

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический


Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов
и производств

Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация техно-
логических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

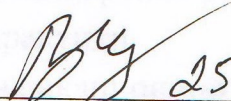
 О.В. Скрипко
« 26 » 06 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Автоматизированная система управления процессами порционного
взвешивания и розлива соевого масла на ООО МЭЗ «Амурский» в г. Белогорск
(комплексная выпускная квалификационная работа)

Исполнитель

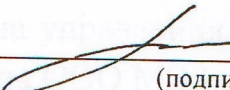
студент группы 541 об

 25.06.19
(подпись, дата)

В.Д. Карташова

Руководитель

доцент, канд. техн. наук


 25.06.2019
(подпись, дата)

А.Н. Рыбалев

Консультант:

по безопасности и
экологичности


доцент, канд. техн. наук

 19.06.2019
(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормоконтроль

профессор, д-р. техн. наук

 25.06.2019
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2019


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой


подпись

О.В. Скрипко

И.О. Фамилия

« 26 » 06 2019г

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Карташовой Виктории Дмитриевны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизированная система управления процессами порционного взвешивания и розлива соевого масла на ООО МЭЗ «Амурский» в г. Белогорск (комплексная выпускная квалификационная работа)

(утверждена приказом от 15.04.19 № 847-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы 25.06.19

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

- рабочая и конструкторская документация ООО МЭЗ «Амурский»
- приказ об утверждении темы бакалаврской работы
- материалы, собранные в ходе практики

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):

- автоматизированная система управления процессами порционного взвешивания и розлива соевого масла на ООО МЭЗ «Амурский»;
- программно-технический комплекс автоматизированного управления технологическими процессами порционного взвешивания и розлива соевого масла;
- безопасность и экологичность.

5. Перечень материалов приложения:

- технологический процесс взвешивания и розлива соевого масла;
- функциональная схема технологического процесса;
- схема электрическая принципиальная подключения клапанов;
- схема электрическая принципиальная;

- схема электрическая принципиальная весовой части;
- схема электрическая принципиальная насосной части;
- спецификация;
- математическая имитационная модель Matlab Simulink;
- графический экран;

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе:

Безопасность и экологичность – Булгаков А.Б., доцент, канд. техн. наук

7. Дата выдачи задания 15.04.19

Руководитель выпускной квалификационной работы Рыбалёв Андрей Николаевич, доцент кафедры АППиЭ, канд. техн. наук.

Задание принял к исполнению (дата): 15.04.19

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 80 с., 60 рисунков, 6 таблиц, 11 приложений, 15 источников.

ПОРЦИОННОЕ ВЗВЕШИВАНИЕ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ИНТЕРФЕЙС, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УРОВНЕМЕР, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА, ТЕНЗОДАТЧИК, ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ, ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОПЕРАТОРСКАЯ ПАНЕЛЬ, РОЗЛИВ

Объект автоматизации – цех розлива ООО МЭЗ «Амурский», г. Белогорск.

Цель работы – разработка математической модели дистанционного управления процессами порционного взвешивания и розлива соевого масла, расчет и выбор оборудования, необходимого для реализации проекта.

Для осуществления поставленной задачи, был задействован комплекс программных средств:

- Система имитационного моделирования MatLab, Simulink (для построения математической модели системы);
- 3S-Smart Software CODESYS (для программирования промышленных контроллеров и визуализации технологических процессов и оперативного управления).

СОДЕРЖАНИЕ

1	Объект автоматизации	7
1.1	Общие сведения об объекте автоматизации	7
1.2	Производственный процесс	8
1.3	Технологический процесс	13
1.4	Обоснование автоматизации	14
2	Технологическая реализация асутп	16
2.1	Технологическая схема процессов взвешивания и розлива	16
2.2	Разработка функциональной схемы технологического процесса	16
2.3	Выбор исполнительных механизмов	21
2.3.1	Выбор насосов	21
2.2.2	Выбор клапанов	22
2.4	Выбор измерительных преобразователей и датчиков	23
2.4.1	Выбор датчика давления	23
2.4.2	Выбор тензодатчика	24
2.4.3	Выбор блока концевых датчиков	25
2.4.4	Выбор весового терминала	26
2.4.5	Выбор уровнемера	27
2.5	Выбор управляющей аппаратуры	28
2.5.1	Выбор частотного преобразователя	28
2.5.2	Выбор пневматического привода	32
2.6	Выбор средств человеко-машинного интерфейса	35
2.7	Разработка принципиальных схем соединения электрических элементов	37
3	Программная реализация	42
3.1	Разработка математической модели АСУТП в Simulink	42
3.1.1	Имитационная модель	42
3.1.2	Имитационная модель клапана	43
3.1.3	Имитационная модель насоса с частотным преобразователем	45
3.1.4	Имитационная модель тензодатчика и датчика уровня	48
3.1.5	Основные имитационные группы	49
3.2	Разработка SCADA системы	51
3.2.1	Разработка графического интерфейса в CoDeSys	56

4 Безопасность и экологичность	60
Заключение	68
Библиографический список	69
Приложение А	71
Приложение Б	72
Приложение В	73
Приложение Г	74
Приложение Д	75
Приложение Е	76
Приложение Ж	77
Приложение З	79

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время промышленным предприятиям, нацеленным на перспективное развитие крайне важно сохранять постоянный уровень конкурентоспособности. Достичь этого можно применив в производстве автоматизированный подход к управлению технологическими процессами и частично или полностью перейти к АСУ ТП.

Данная система позволит существенно увеличить производительность, следовательно, и объемы выпускаемой продукции, ее оборот, что в свою очередь позволит занять на рынке достаточно уверенные позиции и участвовать в формировании предложения. Автоматизированный подход позволяет ограничить труд человека в опасных условиях, исключить ошибки, допускаемые вследствие человеческого фактора.

В настоящее время на ООО МЭЗ «Амурский» персонал вручную управляет включением/отключением задвижек, двигателей насосов, координирует прием сырья и отгрузку готового продукта. Это существенно замедляет процессы, снижает точность и эффективность. На лицо немалые экономические потери и снижение объемов производства.

Главная цель проекта состоит в том, чтобы исключить влияние человеческого фактора на технологический процесс цеха розлива путем его автоматизации, в следствии чего увеличить точность и скорость процесса отгрузки соевого масла и значительно сократить число обслуживающего персонала.

В данной работе представлен разработанный проект автоматизации цеха порционного взвешивания и розлива соевого масла на ООО МЭЗ «Амурский».

