

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Факультет электротехнический

**Направление 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
профиль подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств в
машиностроении и энергетике»**

Кафедра микропроцессорных средств автоматизации

Зав. кафедрой МСА

_____ **А.Б. Петроченков**

« ____ » _____ 2020 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

**На тему Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной
установки ПАО «Метафракс»**

Студент _____ **(Белькевич К.С)**
(подпись студента) (Фамилия И.О.)

Состав дипломного проекта:

1. Пояснительная записка на 40 стр.

Руководитель дипломного проекта

_____ **(Даденков Д.А.)**
(подпись) (Фамилия И.О.)

Консультант

_____ (_____)
(подпись) (Фамилия И.О.)

Пермь 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Кафедра микропроцессорных средств автоматизации

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой МСА

_____ А.Б. Петроченков

« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы бакалавра

Фамилия, И.О. Белькевич Константин Сергеевич

Факультет электротехнический Группа АТПШ-16-16

Начало выполнения работы 18.05.2020

Контрольные сроки просмотра работы кафедрой 10.06.2020

Сроки представления на рецензию _____

Защита работы на заседании ГЭК 15.06.2020

1. Наименование темы

Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной установки ПАО «Метафракс».

2. Исходные данные к работе.

Описание технологического процесса водоподготовительной установки.

Описание оборудования узла обратного осмоса.

3. Содержание пояснительной записки _____

1. Описание объекта исследования. _____

2. Выбор технических средств автоматизации. _____

3. Синтез регулятора давления линии нагнетания установки обратного осмоса и разработка алгоритма управления насосом. _____

4. Разработка верхнего уровня автоматизации. _____

5. Расчет капитальных затрат на оборудование. _____

6. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда при эксплуатации узла обратного осмоса.

4. Перечень графического материала _____

1. Функциональная схема автоматизации узла обратного осмоса и основные обозначения. _____

2. Структурная схема САР и результаты моделирования в Matlab/Simulink. _____

3. Блок-схема алгоритма управления насосом. _____

4. Структурная схема АСУ ТП. _____

5. Дополнительные указания нет _____

6. Основная литература _____

1. Черкасов С.В. «Обратный осмос. Теория и практика применения»: [Электронный ресурс]. - URL: <http://wwtec.ru/index.php> (дата обращения: 20.05.2020). _____

2. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. – М.: Химия. – 352с. _____

3. Описание технологического процесса водоподготовительной установки ПАО «Метафракс». _____

4. Билоус О.А. Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8 (часть 1) – С. 93-98. _____

5. Казанцев В.П. Системы управления исполнительными механизмами: Учебное пособие, Пермь, РИО ПГТУ – 2010 г, 216 с. _____

Руководитель выпускной квалификационной работы бакалавра

_____ (Даденков Д.А.)
доцент каф.МСА _____ (подпись) (Фамилия И.О.)
(должность)

Консультант

_____ (_____) (Фамилия И.О.)
_____ (подпись)
(должность)

Задание получил _____ (Белькевич К.С.)
_____ (подпись) (Фамилия И.О.)
18.05.2020 (дата)

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

№ п/п		Объем этапа в %	Сроки выполнения		Примечание
			начало	конец	
1.	Анализ исходных данных, выбор схемы и основных параметров	10	18.05.2020	27.05.2020	
2.	Разработка основной части	60	28.05.2020	07.06.2020	
3.	Разработка графической части	20	03.06.2020	07.06.2020	
4.	Разработка раздела по экономике и организации производства	–			
5.	Разработка раздела по охране труда и безопасности жизнедеятельности	–			
6.	Оформление пояснительной записки	10	03.06.2020	07.06.2020	
7.	Представление работы на проверку и отзыв руководителя выпускной квалификационной работы	5	08.06.2020	09.06.2020	
8.	Представление работы заведующему кафедрой	5	10.06.2020	13.06.2020	
9.	Представление на рецензию	–	–	–	
10.	Защита на заседании ГЭК				

Руководитель
выпускной квалификационной работы _____ (Даденков Д.А.)
(подпись) (Фамилия И.О.)

« 18 » мая 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта: «Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной установки ПАО «Метафракс»».

Дипломный проект изложен на 40 листах, включает 17 таблиц, 4 рисунка, 6 формул, 9 литературных источников, 4 листа графической части.

Ключевые слова: установка обратного осмоса, давление линии нагнетания, локальный контур регулирования, синтез регулятора, среда моделирования Matlab Simulink, алгоритм управления насосом, SCADA-система Trace Mode 6.

Дипломный проект состоит из введения, 6 разделов, и заключения.

Объектом исследования является узел обратного осмоса водоподготовительной установки ПАО «Метафракс».

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления установкой обратного осмоса для повышения качества пермеата.

В работе рассматриваются следующие вопросы:

- Анализ проблем узла обратного осмоса;
- Влияние различных технологических параметров на работу установки;
- Выбор технических средств автоматизации;
- Синтез регулятора линии нагнетания, разработка алгоритма управления насосом;
- Разработка верхнего уровня автоматизации.

В результате выполнения работы была достигнута поставленная цель.

					460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Белькевич К.С.			Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной установки ПАО	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Даденков Д.А.					5	40
<i>Н. контр.</i>		Шульга Н.А.				ПНИПУ, гр. АТПП-16-16		
<i>Утверд.</i>		Петроченков А.Б.						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Описание объекта исследования	9
1.1 Общие сведения об обратном осмосе	9
1.2 Характеристика объекта исследования	10
1.3 Анализ проблем узла обратного осмоса	11
2 Выбор технических средств автоматизации	14
2.1 Выбор датчика давления	14
2.2 Выбор датчика температуры	15
2.3 Выбор датчика расхода	16
2.4 Выбор кондуктометра	18
2.5 Выбор датчика уровня	19
2.6 Выбор частотного преобразователя	20
2.7 Выбор программируемого логического контроллера	21
3 Синтез регулятора давления линии нагнетания установки обратного осмоса и разработка алгоритма управления насосом	24
3.1 Разработка функциональной схемы системы автоматического регулирования давления линии нагнетания	24
3.2 Синтез регулятора давления линии нагнетания установки обратного осмоса	25
3.2.1 Расчет передаточной функции преобразователя частоты	27
3.2.2 Расчет передаточной функции асинхронного двигателя	28
3.2.3 Расчет передаточной функции насоса	28
3.2.4 Расчет передаточной функции трубопровода и датчика давления	29
3.2.5 Расчет передаточной функции регулятора давления линии нагнетания	29
3.3 Разработка алгоритма управления насосом на линии нагнетания узла обратного осмоса	31
4 Разработка верхнего уровня автоматизации	32
4.1 Разработка структуры АСУ ТП	32

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
					460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
					6

ВВЕДЕНИЕ

Узел обратного осмоса оценивается с точки зрения управления, как малоэффективный и не информативный, так как находится на ручном управлении. В бурно развивающемся мире ручное управление уходит в прошлое. На смену ему приходит автоматизированное.

Автоматизация узла обратного осмоса производится для того, чтобы:

- Повысить срок службы оборудования;
- Повысить качество пермеата и избежать солевых отложений на теплообменном оборудовании;
- Снизить риск аварийных ситуаций;
- Исключить человеческий фактор из технологического процесса, чтобы повысить безопасность производства.

Все выше сказанное и определяет актуальность данной темы.

Узел обратного осмоса имеет ряд проблем:

- Данные присутствуют локально по месту самого объекта управления;
- Отсутствует полный контроль давления линии нагнетания узла обратного осмоса, что сильно влияет на качество продукта.

Исходя из данных проблем, целью работы является: Разработка автоматизированной системы управления установкой обратного осмоса для повышения качества пермеата.

Для достижения поставленной цели ВКР нужно решить ряд задач:

- Исследовать технологический процесс узла обратного осмоса;
- Определить основные требования к элементам автоматизации;
- Выполнить выбор оборудования для модернизации узла обратного осмоса ПАО «Метафракс»;
- Выполнить синтез регулятора давления насоса линии нагнетания пожаро-хозяйственной воды и разработать алгоритм управления насосом;
- Разработать верхний уровень автоматизации со SCADA-системой.

Инд. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

1 Описание объекта исследования

1.1 Общие сведения об обратном осмосе

Обратный осмос – это процесс, при котором на раствор с большей концентрацией солей воздействует давление выше осмотического, за счет которого через полупроницаемую мембрану молекулы воды начинают перемещаться в менее концентрированный раствор.

На предприятиях для обессоливания воды используют установки обратного осмоса. Основным элементом этой установки – полупроницаемая мембрана, от которой требуется учет двух основных факторов – проницаемость воды и задержка соли. Но, кроме того, мембрана обратного осмоса должна обладать необходимой прочностью для работы при высоких давлениях, химической стойкостью и устойчивостью к микробиологическому загрязнению [1].

