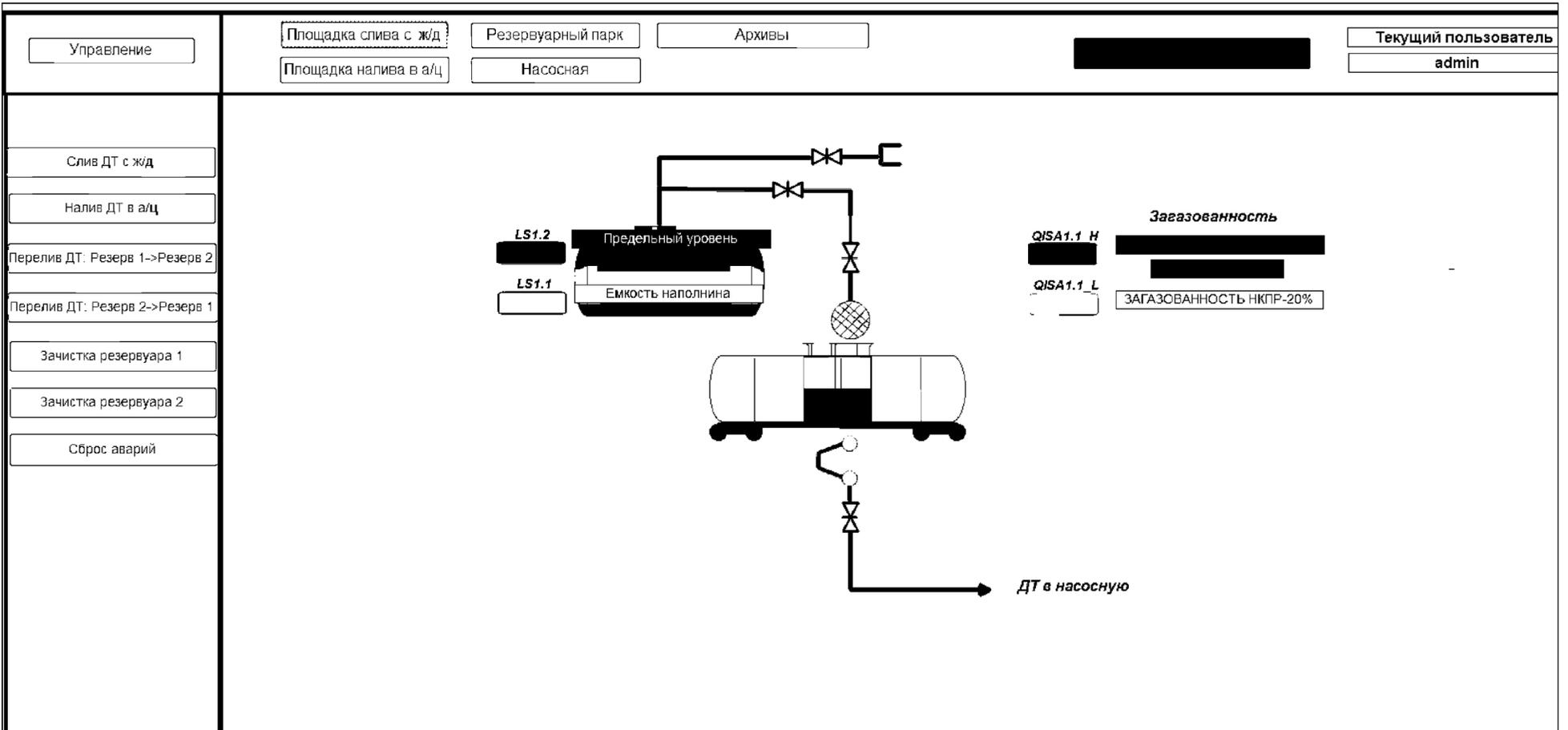
Name	Password	Group	Automatic log
1 admin	*****	Инженеры АСУ ТП	No
2 Operator Иван	*****	Операторы	No
3 Operator Ваский	*****	Операторы	No
4 Oleg	*****	Инженеры АСУ ТП	No
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