1 ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ

1.1 Общие сведения об объекте автоматизации

ООО МЭЗ «Амурский» – на Дальнем Востоке России, это крупнейшее предприятие, перерабатывающее как бобовые, так и зерновые культуры.

На данном предприятии производится натуральное масло из семян Амурской сои самого высокого качества.

МЭЗ обладает мощностями по производству гидратированного, рафинированного и рафинированно-дезодорированного соевого масла, шрота соевого пищевого и тостированного кормового шрота.

Шрот – это побочный продукт переработки соевых бобов, характеризующийся высоким содержанием белка, широкий спектр различных минеральных веществ и аминокислот. Данный продукт получают при выжимке масла.

Выделяют кормовой шрот, который идет на нужды животноводства в виде комбикормов. Кормовой шрот считается самым качественным продуктом для кормления сельскохозяйственных животных. Усваивается он намного лучше в сравнении с наработанной соей, при этом его стоимость несколько ниже. Является весьма перспективным направлением экспорта.

На данный момент на рынке присутствует рафинированное дезодорированное соевое масло представлено торговыми марками: (ТМ) «Ладица», «Знатное семейство» и «Филевское».

Масло фасуется в бутылки 1, 2 и 5 литров из полиэтиленфталата. – ПЭТ.

На рисунке 1 представлен генеральный план предприятия. На территории существует элеватор с мощностью хранения более 100 000 тонн сырья. Основной производственных цех с мощностью переработки 1000 тонн сырья в сутки.

Предприятие включает в себя несколько цехов и включает в себя участки: зерноподготовки, экстракции масла, рафинации масла, участки фасовки готовой продукции (соевая мука, шрот пищевой, шрот кормовой), участок розлива масла в крупную тару/автотранспорт.



Рисунок 1 – Общий вид предприятия ООО МЭЗ «Амурский»

ООО МЭЗ "Амурский" обладает достаточно высокими перспективами на рынке. На данный момент началось строительство нового производственного цеха для выработки дополнительных видов продукции: полнорационных комбикормов и комбикормов-концентратов; белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов.

В 2020 году будет введена в эксплуатацию подстанция ПС 110/35/10 «Маслозавод».

1.2 Производственный процесс

Существует два основных способа переработки сои в масло, шрот и на соевые молочные продукты (рисунок 2).

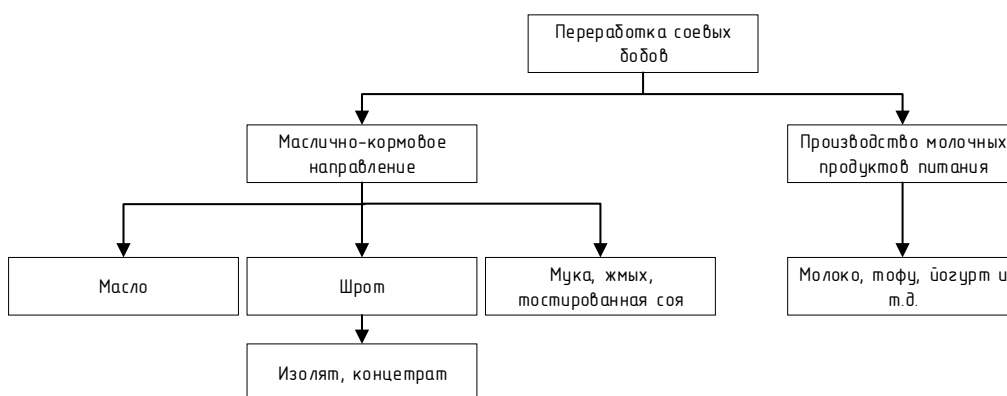


Рисунок 2 – Направления переработки соевых бобов

Для получения соевого масла и шрота на ООО МЭЗ «Амурский» используют химический способ переработки соевых бобов называемый «экстракция».

Первоначальная задача: принять сырье (зерновые, соя), с помощью транспортеров и нории поднять сырье наверх и переместить до необходимого силоса (всего 156 силосных корпусов). Когда его необходимо забрать, персонал открывает задвижку и по зерновым самотекам сырье попадает на транспортер и с помощью нории перемещается далее для переработки [2].

Производственный процесс получения соевого масла и шрота из семян сои включает в себя девять последовательных этапов:

1) Очистка семян от примесей

Семенная масса, поступающая на переработку и хранение, состоит не только из семян, но и включает в себя посторонние примеси, такие как: стебли, листья, шелуху, камни, песок и землю.

Наличие посторонних примесей в семенной массе увеличивает износ рабочих органов машин, снижает производительность технологического оборудования. Для предотвращения их пагубного влияния, перед началом непосредственной переработки, семена очищаются при помощи сепаратора.

2) Дробление сои

Масло из семян возможно извлечь лишь, разрушив их клеточную структуру. Это необходимо делать, так как соевая оболочка отлично удерживает влагу и исключив этот процесс ее сложно было бы размягчить.

В конце данного этапа масло, заключенное в семенах, становится доступным для дальнейшей технологической обработки. Необходимый размер частиц составляет 2–3 мм, он достигается механизмами дробящими, раздавливающими и истирающими семена сои [2].

3) Нагрев

Как в кормовой, так и в пищевой технологии, после стадии измельчения, сою нагревают в сушильной башне. Сушка семян осуществляется посредством воздуха и дымовых газов, данный процесс происходит в промышленных сушилках типа ВТИ, ДСП.

При пищевой технологии, после дробления сою моют горячей водой при температуре 90 градусов, размягчая оболочку, а затем сушат горячим воздухом, в конце данного процесса оболочка отшелушивается.

В кормовой технологии данный этап пропускается, так как необходимость в этом отпадает.

4) Размягчение соевой оболочки

После нагревания соя попадает в размягчитель — цилиндр, имеющий несколько уровней, между которыми находятся отверстия и лопасти, которые по кругу перемешивают продукт. Часть сои при этом проваливается на нижний уровень. Там она обдается горячим паром [2].

После прохождения через размягчитель соя становится более эластичной и теперь она готова к следующему этапу переработки – плющению.

5) Плющение

На данном этапе соя преобразовывается в, так называемый, соевый лепесток. Семена засыпаются между двумя соприкасающимися валами большого диаметра, на выходе которых получается соевый лепесток.

6) Экстракция

На этапе экстракции уже соевый лепесток заливают пищевым растворителем для того, чтобы максимально вымыть все масла из сои. На выходе возникают два продукта: мисцелла и соевый шрот. Мисцелла – это смесь масла и растворителя.