Основные параметры обратноосмотических мембран [2]:

- Удельная производительность мембраны - количество очищенной воды, проходящей в единицу времени через единицу площади мембраны;
- Селективность – это процент растворенного вещества, задержанного мембраной;
- Солезадержание - отношение растворенных солей задержанных мембраной к количеству солей в исходной воде выраженное в процентах;
- Степень отбора пермеата – отношение объема пермеата к объему входящей воды.

Из обратноосмотических мембран формируются обратноосмотические элементы.

При обратном осмосе вода и растворенные в ней вещества разделяются на уровне молекул, и в результате, поток воды разделяется на пермеат и концентрат. Обратный осмос обеспечивает гораздо более высокую степень очистки, чем большинство традиционных методов фильтрации, основанных

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

на фильтрации механических частиц и адсорбции ряда веществ с помощью активированного угля.

1.2 Характеристика объекта исследования

Установка обратного осмоса состоит из шести мембранных элементов производительностью пермеата по 35 м³/ч каждый. Расходом воды УОО обеспечивает насос P0601. Установка рассчитана на работу при температуре в пределах 4 – 20 °С, при этом рабочее давление на мембранных элементах составляет до 13 атм.

На полупроницаемых мембранах под воздействием обратноосмотического давления поток воды разделяется на два - менее концентрированный, называемый пермеат, и более концентрированный, называемый концентрат. В пермеат проходит 0,2-0,5% солей от того количества, которое содержалось в исходной воде. Пермеат направляется на колонну дегазатора, после чего он поступает в бак осмотической воды TW-12. Концентрат сбрасывается в дренаж. Давление концентрата после мембран 8,2 атм. Расход концентрата – 11,7 м³/ч [3]. Технологическая схема представлена на рисунке 1.

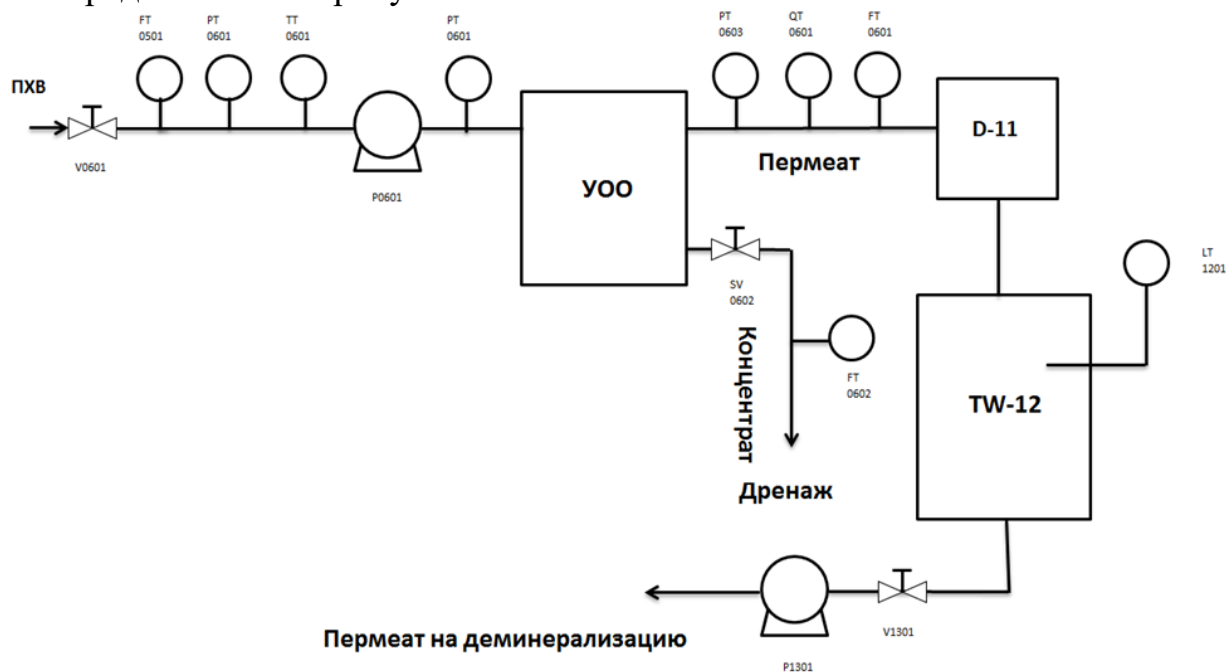


Рисунок 1 – Технологическая схема

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						10

1.3 Анализ проблем узла обратного осмоса

1.3.1 Влияние различных параметров на работу установки обратного осмоса

Влияние давления исходной воды линии нагнетания.

Зависимость удельной производительности обратноосмотических мембран и давления на линии нагнетания исходной воды прямо пропорциональна. То есть с увеличением давления исходной воды увеличивается количество очищенной воды. Это связано с тем, что вода проходит через мембрану с большей скоростью, чем могут перемещаться соли. Однако существует предел для количества солей, задержанных обратноосмотической мембраной за счет повышения давления исходной воды. Выше определенного давления проход солей через обратноосмотическую мембрану практически не увеличивается. Это говорит о том, что часть солей остается связанной с водой, проходящей через обратноосмотическую мембрану, и негативно влияет на качество пермеата, а именно показатель его солесодержания. [2]

Влияние температуры исходной воды на входе в установку обратного осмоса.

Обратноосмотические мембраны чувствительны к изменениям температуры исходной воды. При увеличении температуры исходной воды, удельный поток пермеата возрастает почти линейно. Это в основном происходит из-за возрастания скорости диффузии воды через обратноосмотическую мембрану.

Зависимость скорости удельного потока пермеата от температуры описывается через поправочный коэффициент температуры:

$$TCF = e^{K \times \left(\frac{1}{273+t} - \frac{1}{298} \right)}, \quad (1)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						11

где K – характеристическая постоянная для материала обратноосмотической мембраны; t – температура исходной воды в градусах Цельсия.

Исходя из этого следует, что на один градус изменения температуры исходной воды изменение удельной скорости потока пермеата составляет около 3% от номинального значения [2].

Влияние солесодержания исходной воды на входе в установку обратного осмоса.

При увеличении концентрации солей в исходной воде увеличивается осмотическое давление. Для процедуры обратного осмоса нам нужно прикладывать давление сверх осмотического, чтобы изменить направление осмотического потока.

При постоянном давлении рост солесодержания исходной воды приведет к снижению удельно потока пермеата через обратноосмотические мембраны. Из этого можно сделать вывод, что увеличение солесодержания исходной воды должно компенсироваться ее рабочим давлением. Если этого не сделать, то ухудшится качество пермеата, так как из-за повышения солесодержания снижается солезадержание обратноосмотической мембраны [2].

1.3.2 Проблемы узла обратного осмоса

Узел обратного осмоса имеет две основные проблемы.

Первая – это ручное управление и отсутствие достаточного сбора информации о состоянии технологических параметров, так как данные присутствуют по месту.

Вторая проблема – это следствие первой проблемы, а именно, насос линии нагнетания работает на постоянных оборотах, и нет непрерывного управления его оборотами в зависимости от изменения технологических параметров исходной воды.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2 Выбор технических средств автоматизации

2.1 Выбор датчика давления

Для выбора датчика давления определимся с минимальными требованиями, которым должен он соответствовать. Минимальные требования для датчиков давления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Минимальные требования к датчику давления

Параметр	Значение
Выходной сигнал	Цифровой сигнал стандарта RS-485
Диапазон измерения	0-1,3 МПа
Среда измерения	жидкость
Погрешность измерения	$\leq \pm 0,5\%$
Температура измеряемой среды	4-20 °С
Степень защиты не ниже	IP65

Сравним несколько датчиков давления по заданным параметрам. Для наглядности составим сравнительную таблицу. Сравнение датчиков давления представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная таблица датчиков давления

Параметр	Датчики давления		
	Элемер 100-ДИ	Метран 150 CG	ОВЕН ПД100-ДИ
Выходной сигнал	4-20мА/HART RS-485	4-20 мА/HART	4-20 мА/HART RS-485
Диапазон измерения	0-2.5 МПа	0-1,6 МПа	0-2,5 МПа
Среда измерения	Жидкость	Жидкость	Жидкость
Погрешность измерений	$\pm 0,15\%$ диапазона	$\pm 0,2\%$ диапазона	$\pm 0,5\%$ диапазона
Температура окружающей среды	-40 – 70 °С	-40 – 85 °С	-40-80 °С
Температура измеряемой среды	-40-70°С	-40 – 149 °С	-40-100 °С
Степень защиты	IP65	IP66	IP65
Средняя стоимость	37000 рублей	38000 рублей	6000 рублей

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

Лист

14

Исходя из сравнительной таблицы видно, что минимальным требованиям удовлетворяют датчики Элемер 100-ДИ и ОВЕН ПД100-ДИ. Датчик Метран 150 CG не удовлетворяет требованиям по причине отсутствия возможности передачи сигнала по интерфейсу RS-485. Выберем датчик ОВЕН ПД100-ДИ, так как он имеет минимальную стоимость и выходной сигнал RS-485, благодаря которому можно передавать данные измерений, информацию о настройках и состоянии датчика. Таких датчиков нам потребуется 3 единицы.