# Аварии на мнемосхеме насосной



Date	Time	Message text
24/06/20	16:13:27	Модуль ЕТ 8 неисправность
24/06/20	16:13:27	Модуль ЕТ 1 неисправность
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Загазованность на площадке слива с ж/д 50% I
24/06/20	16:13:27	Загазованность на площадке налива в а/ц 50%
24/06/20	16:13:27	Загазованность в резервуарном парке 50% НКГ
24/06/20	16:13:27	Загазованность в машин. зале 50% НКПР
24/06/20	16:13:27	ПОЖАР

## Аварии на мнемосхеме площадки налива св. нефтепродуктов в а/ц



Date	Time	Message text
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Загазованность на площадке слива с ж/д 50% I
24/06/20	16:13:27	Загазованность на площадке налива в а/ц 50%
24/06/20	16:13:27	Загазованность в резервуарном парке 50% НКГ
24/06/20	16:13:27	Загазованность в машин. зале 50% НКПР
24/06/20	16:13:27	ПОЖАР

# Аварии на мнемосхеме резервуарного парка светлых нефтепродуктов

Управление

Площадка слива с ж/д

Резервуарный парк

Архивы

Текущий пользователь  
admin

Площадка налива в а/ц

Насосная

**Модуль ЕТ 2 неисправность**

**RBC-1000**

QISA3.1 H

QISA3.1 L

ЗАГАЗОВАННОСТЬ НКПР-20%

Критический верхний уровень

Высота, м: 7,716

Утечка нефтепродукта

**Модуль ЕТ 8 неисправность**

**RBC-1000**

**Аварийных проливов**

Предельный нижний уровень

Объем, м3: 659,229

Температура, С\*: 20,000

Плотность, кг/м3: 770,000

Давление, Pa: 58223,020

Объем, м3: 0,000

Температура, С\*: 20,000

Плотность, кг/м3: 0,000

Давление, Pa: 0,000

DT в насосную

DT из насосной

Ав. проливы в насосную

Ав. проливы из насосной

Date	Time	Message text
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Загазованность на площадке слива с ж/д 50% НКПР
24/06/20	16:13:27	Загазованность на площадке налива в а/ц 50%
24/06/20	16:13:27	Загазованность в резервуарном парке 50% НКПР
24/06/20	16:13:27	Загазованность в машин. зале 50% НКПР
24/06/20	16:13:27	ПОЖАР

## Аварии на мнемосхеме площадки слива св. нефтепродуктов с ж/д цистерн

Управление

Площадка слива с ж/д

Резервуарный парк

Архивы

Текущий пользователь  
admin

Площадка налива в а/ц

Насосная

**Слив ДТ с ж/д**

Объем в резервуаре 1, м3: 502,835

Слито в резервуар 1, м3: 0,000

Управление

Задание на слив, м3: 0,000

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

Причина остановки

DT из насосной

ЕП-3

Предельный уровень

Емкость наполнена

QISA2.1\_H

QISA2.1\_L

ЗАГАЗОВАННОСТЬ НКПР-20%

АСН10-ВГ	
Расход, м3/ч (FT2.2)	0,000
Плотность продукта, кг/м3 (DT2.2)	0,000
Максимальный уровень в а/ц (LS2.1)	
Трап в гаражн. положении (GS2.2)	
Наконечник в раб. положении (GS2.3)	
А/ц заземлена (GS2.4)	
"ПУСК" (SB2.1)	
"СТОП" (SB2.2)	