В процессе экстракции используется нефрас, он нетоксичен для человека, испаряется при низких температурах и не оказывает на жизнедеятельность человека никакого влияния.

7) Тостирование шрота

Далее из шрота выпаривается растворитель, с помощью агрегата аналогичного размягчителю. В агрегат засыпается шрот, подается пар, нагреваются уровни, по которым он движется. На одном из уровней шрот поджаривается, при этом растворитель выпаривается и на выходе получается чистый шрот, готовый к фасовке [2].

8) Дистилляция

Мисцелла же подается на дистилляцию. Дистиллятор – это агрегат, производящий дистиллированное масло, путем испарения воды и дальнейшего конденсирования пара.

Сначала мисцелла нагревается горячим маслом, потом подается, происходит нагрев и растворитель начинает испаряться, далее пар подает непосредственно в масло.

Данный процесс является взрывоопасным из-за паров растворителя. Для того, чтобы избежать взрыва растворитель подается в систему рекуперации, где пары растворителя улавливаются парафином.

Холодный парафин отлично впитывает в себя растворитель. Затем парафин нагревается, растворитель выпаривается и конденсируется. Таким образом, растворитель не вылетает в атмосферу и используется в производстве циклично.

9) Рафинация

Для очистки масла от примесей, которыми являются некоторые группы липидов, определяющих цвет, вкус и запах масла, его подвергают рафинации, протекающей в несколько этапов:

– Фильтрация

При нейтрализации масел раствором NaOH, свободные жирные кислоты образуют водные растворы мыла, формируя осадки. Масло и осадок разделяются в сепараторе.

– Гидратация

Гидратация – это обработка водой масла, с целью удаления фосфолипидов. После гидратации масло подсушивают, распыляя его в вакууме при остаточном давлении 2,6-5 кПа.

– Рафинация

Данный этап необходим для удаления фосфорсодержащих примесей, оставшихся после гидратации. Удаление производится подачей в масло кислоты.

При этом все фосфорсодержащие примеси набухают, выпадают в осадок и при помощи сепаратора удаляются из масла. По окончании очистки, вода удаляется и остается лишь рафинированное масло.

– Отбеливание

Для отбеливания масла с целью удаления жирорастворимых пигментов, таких как каротиноиды и хлорофиллы, применяют адсорбционную очистку активным углем или отбеливающими глинами.

Отбеливание осуществляется в распылительных адсорберах - отбеливателях. Смесь суспензии и мыла разбрызгивается распылителем, поступает на коническую распылительную тарелку, затем тонкой пленкой стекает на поверхность аппарата. Выходящая из адсорбера - отбеливателя смесь масла и суспензии разделяется фильтрованием на фильтрах - прессах.

– Дезодорация

Для удаления из масла низкомолекулярных летучих жирных кислот, альдегидов, кетонов, которые определяют неприятный запах и вкус масла, а также ядохимикатов, применяют дезодорацию.

Дезодорацию проводят в вакууме острым паром в распылительном пленочном аппарате – дезодораторе. Масло, поступающее в дезодоратор, распыляется гидравлическим распылителем в вакууме. Пленка масла стекает по вертикальным пластинам сверху вниз в куб аппарата.

В куб поступает острый пар, который подается в эжектор и барботирует через слой масла. Процесс продолжается 45 мин, температура масла на выходе +230 °С. После этого готовое масло отправляется на розлив.

В результате, на выходе этапа рафинации мы имеем 3 вида готового масла для фасовки: рафинированное дезодорированное масло, рафинированное масло, гидратированное масло [2].

1.3 Технологический процесс

Технологический процесс цеха розлива соевого масла начинается со взвешивания готового продукта при помощи тензодатчиков. Продукт перекачивается насосами через систему трубопроводов с задвижками, связывающих емкости весов.

В цех розлива поступает масло различных типов: гидратированное, рафинированное, рафинированное-дезодорированное, поэтому следует отметить, что смешивания продукции допускать нельзя, поэтому каждая из трех весовых емкостей предназначена только для одного типа масла.

После того, как процесс взвешивания завершен, продукт перекачивается либо на склад для хранения, либо поступает на точки отгрузки.

Склад предприятия, представляет собой резервуары для хранения масла. Для перекачивания продукта и распределения его между резервуарами предусмотрен отдельный насос, и система трубопроводов, позволяющая как пополнить объемы на складе, так и перекачать масло обратно на весы для дальнейшей отгрузки.

Производительность напрямую зависит от насосов. Для щадящей перекачки, в режиме которой масло не смешивается с кислородом и не теряет качество, необходимо чтобы насосы обладали проходимостью не более 10 тонн масла в час. Класс точности применяемых весов средний, абсолютная погрешность составляет +/- 0,2%. Если перевести это значение в вес, то погрешность составит 6 кг на 30 тонн.

Поскольку весовых емкостей три, то одновременно продукт может быть отгружен на три конечные точки. Учитывая длительность смены, составляющую 11 часов, можно судить о среднем объеме перекачанного масла в смену, который составляет 330 тонн. Но данное число следует поделить пополам, так как оно включает в себя 2-х часовые циклы закачки масла в весы и перекачивания его на конечные точки отгрузки. Таким образом в одну рабочую смену на точки отгрузки поступает 165 тонн готовой продукции [1].

Технологический процесс взвешивания и розлива соевого масла представлен в приложении А.

1.4 Обоснование автоматизации

В данный момент на ООО МЭЗ «Амурский» отгрузку и приемку готового масла осуществляет персонал, записи в накладных ведутся вручную, управление насосами и задвижками также производится вручную. Это существенно замедляет процессы, снижает точность и эффективность. Налицо немалые экономические потери и снижение объемов производства.

Главная цель работы состоит в том, чтобы исключить пагубное влияние человеческого фактора на технологический процесс цеха розлива путем его автоматизации, в следствии чего, увеличить точность и скорость процесса отгрузки соевого масла и значительно сократить число обслуживающего персонала [1].

Для того чтобы уменьшить время, затрачиваемое на розлив масла, заменим задвижки с ручным приводом на задвижки с пневматическим приводом одностороннего действия, также заведем их сигналы на ПЛК для осуществления полностью автоматического режима работы.