2.2 Выбор датчика температуры

Для выбора датчика температуры определимся с минимальными требованиями, которым должен он соответствовать. Минимальные требования для датчиков температуры представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Минимальные требования к датчику температуры

Параметр	Значение
Выходной сигнал	Цифровой сигнал стандарта RS-485
Диапазон измерения	4-20 °С
Среда измерения	жидкость
Погрешность измерения	$\leq \pm 0,25\%$
Степень защиты не ниже	IP65

Сравним несколько датчиков температуры по заданным параметрам. Для наглядности составим сравнительную таблицу. Сравнение датчиков температуры представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительная таблица датчиков температуры

Параметр	Датчики температуры		
	Метран-286 Pt100	НПП «Автоматика» ИТ1-ЦМ	ОВЕН ДТС-И Pt100
Выходной сигнал	4-20 мА/HART	RS-485	4-20 мА
Диапазон измерения	-50-500 °С	0-200 °С	-50-500 °С

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Инд. № подл.	Подп. и дата

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Лист

15

Продолжение таблицы 4

Параметр	Датчики температуры		
	Метран-286 Pt100	НПП «Автоматика» ИТ1-ЦМ	ОВЕН ДТС-И Pt100
Среда измерения	Жидкость	Жидкость	Жидкость
Погрешность измерения	±0.15%	± 0,25%	±0,25%
Степень защиты не ниже	IP65	IP65	IP65
Средняя стоимость	19000 рублей	28000 рублей	5000 рублей

Из сравнительной таблицы датчиков температуры видно, что минимальным требованиям удовлетворяет датчик НПП «Автоматика» ИТ1-ЦМ. Датчики Метран-286 Pt100 и ОВЕН ДТС-И Pt100 не удовлетворяют требованиям по выходному сигналу. Выберем датчик НПП «Автоматика» ИТ1-ЦМ.

2.3 Выбор датчика расхода

Для выбора расходомера определимся с минимальными требованиями, которым должен он соответствовать. Минимальные требования для расходомеров представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Минимальные требования к расходомеру

Параметр	Значение
Выходной сигнал	Цифровой сигнал стандарта RS-485
Наибольший измеряемый средний расход	47 м ³ /ч
Среда измерения	жидкость
Температура рабочей жидкости	4-20 °С
Наибольшее давление в трубопроводе	1,3 МПа

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Инд. № подл.	Подп. и дата

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

Продолжение таблицы 5

Параметр	Значение
Погрешность измерения	$\leq \pm 2\%$
Степень защиты не ниже	IP65

Сравним несколько расходомеров по заданным параметрам. Для наглядности составим сравнительную таблицу. Сравнение расходомеров представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительная таблица расходомеров

Параметр	Датчики расхода		
	ВЗЛЕТ ЭР ЭРСВ-420	Mera EFM	ЭМИС МАГ-270
Выходной сигнал	4-20мА/HART RS-485	4-20 мА RS-485	4-20 мА/HART RS-485
Наибольший измеряемый средний расход	54,34 м ³ /ч	66 м ³ /ч	71 м ³ /ч
Наибольшее давление в трубопроводе	$\leq 2,5$ МПа	$\leq 2,5$ МПа	≤ 32 МПа
Среда измерения	Жидкость	Жидкость	Жидкость
Температура рабочей жидкости	-10-150°С	-40-70°С	-40-130°С
Погрешность измерения	$\pm 2\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$
Степень защиты	IP65	IP65	IP65
Средняя стоимость	20000 рублей	40000 рублей	70000 рублей

Все расходомеры, представленные в сравнительной таблице удовлетворяют минимальным требованиям, поэтому основным критерием выбора послужит средняя стоимость. Выбор сделаем в пользу расходомера ВЗЛЕТ ЭР ЭРСВ-420.

Таких датчиков нам потребуется 3 единицы для измерения расхода линии нагнетания, расхода пермеата и концентрата.

Инд. и дата	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						17

2.4 Выбор кондуктометра

Для выбора кондуктометра определимся с минимальными требованиями, которым должен он соответствовать. Минимальные требования для кондуктометров представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Минимальные требования к кондуктометру

Параметр	Значение
Выходной сигнал	Цифровой сигнал стандарта RS-485
Диапазон измерения удельной электропроводности	0-5 мСм/см
Среда измерения	Жидкость
Температура измеряемой жидкости	4-20 °С
Давление анализируемой жидкости	1,3 МПа
Погрешность измерения	$\leq \pm 2\%$
Степень защиты не ниже	IP65

Сравним несколько кондуктометров по заданным параметрам. Для наглядности составим сравнительную таблицу. Сравнение кондуктометров представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Сравнительная таблица кондуктометров

Параметр	Кондуктометры		
	АЖК-3102	АТЛАНТ-1103	МАРК-602Т
Выходной сигнал	4-20мА	4-20 мА RS-485	4-20 мА RS-485
Диапазон удельной электропроводности	0-5 мСм/см	0,02-200000 мкСм/см	0-20000 мкСм/см
Среда измерения	Жидкость	Жидкость	Жидкость
Температура контролируемой среды	4-95°С	1-95°С	0-100°С
Давление контролируемой среды	Не более 1,6 МПа	Не более 1,2 МПа	Не более 1,6 МПа

Инд. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

Лист

18

Продолжение таблицы 8

Параметр	Кондуктометры		
	АЖК-3102	АТЛАНТ-1103	МАРК-602Т
Погрешность измерения	± 2%	± 2%	± 0,03%
Степень защиты	IP65	IP65	IP68
Средняя стоимость	9000 рублей	40000 рублей	95000 рублей

Из таблицы видно, что кондуктометр АТЛАНТ-1103 не удовлетворяет требованию по давлению контролируемой среды. Кондуктометр АЖК-3102 не удовлетворяет требованиям по выходному сигналу. Выбор сделаем в пользу кондуктометра МАРК-602Т.

2.5 Выбор датчика уровня

Для выбора датчика уровня определимся с минимальными требованиями, которым должен он соответствовать. Минимальные требования для датчиков уровня представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Сравнительная таблица датчиков уровня

Параметр	Значение
Выходной сигнал	Цифровой сигнал стандарта RS-485
Диапазон преобразования уровня	300-4000 мм
Среда измерения	Жидкость
Температура измеряемой жидкости	4-20 °С
Давление анализируемой жидкости	0,3 МПа
Погрешность измерения	≤ ± 2%
Степень защиты не ниже	IP65

Инд. и дата	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Инд. № подл.

Сравним несколько датчиков уровня по заданным параметрам. Для наглядности составим сравнительную таблицу. Сравнение датчиков уровня представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Сравнительная таблица датчиков уровня

Параметр	Датчики уровня		
	ОВЕН ПДУ- RS-Exd	VEGASON 62	Метран Rosemount 3102
Выходной сигнал	4-20мА RS-485	4-20 мА/HART	4-20 мА/HART
Диапазон преобразования уровня	250-4000 мм	0,25-5 м	0,3-8000 м
Среда измерения	Жидкость	Жидкость	Жидкость
Температура контролируемой среды	-60-125 °С	-40-80°С	-20-70°С
Давление контролируемой среды	≤ 2 МПа	≤ 0,2 МПа	≤ 0,3 МПа
Погрешность измерения	± 1%	± 1%	± 0,3%
Степень защиты	IP67	IP68	IP66
Средняя стоимость	10000 рублей	58000 рублей	50000 рублей

Из сравнительной таблицы датчиков уровня видно, что датчики уровня VEGASON 62 и Метран Rosemount 3102 не удовлетворяют минимальным требованиям по выходному сигналу. Выберем датчик уровня ОВЕН ПДУ-
RS-Exd.