Date	Time	Message text
24/06/20	16:13:27	Модуль ЕТ 8 неисправность
24/06/20	16:13:27	Модуль ЕТ 1 неисправность
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Предельный уровень в дренажной емкости ЕП
24/06/20	16:13:27	Загазованность на площадке слива с ж/д 50% НКПР
24/06/20	16:13:27	Загазованность на площадке налива в а/ц 50%
24/06/20	16:13:27	Загазованность в резервуарном парке 50% НКПР
24/06/20	16:13:27	Загазованность в машин. зале 50% НКПР
24/06/20	16:13:27	ПОЖАР

ВКР.154.021.150304.СХ			
Изм.	Лист	№ Документа	Подп.
Разраб.	Саяпин О.Ю.		
Провер.	Рыбалева А.Н.		
Т.Контр.	Рыбалева А.Н.		
Н.Контр.	Скрипка О.В.		
Утв.	Скрипка О.В.		
Аварии в SCADA-системе		Литера	Масса
		у	
		Лист 8	Листов 8
Разработка систем автоматизации технологических процессов склада хранения светлых нефтепродуктов (комплексная выпускная квалификационная работа)			АМГУ гр. 641 08

## Мнемосхема насосной

Управление

Площадка слива с ж/д

Резервуарный парк

Архивы

Текущий пользователь

Площадка налива в а/ц

Насосная

admin

**Слив ДТ с ж/д**

Операция запущена

Остановка (пауза)

Операция завершена

Объем в резервуаре 1, м3  
**701,093**

Слито в резервуар 1, м3  
**0,961**

Управление

Задание на слив, м3  
**10,000**

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

Причина остановки

**Загазованность**

QISA4.1\_H

QISA4.1\_L

DT с площадки слива с ж/д цистерн

DT из РВС-1000

DT из РВС-1000 аварийных проливов

DT к площадке налива в а/ц

Date	Time	Message text
24/06/20	13:41:16	Предельный низкий уровень в резервуаре 2
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV4.4 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV4.10 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV4.13 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV3.2 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV3.3 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV3.4 закрыта
24/06/20	13:54:45	Задвижка ZV4.5 открыта
24/06/20	13:54:45	Задвижка ZV3.1 открыта
24/06/20	13:55:01	Задвижка ZV4.1 открыта
24/06/20	13:55:07	Насос Н-1 в работе
24/06/20	13:55:07	Насос Н-2 в работе

## Мнемосхема площадки налива св. нефтепродуктов в а/ц

Управление

Площадка слива с ж/д

Резервуарный парк

Архивы

Текущий пользователь

Площадка налива в а/ц

Насосная

admin

**Слив ДТ с ж/д**

Операция запущена

Остановка (пауза)

Операция завершена

Объем в резервуаре 1, м3  
**704,007**

Слито в резервуар 1, м3  
**3,874**

Управление

Задание на слив, м3  
**10,000**

Запуск / продолжить

Остановить

Завершить операцию

Подтвердить завершение

Причина остановки

**Загазованность**

QISA2.1\_H

QISA2.1\_L

DT из насосной

АСН10-ВГ	
Расход, м3/ч (FT2.2)	0,000
Плотность продукта, кг/м3 (DT2.2)	0,000
Максимальный уровень в а/ц (LS2.1)	
Трап в гаражн. положении (GS2.2)	
Наконечник в раб. положении (GS2.3)	
А/ц заземлена (GS2.4)	
"ПУСК" (SB2.1)	
"СТОП" (SB2.2)	

Date	Time	Message text
24/06/20	13:41:16	Предельный низкий уровень в резервуаре 2
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV4.4 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV4.10 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV4.13 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV3.2 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV3.3 закрыта
24/06/20	13:48:21	Задвижка ZV3.4 закрыта
24/06/20	13:54:45	Задвижка ZV4.5 открыта
24/06/20	13:54:45	Задвижка ZV3.1 открыта
24/06/20	13:55:01	Задвижка ZV4.1 открыта
24/06/20	13:55:07	Насос Н-1 в работе
24/06/20	13:55:07	Насос Н-2 в работе