Пневматические приводы одностороннего действия имеют следующие преимущества:

- 1) меньший вес исполнительных устройств по сравнению с электрическими;
- 2) простота и экономичность, обусловленные дешевизной рабочего газа;
- 3) быстрота срабатывания;
- 4) пожаробезопасность и нейтральность рабочей среды;
- 5) в отличие от гидропривода, пневмопривод менее чувствителен к изменению температуры окружающей среды вследствие меньшей зависимости КПД от утечек рабочей среды (рабочего газа), поэтому изменение зазоров между деталями пневмооборудования и вязкости рабочей среды не оказывают серьезного влияния на рабочие параметры пневмопривода;

б) возврат привода в исходное положение осуществляется механической пружиной.

Некоторую часть оборудования предстоит выбрать.

Для увеличения точности в процессе розлива нужно реализовать, долив масла в тару до граммов, для этого необходимо выбрать подходящие частотные преобразователи для двигателей насосов. Сигналы о запуске насосов, скорости и частоте оборотов так же должны быть заведены на ПЛК [4].

1) Частотное управление приводами насосов дает целый ряд преимуществ таких, например, как:

- 2) двигатели расходуют электроэнергии до 60% меньше;
- 3) плавный пуск и торможение;
- 4) повышение общей производительности;
- 5) увеличение срок службы оборудования;
- 6) токи пуска ограничиваются номинальными значениями.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АСУТП

2.1 Технологическая схема процессов взвешивания и розлива

Технологическая схема процессов взвешивания и розлива масла приведена на рисунке 3 и в приложении А. На ее основе разработана функциональная схема представлена в приложении Б.

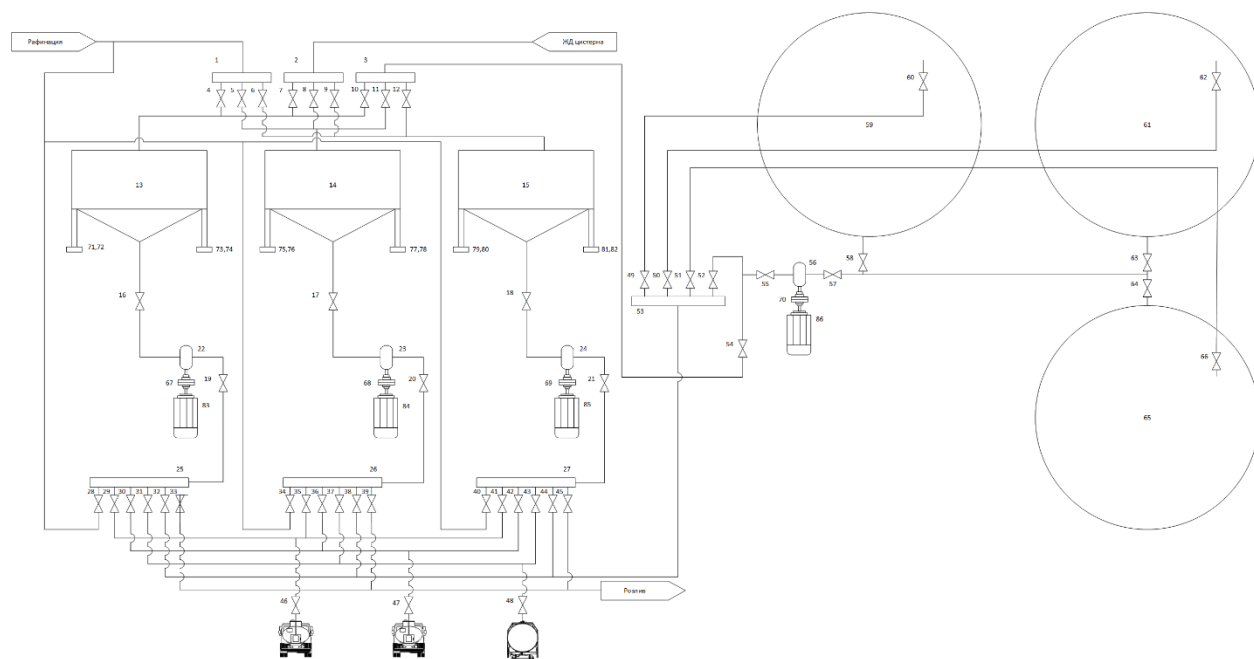


Рисунок 3 – Технологическая схема процессов взвешивания и розлива

2.2 Разработка функциональной схемы технологического процесса

На основе составленной технологической схемы производственного процесса порционного взвешивания и розлива соевого масла на ООО «МЭЗ Амурский» была разработана функциональная схема данного процесса (рисунок 4).

Предназначение функциональной схемы в разъяснении процессов внутри определенных функциональных цепей. Схема должна отражать функциональные группы их назначение, связи между ними, а также последовательность протекающих процессов. Для этого используются специальные графические обозна-

чения, регламентированные в ГОСТ 21.404-85 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах». [12]

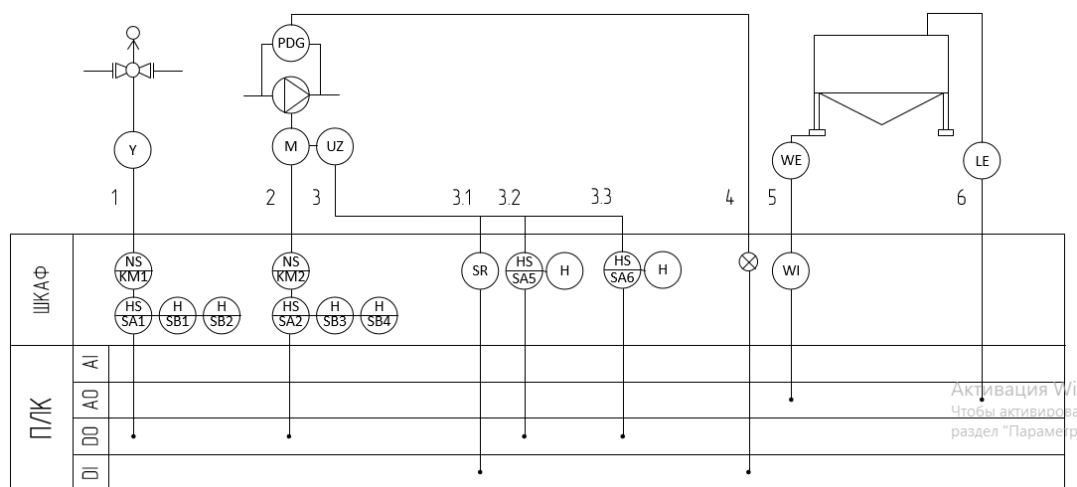


Рисунок 4 – Функциональная схема технологического процесса

На рисунке 5 ниже представлен кран с пневматическим приводом одностороннего действия, это отражает графическое изображение – стрелка, направленная от круга, обозначает то, что при подаче сигнала, рабочий орган открывается, а при снятии сигнала сам закрывается (нормально закрытый). Буквенное обозначение «Y» несет информацию о том, что данный прибор несет в себе функцию преобразования сигнала, в нашем случае электрического сигнала посредством пневматики в механический [13].