2.6 Выбор частотного преобразователя

Для выбора частотного преобразователя сведем параметры асинхронного двигателя в таблицу[4]. Параметры асинхронного двигателя насоса представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Параметры асинхронного двигателя насоса

Параметр	Значение
Марка электродвигателя	SIEMENS 200LK
Номинальная мощность	30 кВт
Количество полюсов	2
Промышленная частота	50 Гц

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Лист
20

Продолжение таблицы 11

Номинальное напряжение	3x380 В
Номинальный ток	56 А
Пусковой ток	780%
Номинальная скорость	2900 об/мин
Сosφ	0,88

Сравним несколько преобразователей частоты фирм Siemens, Danfoss и отечественный преобразователь частоты ОВЕН. Данные сведем в таблицу. Сравнение частотных преобразователей представлено в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительная таблица частотных преобразователей

Параметр	Частотные преобразователи		
	ВЕСПЕР Е5-8500-040Н	ОВЕН ПЧВ3-30К-В-54	«Эффективные системы» ES025-04-0600А
Мощность	30 кВт	30 кВт	30 кВт
Номинальный ток	60 А	61А	60А
Напряжение питания	380 В	380В	380В
Выходная частота	0-599 Гц	0-400 Гц	0-400 Гц
Перегрузка в течение 1 минуты	150 %	110%	150%
Поддержка ModbusRTU	+	+	+
Степень защиты	IP20	IP54	IP20
Средняя стоимость	90000 рублей	188640 рублей	170000 рублей

Исходя из таблицы 12 видно, что все преобразователи частоты удовлетворяют параметрам асинхронного двигателя и по мощности и по выходному току. Ключевым критерием в выборе частотного преобразователя станет его стоимость. ВЕСПЕР Е5-8500-040Н дешевле своих аналогов. Выберем преобразователь частоты ВЕСПЕР Е5-8500-040Н.

2.7 Выбор программируемого логического контроллера

Политика предприятия ПАО «Метафракс» направлена на покупку импортных контроллеров фирм Siemens и DeltaV для управления процессами на своих технологических объектах. В зависимости от прибыли с продажи продукции того или иного технологического объекта принимается решение

Инд. и дата	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						21

Продолжение таблицы 14

Модуль	Количество	Средняя стоимость
Модуль дискретных выходов 6ES7522-1BH10-0AA0	1	18000 рублей
Модуль питания 6EP1333-4BA00	1	16000 рублей
Итого	6	491000 рублей

Для сравнения стоимости, построим систему управления технологическим процессом узла обратного осмоса на базе контроллера DeltaV фирмы Emerson, в состав которой войдут аналогичные модули. Состав модулей контроллера DeltaV представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Состав модулей контроллера DeltaV

Модуль	Количество	Средняя стоимость
CPU M-серии	1	600000 рублей
Плата последовательного интерфейса RS-485	1	500000 рублей
Модуль аналоговых выходов на 8 каналов	1	250000 рублей
Модуль дискретных входов на 8 каналов	1	150000 рублей
Модуль дискретных выходов 8 каналов	1	150000 рублей
Модуль питания	1	150000 рублей
Итого	6	1800000 рублей

Анализируя таблицу 14 и таблицу 15 видим, что построение системы автоматизации установкой обратного осмоса на базе продуктов компании Emerson обойдется в 4 раза дороже, чем на базе Siemens. Выбор сделаем в пользу контроллера Siemens S7-1500.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						23

3 Синтез регулятора давления линии нагнетания установки обратного осмоса и разработка алгоритма управления насосом

3.1 Разработка функциональной схемы системы автоматического регулирования давления линии нагнетания

Функциональная схема автоматизации представлена в графической части лист 1.

Входной водой является пожаро-хозяйственная вода, которая насосом P0601 подается на установку обратного осмоса. Контроль параметров пожаро-хозяйственной воды на линии нагнетания осуществляется датчиками: давления ОВЕН ПД100-ДИ (поз.РТ-0601) , температуры НПП «Автоматика» ИТ1-ЦМ. (поз.ТТ-0601), расхода Взлет-ЭР ЭРСВ-420(поз.ФТ-0501). Данные с этих датчиков передаются через интерфейс RS-485 по протоколу ModbusRTU на коммуникационный модуль CM PtP контроллера Siemens S7-1500. Контроллер в зависимости от значения температуры пожаро-хозяйственной воды подает управляющее воздействие на частотный преобразователь, который в свою очередь регулирует обороты двигателя насоса и тем самым происходит регулирование давления. Давление после насоса измеряется датчиком ОВЕН ПД100-ДИ (поз.РТ-0602) Далее вода подвергается обессоливанию и под воздействием обратноосмотического давления разделяется на две фазы: концентрат (с концентрацией солей выше 0,5%) и пермеат (с концентрацией солей 0,2-0,5%). Контроль параметров пермеата осуществляется датчиком давления ОВЕН ПД100-ДИ(поз.РТ-0603), расхода Взлет-ЭР ЭРСВ-420(поз.ФТ-0601), солесодержания МАРК-602Т (поз.QT-0601). Далее пермеат проходит дегазацию и собирается в емкость TW-12. Уровень в емкости контролируется датчиком уровня ОВЕН ПДУ-RS-Exd (поз.LT-1201). Далее пермеат перекачивается насосом P1301 на узел деминерализации.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

3.2 Синтез регулятора давления линии нагнетания установки обратного осмоса

Рассмотрим локальный контур регулирования давления линии нагнетания установки обратного осмоса. Регулировать давление нужно в зависимости от температуры исходной воды, потому что производительность мембранных элементов при температуре 4 °С примерно в два раза ниже, чем при температуре 20 °С. График зависимости рабочего давления мембран от температуры представлен на рисунке 2 [3].



Рисунок 2 – График зависимости рабочего давления мембран от температуры

Опишем зависимость рабочего давления мембран от температуры (рис.3) с помощью уравнения прямой проходящей через две точки: $T_1 = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_1 = 13 \text{ атм}$. $T_2 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_2 = 7.5 \text{ атм}$. После преобразований получим $P_{\text{вх}} = -0.34375 \times T_{\text{вх}} + 14.375$

Синтез регулятора выполним исходя из следующих требований к системе [3, 4]:

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Инд. № подл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						25

– Регулирование давления линии нагнетания установки обратного осмоса нужно осуществлять по заданию, поскольку возмущения, такие как качество входной воды и ее температура устранены на стадии механической и химической фильтрации водоподготовки;

– Перерегулирование в системе недопустимо, потому что такие кратковременные броски отрицательно сказываются на кинематической части электропривода и трубопроводе;

– Время переходного процесса должно быть менее 4 секунд;

– Статическая ошибка также недопустима, поскольку недостаточная компенсация изменений температуры входной воды за счет давления скажется на производительности мембранных элементов и качестве пермеата не в лучшую сторону.

В состав системы регулирования войдут следующие элементы: преобразователь частоты, асинхронный двигатель, насос, трубопровод, датчик давления. Структурная схема контура регулирования давления представлена на рисунке 3.

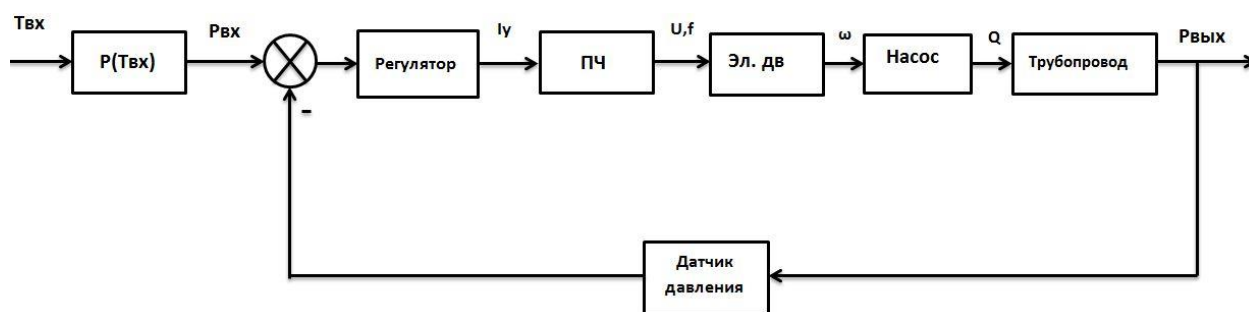


Рисунок 3 – Структурная схема контура регулирования давления линии нагнетания

В литературе [7] отмечено, что при линеаризации уравнений и соответствующем упрощении математического описания примерами инерционных звеньев могут служить многие объекты: генераторы, двигатели, электрические печи, исполнительные механизмы, электронные и магнитные усилители, термопары и т. д. Поэтому представим

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

преобразователь частоты, асинхронный двигатель и насос в виде инерционных звеньев первого порядка.

Определим коэффициенты передачи и постоянные времени передаточных функций системы.

3.2.1 Расчет передаточной функции преобразователя частоты

Передаточная функция преобразователя частоты:

$$W_{пч}(p) = \frac{K_{пч}}{T_{пч}p + 1}, \quad (2)$$

где $K_{пч}$ – коэффициент передачи преобразователя частоты;

$T_{пч}$ – постоянная времени преобразователя частоты;

Определим постоянную времени и коэффициент передачи преобразователя частоты:

– Ток управления преобразователем частоты $i_{упр} = 20\text{мА}$;

– Коэффициент передачи преобразователя частоты $K_{пч} = \frac{f_n}{i_{упр}} = \frac{50}{20} = 2.5$

В общем случае преобразователь частоты состоит из двух частей [5]:

– Система ШИМ с фильтром (постоянная времени $T_\phi = 0.003 \div 0.005$ с);

– Силовая схема (постоянная времени равная половине периода пульсации выпрямленного напряжения $T_c = \frac{1}{2 \times f_n \times m}$, где f_n – номинальная частота, Гц, m – число фаз).

Примем постоянную времени $T_\phi = 0.003$ с.

Таким образом, постоянная времени преобразователя частоты равна

$$T_{пч} = T_\phi + T_c = 0.003 + \frac{1}{2 \times 50 \times 3} = 0.006 \text{ с.}$$

Получили передаточную функцию частотного преобразователя:

$$W_{пч}(p) = \frac{2.5}{0.006p + 1}.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3.2.2 Расчет передаточной функции асинхронного двигателя

Передаточная функция асинхронного двигателя:

$$W_{ад}(p) = \frac{K_{ад}}{T_{ад}p + 1}, \quad (3)$$

где $K_{ад}$ – коэффициент передачи асинхронного двигателя;

$T_{ад}$ – постоянная времени асинхронного двигателя;

Определим постоянную времени и коэффициент передачи асинхронного двигателя:

$$- \omega_n = 2900 \text{ об/мин} = 303 \text{ рад/с};$$

$$- K_{ад} = \frac{\omega_n}{f_n} = \frac{303}{50} = 6.06.$$

Постоянную времени двигателя примем $T_{ад} = 0.15 \text{ с}$.

Получили передаточную функцию асинхронного двигателя:

$$W_{ад}(p) = \frac{6.06}{0.15p + 1}.$$

3.2.3 Расчет передаточной функции насоса

Передаточная функция насоса:

$$W_n(p) = \frac{K_n}{T_n p + 1}, \quad (4)$$

где K_n – коэффициент передачи насоса;

T_n – постоянная времени насоса;

Определим постоянную времени и коэффициент передачи насоса:

$$- \text{Номинальный расход насоса } Q_n = 64 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = 0.01778 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

$$- \text{Коэффициент передачи насоса } K_n = \frac{Q_n}{\omega_n} = \frac{0.01778}{303} = 5.868 * 10^{-5};$$

– Постоянную времени насоса примем $T_n = 1 \text{ с}$.

Получили передаточную функцию насоса: $W_n(p) = \frac{5.868 * 10^{-5}}{p + 1}$.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						28

Для перевода расхода в м³/ч нам потребуется коэффициент равный 3600.

3.2.4 Расчет передаточной функции трубопровода и датчика давления

Передаточную функцию трубопровода представим в виде безынерционного звена с коэффициентом передачи

$$K_{тр} = \frac{P_H(\text{атм})}{Q_H(\text{м}^3/\text{ч})} = \frac{13}{64} = 0.203125.$$

Передаточную функцию датчика давления также представим безынерционным звеном с коэффициентом передачи $K_{дд} = \frac{i_{упр}}{P_H} = \frac{20}{13} = 1.538$. Этот же коэффициент поставим на вход системы для преобразования давление задания в токовый сигнал.

3.2.5 Расчет передаточной функции регулятора давления линии нагнетания

Настройку регулятора выполним на модульный оптимум (МО).

Желаемая передаточная функция разомкнутой системы при настройке на модульный оптимум должна иметь вид [6]:

$$W_{ж}(p) = \frac{1}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p + 1)}, \quad (5)$$

где T_{μ} – малая некомпенсированная постоянная времени объекта управления. В нашем случае $T_{\mu} = 0.006$ с.

Передаточная функция регулятора:

$$W_{рег}(p) = \frac{W_{ж}(p)}{W_{оу}(p) \times W_{ос}(p)}, \quad (6)$$

где $W_{ж}(p)$ – желаемая передаточная функция разомкнутого контура системы при настройке на модульный оптимум;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

– $W_{oy}(p)$ – передаточная функция разомкнутого контура объекта управления;

– $W_{oc}(p)$ – передаточная функция обратной связи.

Найдем передаточную функцию регулятора:

$$W_{\text{рег}}(p) = \frac{1}{0,012p(0.006p + 1)} \times \frac{0.006p + 1}{2.5} \times \frac{0.15p + 1}{6.06} \times \frac{p + 1}{5.868 * 10^{-5}} \\ \times \frac{1}{0.203125} \times \frac{1}{3600} \times \frac{13}{20} = 95.82145 + \frac{83.323}{p} + 12.49845p$$

Получили передаточную функцию ПИД-регулятора.

Построим систему регулирования давления линии нагнетания в Matlab Simulink, а также промоделируем систему и получим графики переходных процессов на выходе ПИД-регулятора, преобразователя частоты, асинхронного двигателя, насоса и трубопровода. Структурная схема системы автоматического регулирования и графики переходных процессов в Matlab/Simulink представлены в графической части лист 2.

Показатели качества системы при пуске в работу:

– Время переходного процесса 3.16 с (на времени переходного процесса очень сильно сказывается блок ограничения Saturation, но пренебрегать им нельзя, поскольку выходной ток регулятора не ограничен, а ток при номинальном режиме работы не должен превышать 20мА);

– Перерегулирование 0%;

– Статическая ошибка равна 0%, так как в составе регулятора присутствует интегрирующая составляющая.

Полученные показатели качества удовлетворяют требованиям к системе.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

						460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			30

3.3 Разработка алгоритма управления насосом на линии нагнетания узла обратного осмоса

При разработке алгоритма управления нужно учесть не только нормальный режим работы насоса, но также и аварийное отключение насоса при падении давления на линии всасывания, чтобы избежать «сухого хода» насоса.

Согласно литературе [8] «сухой ход» - это работа насоса в условиях недостаточного количества жидкости в линии всасывания. «Сухой ход» насоса приводит к частичной или полной деформации внутренних элементов конструкции насоса.

Давление линии всасывания при нормальном режиме работы установки обратного осмоса составляет порядка 5 атм. При давлении менее 2 атм нужно аварийно отключить насос [3].

Реализуем алгоритм управления насосом установки обратного осмоса.

В начале цикла реализуем программную защиту от «сухого хода» насоса. Если давление линии всасывания больше 2 атм, то переходим к нормальной работе насоса.

При нормальной работе осуществляется регулирование давления линии нагнетания насоса в зависимости от температуры входной воды установки обратного осмоса. С датчика температуры получим значение температуры исходной воды и затем сформируем сигнал задания по давлению, преобразуя значение температуры исходной воды в давление задания, согласно зависимости на рисунке 2. Далее получим сигнал с датчика давления линии нагнетания насоса. В случае совпадения давления задания с давлением на выходе насоса переходим в конец цикла, а в случае несовпадения регулируем давление, изменяя частоту на выходе частотного преобразователя (если давление задания больше давления выхода насоса, то необходимо увеличивать частоту, а если меньше, то уменьшать). Согласно [9] представим алгоритм управления насосом на линии нагнетания узла обратного осмоса. Алгоритм управления насосом на линии нагнетания узла обратного осмоса представлен в графической части лист 3.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист 31
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

4 Разработка верхнего уровня автоматизации

4.1 Разработка структуры автоматизированной системы управления технологическим процессом

Узел обратного осмоса входит в состав водоподготовительной установки, которая в свою очередь входит в состав парогазоцеха (ПГЦ).

На ПГЦ установлен контроллер фирмы Emerson DeltaV, который соединим с контроллером Siemens S7-1500, чтобы видеть изменение технологических параметров полевого оборудования. Данные будем передавать с использованием протокола ProfibusDP. Контроллер на водоподготовке будет выполнять роль slave, а контроллер парогазоцеха роль master. Выбор контроллера для автоматизации установки обратного осмоса осуществлялся с учетом этого (модуль CPU1516-3PN/DP контроллера Siemens S7-1500 имеет выход ProfibusDP). Данные на уровень MES-системы будем передавать с использованием Ethernet. Используется MES-система ИндаСофт. Структура автоматизированной системы управления технологическим процессом представлена в графической части лист 4.

4.2 Выбор SCADA-системы

В настоящий момент на российском рынке представлено большое разнообразие SCADA-систем отечественных и зарубежных производителей. В рамках дипломного проекта будем сравнивать SCADA-систему WinCC от компании Siemens и отечественную SCADA-систему TraceMode 6 от Adastrа. Сравнение SCADA-систем WinCC и TraceMode 6 представлено в таблице 16.