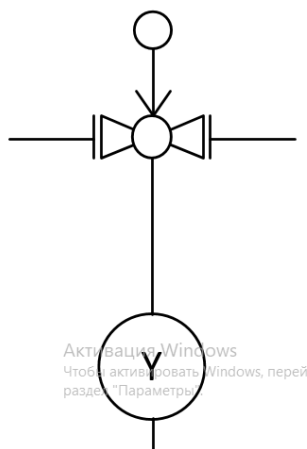


Рисунок 5 – Кран с пневматическим приводом одностороннего действия

Буквенные обозначения, изображенные на рисунке 6, нужно описывать группой.

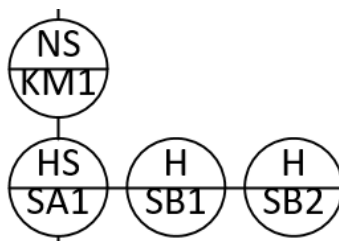


Рисунок 6 – Силовой части управления электро-пневмо приводом крана

Обозначение «HS» – это переключатель электрических цепей измерения (управления), установленный на щите вместе с «SA» они формируют ключ управления переключением режимов ручной/автоматический [14].

Обозначение «H» – это аппаратура, для ручного дистанционного управления установленная на щите. Предназначена такая аппаратура, главным образом, для включения/выключения двигателя, открытия\закрытия запорного органа, изменения задания регулятору.

Обозначение «NS» – это пусковая аппаратура для управления электродвигателем. Осуществляет управление контакторами, магнитными пускателями и т. п.

Буквами «KM» обозначаются контакты магнитного пускателя.

Обозначение «SA» – это контакты переключателя режимов ручной/автоматический

Обозначение «SB» – это кнопочные переключатели.

На рисунке 7 ниже представлен следующий элемент функциональной схемы – однонаправленный насос с асинхронным электрическим двигателем, оснащенный частотным преобразователем [14].

Буквенное позиционное обозначение электроаппаратуры «M» представляет на функциональной схеме рабочий механизм - электродвигатель.

Буквенное обозначение «UZ» представляет собой отображение наличия прибора, измеряющего скорость электродвигателя.

Буквами «PDG» обозначается прибор для измерения перепада давления.

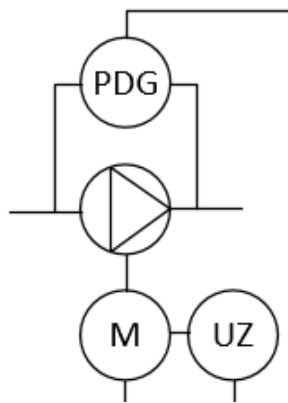


Рисунок 7 – Электрический насос с частотным преобразователем

На рисунке 8 ниже приведена, аналогичная силовой части клапана, силовая развязка электродвигателя насоса [13].

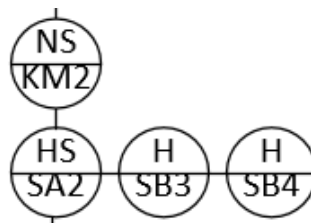


Рисунок 8 – Силовая развязка управления электродвигателя

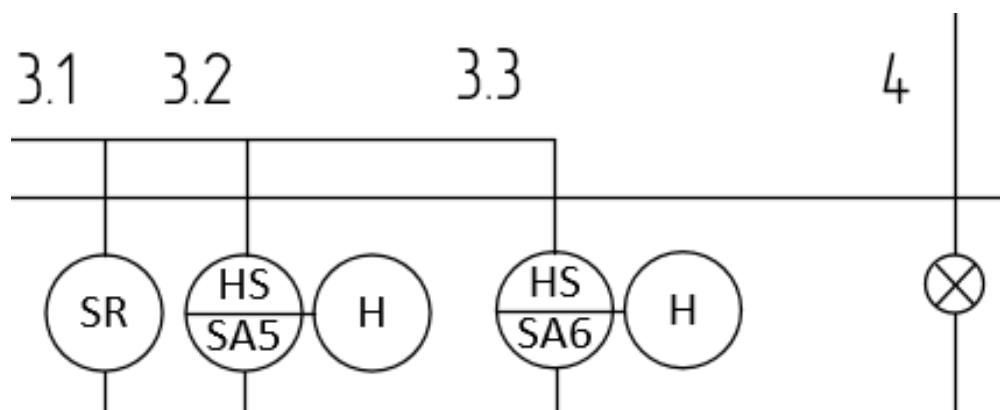


Рисунок 9 – Система датчиков и приборов управления электродвигателем насоса и частотным преобразователем

Буквенным обозначением «SR» принято показывать на функциональных схемах автоматизации устройства, предназначенные для регистрации измерения сигнала частоты вращения привода и регистрации показаний (рисунок 9)

Аналогично, обозначение «HS» – это переключатель электрических цепей измерения (управления), установленный на щите вместе с «SA» они формируют ключ управления переключением режимов ручной/автоматический

Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, обозначается на схемах буквой «Н» [14].

Графическое обозначение лампочки представлена на рисунке 9 под номером 4. В данном случае лампочка нужна для контроля за включением двигателя насоса, посредством измерения разницы давления до и после насоса.

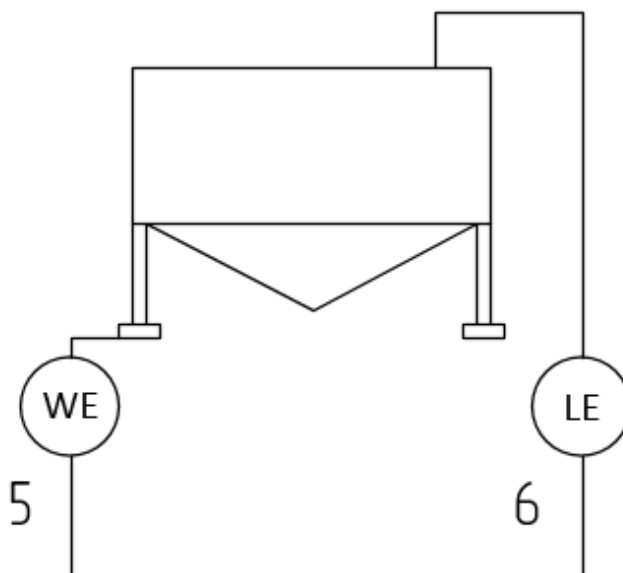


Рисунок 10 – Графическое изображение емкости весов/склада с буквенным обозначением тензодатчика/уровнемера

На рисунке 10 выше, буквами «WE» обозначается тензодатчик. Буквы отображают преобразования значения массы в электрический унифицированный сигнал.