Требования к современным SCADA-системам:

- Доступность восприятия для разработчика и аппаратчика;
- Открытость механизмов обмена данными с оборудованием ввода-

вывода;

Инд. и дата	Инд. № дубл.	Взам. инв. №	Инд. № подл.	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01				Лист	
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	32

– Стоимость.

Таблица 16 – Сравнение SCADA-систем WinCC и TraceMode 6

Критерии	WinCC	TraceMode 6
Поддержка OPC-технологии	+	+
Поддержка промышленных протоколов Modbus, Profibus, Canbus и др.	+	+
Система отчетов	+	+
Поддержка Windows и других операционных систем	+	+
Поддержка объектно-ориентированных языков программирования контроллеров	+	+
Монитор реального времени	+	+
Наличие тестовой версии	+	+
Стоимость	91200-1100000 рублей в зависимости от количества каналов	8670-365670 рублей в зависимости от количества каналов

Исходя из таблицы 16 можно сделать вывод, что SCADA-система TraceMode 6 по функционалу не уступает зарубежной WinCC, так как большинство современных SCADA-систем, как отечественных, так и зарубежных, имеют полный функционал для этого класса программ, поэтому их сравнение по перечню функций в последние годы утратило смысл. Основное преимущество российских SCADA-систем – это их изначальная нацеленность на российский рынок (документация на русском языке, техническая поддержка, невысокие цены). При выборе SCADA-системы будем опираться на ее стоимость и сделаем выбор в пользу отечественного продукта TraceMode 6 от разработчика Adastra.

Сейчас нашей страной взят курс на импортозамещение, что заставляет бурно развиваться российское программное обеспечение опережающими темпами. Это позволяет разработать программное обеспечение с высоким конкурентным потенциалом на рынке, тем более, что такая инициатива активно поддерживается государством, которое разрабатывает всевозможные программы поддержки.

Разработку SCADA-системы выполним в TraceMode 6 от компании Adastra.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						33

На графическом экране оператора представлен технологический процесс установки обратного осмоса. Также предусмотрена индикация основных технологических параметров, за которыми необходимо следить оператору. Зеленым цветом обозначены значения параметров, которые находятся в пределах нормы, а в случае выхода контролируемого параметра за границу диапазона индикация меняет свой цвет на красный, сообщая оператору, что нужно предпринимать необходимые меры по устранению проблемы. Также зеленым цветом обозначены узлы, находящиеся в работе (насосы, отсежные клапаны, регулирующий клапан).

Узел обратного осмоса входит в состав водоподготовительной установки, поэтому SCADA-система интегрируется в общую систему всей водоподготовки и поэтому предусмотрена возможность переключения между графическими экранами других узлов цикла подготовки воды.

На отдельном графическом экране можно посмотреть графики изменения трендов в режиме реального времени. Помимо этого имеются отдельные экраны для просмотра архива, событий и отчета тревог.

Внешний вид экрана на автоматизированном рабочем месте оператора представлен на рисунке 4.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						34



Рисунок 4 – Внешний вид экрана на рабочем месте оператора

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01				Лист
				35

5 Расчет затрат на проект автоматизации

Составим сводную таблицу с выбранным оборудованием и его стоимостью исходя из главы дипломного проекта, посвященной выбору оборудования, а также посчитаем капитальные затраты. Выбранное оборудование и его стоимость представлено в таблице 17.

Таблица 17 – Выбранное оборудование и его стоимость

Наименование оборудования	Цена, руб.	Количество, шт.	Стоимость, руб.
Siemens S7-1500 CPU1516-3PN/DP	342000	1	342000
Коммуникационный модуль CM PtP 6ES7540-1AB00-0AA0	50000	1	50000
Модуль аналоговых выходов 6ES7532-5HD00-0AB0	47000	1	47000
Модуль дискретных входов 6ES7521-1BH00-0AB0	18000	1	18000
Модуль дискретных выходов 6ES7522-1BH10-0AA0	18000	1	18000
Модуль питания 6EP1333-4BA00	16000	1	16000
ОВЕН ПД100-ДИ	6000	3	18000
НПП «Автоматика» ИТ1-ЦМ	28000	1	28000
ВЗЛЕТ ЭР ЭРСВ-420	20000	3	60000
МАРК-602Т	95000	1	95000
ОВЕН ПДУ-RS-Exd	10000	1	10000
ВЕСПЕР Е5-8500-040Н	90000	1	90000
Trace Mode 6 МРВ+ОРС на 15 каналов	8600	1	8600
Итого			800600

С учетом транспортных расходов в размере 10%, складских расходов в размере 2% и расходов на монтаж оборудования в размере 8% полная стоимость проекта составит: $800600 + 0.1 \times 800600 + 0.02 \times 800600 + 0.08 \times 800600 = 960700$ рублей.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
						36

6 Безопасность жизнедеятельности и охрана труда при эксплуатации узла обратного осмоса

Аппаратчик обессоливания обязан:

- Вести самостоятельно технологический процесс в строгом соответствии с нормами технологического режима и требованиями данной инструкции;
- Знать технологическую схему, расположение и устройство оборудования запорной и регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов и аппаратуры;
- Своевременно и качественно производить техническое обслуживание оборудования, контрольно-измерительных приборов и аппаратуры, в строгом соответствии с инструкциями по техническому обслуживанию;
- Знать устройство, правила обращения и расположение средств аварийной защиты, пожаротушения и оказания первой доврачебной помощи;
- Периодически, не реже одного раза в час производить обход и осмотр оборудования установки, докладывая обо всех выявленных неисправностях и неполадках мастеру смены;
- Принимать все необходимые меры по предотвращению нарушений нормального технологического режима и аварийных ситуаций;
- В аварийных ситуациях действовать согласно “Плану мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий (ПМЛА)”;
- Своевременно, правильно и аккуратно заполнять сменный рапорт, в котором отмечать все выполненные работы, переключения, а также обнаруженные дефекты в работе оборудования, арматуры, средств контрольно-измерительных приборов и аппаратуры;
- Находиться на рабочем месте в положенной спецодежде и иметь при себе исправные индивидуальные средства защиты;
- По указанию мастера смены производить подготовку оборудования к сдаче в ремонт и приему его из ремонта;

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

460.MCA.15.03.04-2020.00790-01 81 01

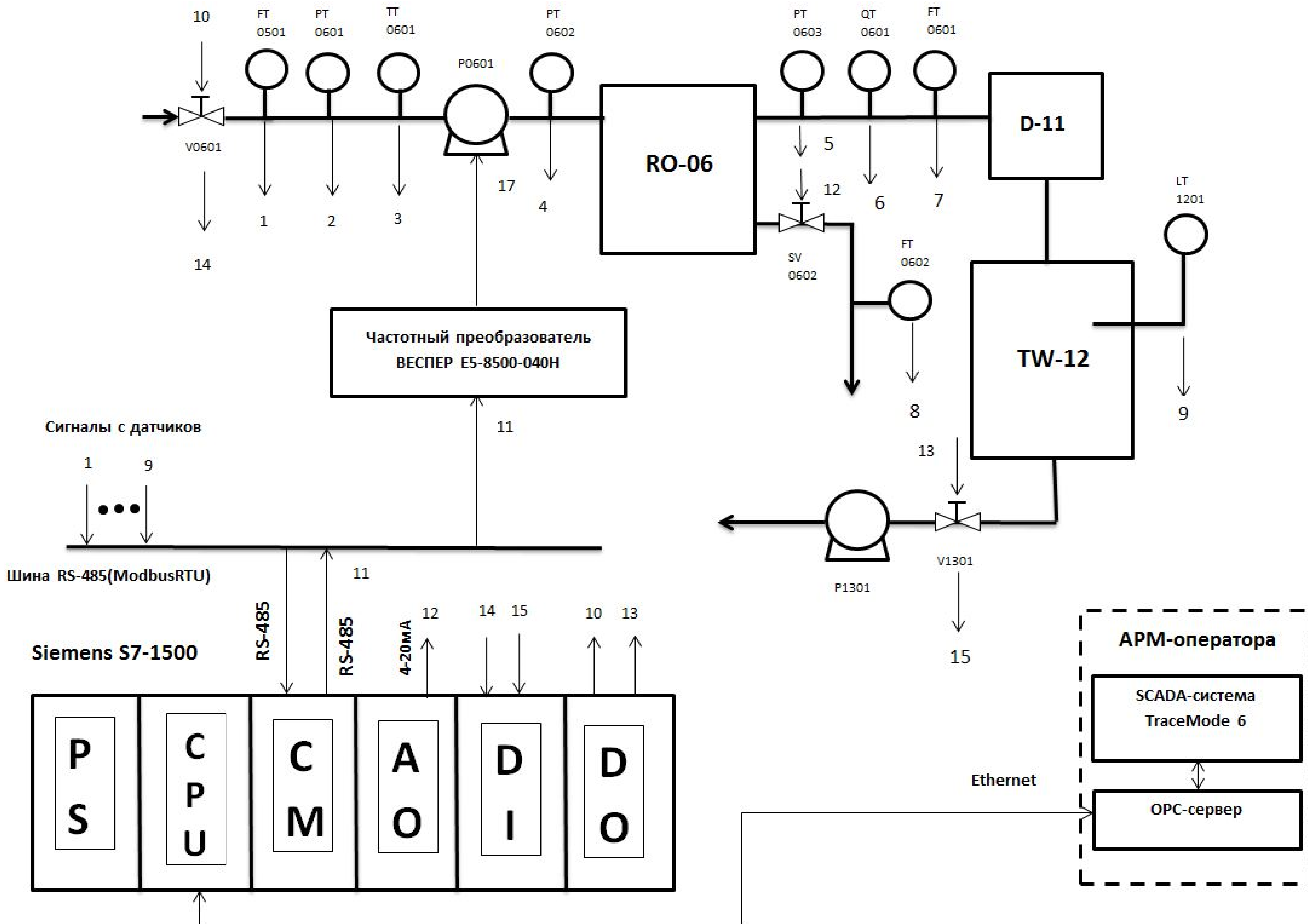
Лист

37

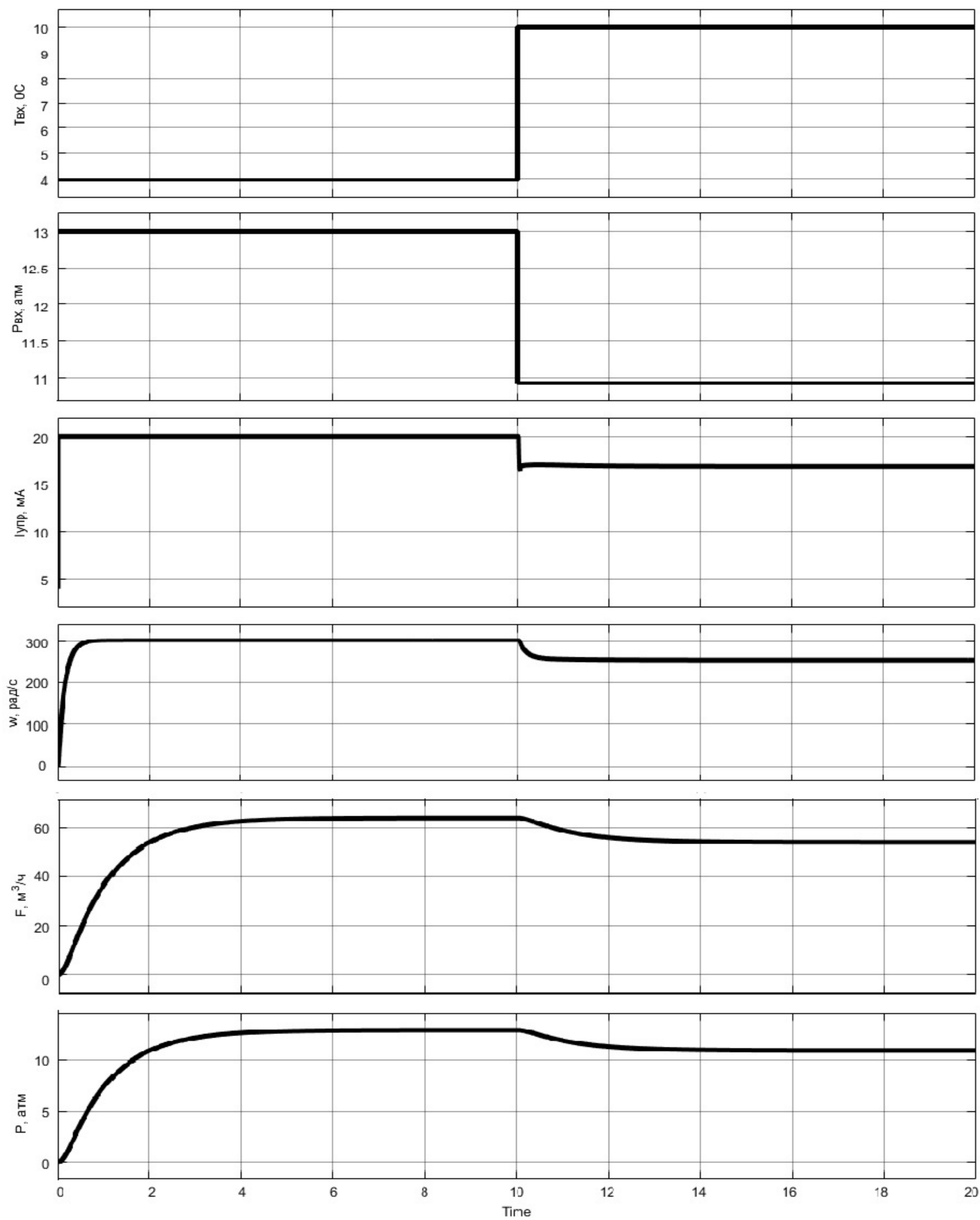
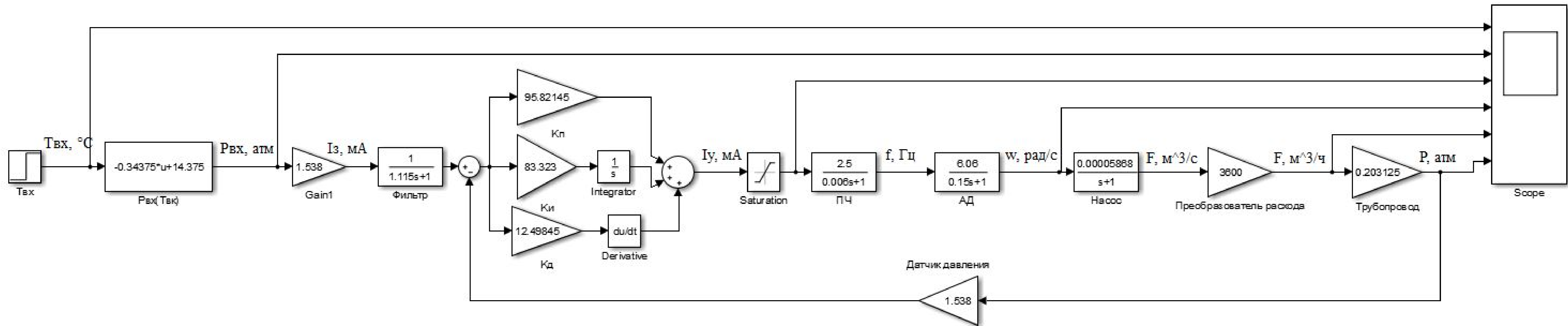
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. –М.: Химия. – 352с., ил.
2. Черкасов С.В, «Обратный осмос. Теория и практика применения»: [Электронный ресурс].- URL: <http://wwtec.ru/index.php> (дата обращения: 20.05.2020).
3. Описание технологического процесса водоподготовительной установки ПАО «Метафракс».
4. Описание оборудования узла обратного осмоса ПАО «Метафракс».
- 5.Билоус О.А. Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8 (часть 1) – С. 93-98.
6. Казанцев В.П. Системы управления исполнительными механизмами: Учебное пособие, Пермь, РИО ПГТУ – 2010 г, 216 с.
7. Теория автоматического управления: учебное пособие/ В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Н.С. Креницын; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 196 с.
8. А.А. Федько, А.А. Сорокин. Агроинженерия. Защита насосных агрегатов от «сухого хода».
9. ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) Единая система программной документации (ЕСПД). Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.