Уровнемер на схеме обозначается как «LE» - кодируется как преобразование уровня в электрический унифицированный сигнал.

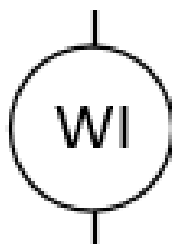


Рисунок 11 – Обозначение тензодатчика в шкафу

На рисунке 11 выше представлено буквенное обозначение прибора, получающего сигнал с тензодатчика, данный прибор установлен в шкафу управления. Буквы «WI» читаются как показания веса (весового датчика).

Так же для удобства работы с функциональной схемой разработана несложная система кодировки элементов на схеме – рисунок 12 ниже.

22,23,24,56	904,905,906,924	Насосы
13,14,15	901,902,903	Бункеры весов
59,61,65	927,928,929	Бункеры склада
71,72,73,74	901.т-1,901.т-2, 901.т-3,901.т-4	Тензодатчики весов 901
75,76,77,78	902.т-1,902.т-2, 902.т-3,902.т-4	Тензодатчики весов 902
79,80,81,82	903.т-1,903.т-2, 903.т-3,903.т-4	Тензодатчики весов 903
67	904.с-1	Частотный преобразователь насоса 904
68	905.с-1	Частотный преобразователь насоса 905
69	906.с-1	Частотный преобразователь насоса 906
70	924.с-1	Частотный преобразователь насоса 924
59,61,65	927,928,929	Бункеры
4,5,6	910.з-1,910.з-2, 910.з-3	Клапаны гребенки 910
7,8,9	941.з-1, 941.з-2,941.з-3	Клапаны гребенки 941
10,11,12	911.з-1, 911.з-2, 911.з-3	Клапаны гребенки 911

Рисунок 12- Часть таблицы кодировки элементов на функциональной схеме

2.3 Выбор исполнительных механизмов

2.3.1 Выбор насосов

В качестве насоса для перекачивания масла выбран насос ОМШ- Г - 40/50 К5 – 22/4. Это горизонтальный шестерённый насос, объемного типа, предназначенный для перекачивания масла и других жидкостей, обладающих смазывающей способностью по отношению к проточной части насоса и не имеющих механических примесей [15].

Напряжение питания 380 В, номинальной подачей –40 м.куб/ч, напор при номинальной подаче составляет 50 м, номинальная мощность двигателя составляет 22 кВт (рисунок 13).



Рисунок 13 – ОМШ- Г - 40/50 К5 – 22/4

Перед началом работы насоса необходимо открыть клапаны, находящиеся до и после него [7].

2.2.2 Выбор клапанов

В данном случае выбраны межфланцевые краны из нержавеющей стали AISI316 серии V1FWH.

Данная модель обладает достаточной стойкостью к агрессивным средам и длительным ресурсом работы. Частое применение краны из нержавеющей стали находят в пищевой, химической, нефтяной, фармацевтической отраслях.

Диаметр условного прохода (DN) составляет 65 мм, рабочее давление 40 Бар [1].

Шар исполнен из нержавеющей стали с уплотнением PTFE, комплектуется пневматическим или электрическим приводом. Уплотнение шара – фторопласт (PTFE). Герметичность по EN 12266 (отсутствие протечек). Площадка для присоединения привода управления выполнена по стандарту ISO 5211 (рисунок 13).



Рисунок 13 – Шаровый кран серии V1FWH

2.4 Выбор измерительных преобразователей и датчиков

2.4.1 Выбор датчика давления

Датчик дифференциального давления модель DPT-10 с выходными сигналами 4...20 мА, HART PROFIBUS PA, искробезопасное исполнение.

Универсальность применений DPT-10 соответствует требованиям, предъявляемым в различных областях промышленности, таким, как измерение расхода по перепаду давления, измерение уровня или контроль фильтров и насосов. С использованием разделителей сред DPT-10 также можно применять в сложных условиях измеряемого процесса. Благодаря диапазонам от 0 ... 10 мбар до 0 ... 40 бар при допустимом статическом давлении до 420 бар, прибор может использоваться практически в любой области промышленности. Внутренняя цифровая обработка сигнала в сочетании с испытанными высококачественными сенсорами гарантирует высокую точность измерений и долговременную стабильность (рисунок 14) [4].



Рисунок 14 – DPT - 10

2.4.2 Выбор тензодатчика

В качестве датчика веса был выбран тензодатчик Швейцарской фирмы METTLER TOLEDO SLC611D выполненный из нержавеющей стали, имеющий герметичную оболочку. Он прекрасно подходит для целей взвешивания цистерн, баков, бункеров и контейнеров.

Принцип действия датчиков основан на преобразовании воздействующего на него усилия в деформацию сжатия упругого элемента и преобразовании этой деформации с помощью тензорезисторов в аналоговый или цифровой электрический сигнал, пропорциональный этому усилию [6].

Датчики состоят из упругого элемента, выполненного в форме цилиндра, тензорезисторов, соединенных по мостовой схеме, присоединительных элементов и устройств термокомпенсации и нормирования. Место наклейки тензорезисторов и расположения элементов термокомпенсации и нормирования загерметизированы (рисунок 15).

Класс защиты IP68, грузоподъемность от 7,5 до 22,5 тонн [6].



Рисунок 15 – Тензодатчик METTLER TOLEDO SLC611

2.4.3 Выбор блока концевых датчиков

Для регистрации состояния открыто/закрыто необходимо выбрать блок концевых датчиков (рисунок 16).

Подходящим оказался блок фирмы CAMOZZI, модель SBA – 200M2. Включает два 3-х поворотных механических датчика по 5 А, 250 V, AC.