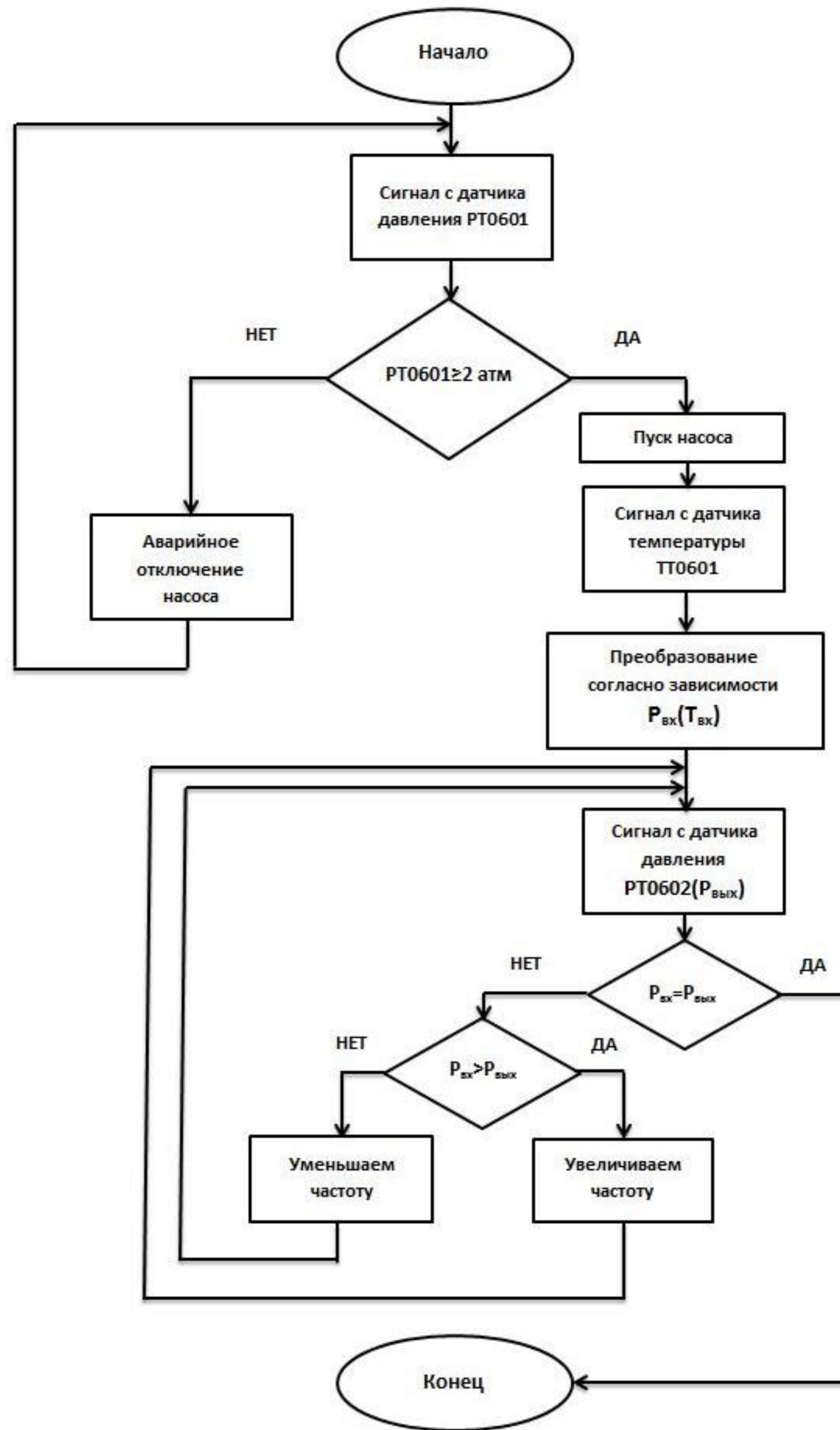
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	460.МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		40



460МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01					Лист	Масштаб	Масштаб
Изм.	Испол.	№ документа	Подпись	Дата	Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной установки ПАО «Метротракс»		
Разработал	Бельский К.С.				Лист 1	Листов 4	
Проектировал	Давыдов Д.А.				Функциональная схема автоматизации узла обратного осмоса		
Инженер	Шульга Н.А.				ПНИПУ, АТПП-16-16		
Утвердил	Петрачев А.Б.						

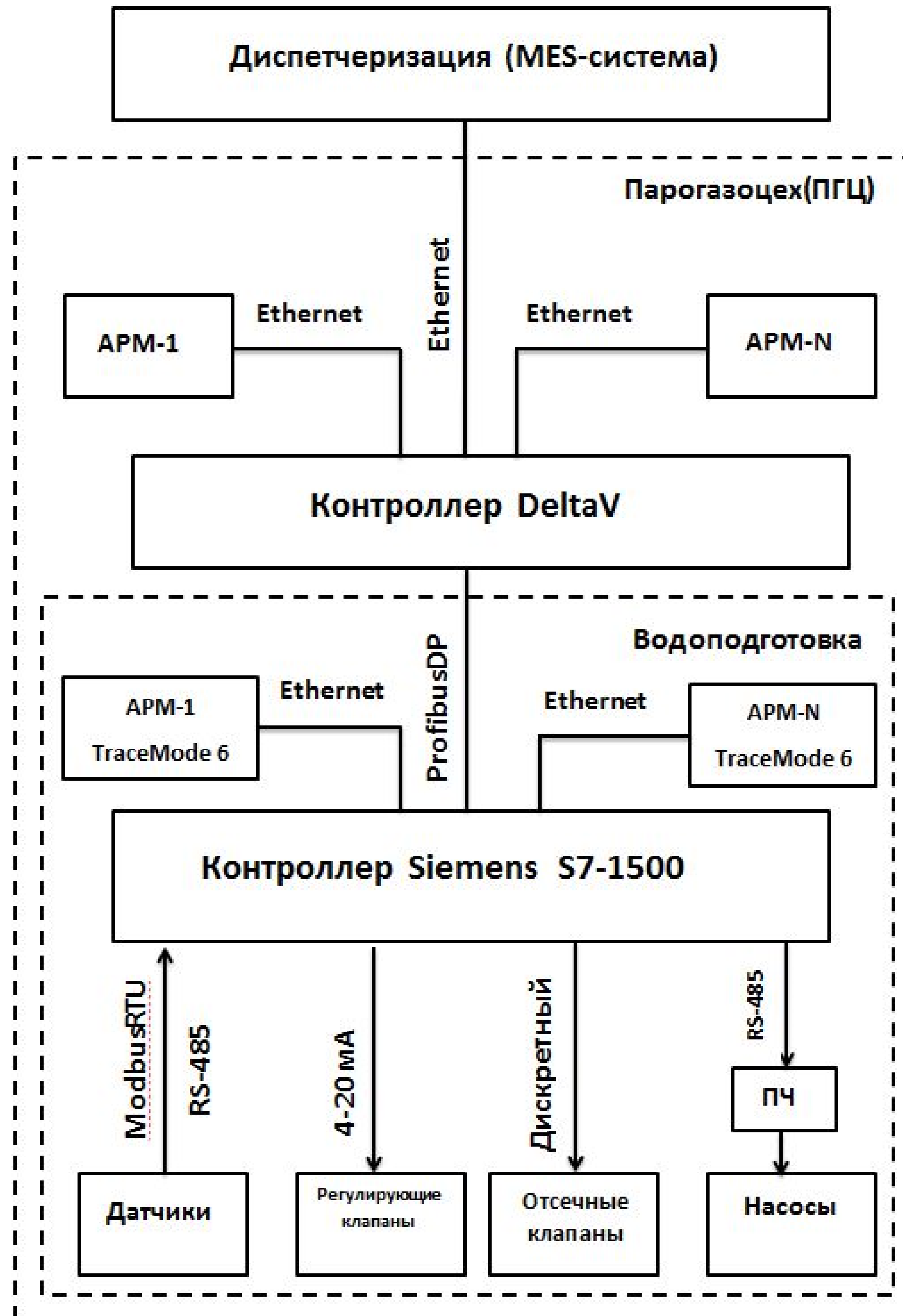


460МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01					Лит	Масса	Масштаб
Изм	Испол	№ документа	Подпись	Дата	Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной установки ПАО «Метротракс»		
Разработал	Белькевич К.С.						
Проверил	Давыдов Д.А.						
Исполнитель	Шульга Н.А.				Структурная схема САУ и результаты моделирования в Matlab/Simulink		
Утвердил	Петрачев А.Б.				ПНИПУ, АТПП-16-18		
					Лист 2	Листов 4	



				460МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01			
Изм	Испол	№ документа	Подпись	Дата	Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной установки ПАО «Метротракс»		
Разработал	Белькевич К.С.				Лист 3	Листов 4	
Проверил	Давыдов Д.А.						
Исполнитель	Шульга Н.А.	Блок-схема алгоритма управления насосом				ПНИПУ, АТПП-16-18	
Утвердил	Петрачев А.Б.						

Лист 3 из 4
Страна: РФ
Лист 3 из 4
Введен: 04.04.2020
Лист 3 из 4



460МСА.15.03.04-2020.00790-01 81 01					Лист	Масштаб	Масштаб
Изм.	Исполн.	№ документа	Подпись	Дата	Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной установки ПАО «Метротракс»		
Разработал	Белькевич К.С.				Лист 4	Листов 4	
Проверил	Давыдов Д.А.						
Исполнитель	Шульга Н.А.	Структурная схема АСУ ТП			ПНИПУ, АТПП-16-16		
Утвердил	Петрачев А.Б.						