Характеристики блока приведены в таблице 1 ниже:

Таблица 1 – Характеристики блока концевых датчиков

Наименование	Характеристика
Корпус	Алюминиевый
Покрытие	Полимерное порошковое
Защищенность	IP67
Крепление	Нержавеющая сталь
Шток	Нержавеющая сталь (стандарт Namur)
Кабельный ввод	M20x1,5
Температурный диапазон	-25 °C ... +85 °C
Датчики	Механические индуктивные, AS-interface.



Рисунок 16 – Блок концевых датчиков Camozzi SBA – 200M2

2.4.4 Выбор весового терминала

Весовой терминал IND780 обладает способностью контролировать работу до четырех весов с независимыми настройками, расширенная база данных для хранения массы тары и целевых значений веса, а также тысячи записей о взвешивании, которые затем можно экспортировать в приложения более высокого уровня.

Интерфейс терминала представляет собой цветной дисплей QVGA с экранными клавишами, стандартный интерфейс для внешних устройств ввода данных и считывания штрихкодов.

Доступны Ethernet, TCP/IP, USB, последовательный порт и до 40 входов и 56 выходов, использующих как внешний, так и внутренний ввод-вывод.

Электропитание терминалов осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В или постоянного тока напряжением 24 В. Это дает возможность интеграции в различные промышленные сети [2].

Прочный корпус из нержавеющей стали с классом защиты IP69K для работы в любых условиях промышленного производства (рисунок 17).



Рисунок 17 – Весовой терминал Mettler Toledo IND780

2.4.5 Выбор уровнемера

Для целей измерения уровня масла в емкостях склада был выбран бесконтактный радиоволновой уровнемер УЛМ - 11. Данные уровнемеры имеют оптимальные и достаточно надежные измерения уровня различных сред (рисунок 18).



Рисунок 18 – Уровнемер УЛМ - 11

Принцип работы следующий: микроволновый генератор формирует линейный частотно-модулированный радиосигнал, данный сигнал направляется от крышки резервуара в сторону дна, отражается от него и возвращается обратно к антенне.

Датчик калибруется следующим образом: измеряется нулевой уровень емкости (частота сигнала) и запоминается. Далее при изменении данного значения частоты и его нового значения частоты формируется настоящее значение уровня. После чего все пересчитывается в значение уровня (рисунок 19).

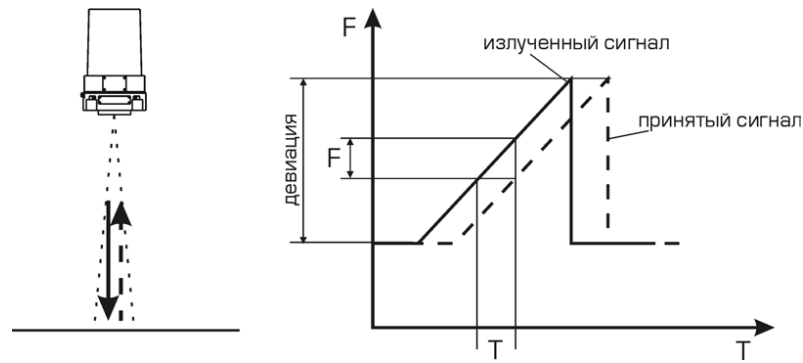


Рисунок 19 – Принцип действия радарного уровнемера

Характеристики уровнемера:

- Рабочая частота – 94 ГГц. УЛМ – 11. Обладает уникальной чувствительностью - 0,05мм;
- Ширина измерительного луча – 4°;
- Возможность экстремального сужения измерительного луча - до 1,3°;
- Рабочая температура от -60 °С, при использовании дополнительных обогревающих чехлов;
- Напряжение питания составляет 24 В при постоянном токе и 220 В при переменном (50 Гц);
- Исполнение – взрывозащищенное (1ExdIIВТ6);
- Цифровой интерфейс – RS – 4854 Modbus;
- Аналоговый вход – 4 – 20 мА.

Уровнемер УЛМ – 11 внесен в Государственный Реестр Средств Измерения – регистрационный номер – 16861 – 08.

2.5 Выбор управляющей аппаратуры

2.5.1 Выбор частотного преобразователя

В цехе розлива в работе насосов предусмотрены трехфазные асинхронные общепромышленные двигатели 5АМХ 180 S4Y3. Мощность двигателя 22 кВт, частота вращения 1500 об/мин (фактическая 1465 об/мин), напряжение 380/660 В (рисунок 20).

Далее в таблице 2 приведена расшифровка маркировки.

Таблица 2 – Маркировка двигателя

Обозначение	Расшифровка
5AMX	Асинхронный электродвигатель, унифицированной серии «Интерэлектро»
180	Габарит двигателя (расстояние от оси вращения до плоскости крепления в мм)
S	Уставочный размер по длине станины
4	Число полюсов отвечает за количество оборотов ротора до 1500 об/мин
Y2	Климатическое исполнение 2 – категория размещения по ГОСТ 15150 - 69
IM xxxx	Обозначение монтажного крепления
IP 55	Степень защиты от попадания пыли и водяных брызг

Разрабатываются и производятся данные двигатели на ОАО «ВЭМЗ».

Имеют стандартный класс энергоэффективности ie1 по IEC 60034 – 30.

Для данного двигателя был подобран частотный преобразователь 0100-3L-0046-FLOW+FLO4+DPAR+DLRU фирмы VACON.

Преобразователи частоты представляют собой компактные комплексы, в которых все необходимые компоненты интегрированы в единый привод.

Имеют соответствующее стандартам покрытие, фланцевое крепление, встроенные дроссели постоянного тока и фильтры ЭМС. Для монтажа данных

частотных преобразователей требуется меньше места, что сокращает расходы. Обладают повышенной надежностью в сложных условиях.

Расшифровка маркировки приведена в таблице 3 ниже:

Таблица 3 – Маркировка частотного преобразователя

Обозначение	Расшифровка
Vacon 0100	Номенклатура изделия
3L	3-х фазный вход
0046	Допустимая нагрузка (Непрерывный ток при 40 °С)
FLOW	Тип преобразователя частоты (интеллектуальное управление тех. процессами)
FLO4	Языковой пакет
DPAR	Полное руководство
DLRU	Русскоязычная версия

Технические характеристики частотного преобразователя сведены в таблице 4, представленной ниже.

Таблица 4 – Технические характеристики частотного преобразователя

Характеристика	Значение	
1	2	3
Подкл. к сети	Вход. напр.	380 В
	Вход. частота	50-60 Гц
	Выход. напр.	0

1	2	3
Подключение двигателя	Выход. частота	0-320 Гц
Цепь управления	Вх/вых	2 аналог. входа, 6 цифр. вх., 1 аналог. вых., 10 В опорн, 24 В вх, 2 х 24 В вых., 3 рел. выхода или 2 рел. выхода + вход термистора
	Ethernet	Modbus TCP/IP, BACnet IP, PROFINET, EtherNet/IP
	RS - 485	Modbus RTU, Metasys N2, BACnet MSTP
Условия окружающей среды	Рабочая темп. окр. воздуха	-10 °С...50 °С, снижение хар-к 1,5 %/1 °С при темп. выше 40 °С.
	Степень защиты корпуса	IP21/UL Type 1
ЭМС	Помехоустойчивость	IEC 61800-3
	Излучение помех	IEC 61800-3, Категория C2



Рисунок 20 – Частотный преобразователь VACON 0100-3L-0046-
FLOW+DPAR+DLRU

2.5.2 Выбор пневматического привода

В качестве пневматического привода для осуществления смены положения рабочего органа запорной аппаратуры выбран пневмопривод ARTORQ PA33SR12, производство компании «АРХИМЕД». Технические характеристики приведены в таблице 5 ниже.

Принцип работы пневмопривода одностороннего действия состоит в следующем: давление сжатого воздуха поступает внутрь цилиндра между двумя поршнями через отверстие для воздуха 2 и толкает поршни к концам привода, сжимая пружины с каждой стороны между поршнями и боковыми стенками. Воздух между поршнями и боковыми крышками освобождается через отверстие 4.

Зубчатые рейки поршней одновременно поворачивают выходной вал (шестерню) против часовой стрелки, происходит открытие крана. После того, как соленоидный клапан изменяет направление подачи сжатого воздуха, пружины с каждой стороны начинают разжиматься, а поршни двигаться навстречу друг к другу, воздух между поршней, освобождается через отверстие для воздуха 2, клапан закрывается. Данный принцип представлен на рисунке 21 ниже.

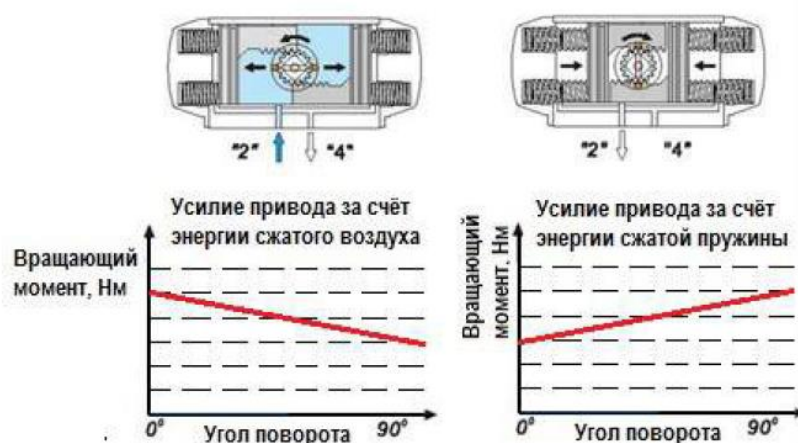


Рисунок 21 – Принцип работы пневмопривода

Таблица 5 – Технические характеристики пневмопривода

Общая характеристика	Описание	Опция
Тип привода	С пружинным возвратом SR (NC)	С пружинным возвратом
Механизм	Зубчато-реечный	Нерж/сталь
Материал корпуса	Экструдированный алюминий	Нерж/сталь
Материал вала	Никелированная сталь	Нерж/сталь
Температура окр. ср.	Стандарт от -20 °C ... 80 °C /NBR	
Среда управления	Подготовленный сжатый воздух, со смазкой или без	Инертный газ
Рабочее давление	2,5-8 бар	-
Максимальное усилие, при 6.0 бар	3200/2442 Нм, SR	10090 Нм, SR
Угол поворота	0-90° -+4°	0-120°, 0-180°, SR
Стандарт присоединения	ISO5211 F03...F25, VDI/DVE3845	Под шпонку, вал с лысками

2.2.8 Выбор распределителя

Функциональное назначение пневматических элементов, образующих направляющую и регулирующую подсистему пневмопривода, заключается в управлении энергией сжатого воздуха, поступающего от источника (компрессорной станции) к потребителю (исполнительным механизмам) – рисунок 22 ниже.

В качестве распределителя для пневмопривода был выбран золотниковый распределитель NA34N – 15 – 02.

Расшифровка модели: NA – серия NAMUR, 3 - 3/2 количество лин./поз., 4 - присоединение G1/4, 15 - управление электропневматическое с пружинным возвратом, 02 – присоединение соленоида 22 x 22.

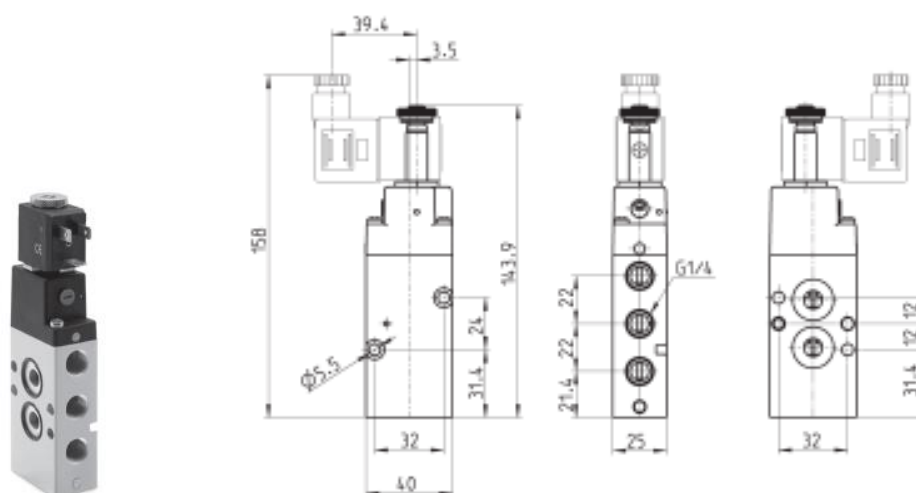


Рисунок 22 - Распределитель NA34N – 15 – 02

Также подобрана следующая модель соленоида – G7H (PA). Соединение двухконтактное с заземлением DIN 43650 (версия B). Напряжение 24 В, потребляемая мощность 3,5 Вт.

Соленоиды постоянного тока чаще всего применяются как поступательный силовой электропривод. В отличие от обычных электромагнитов они обеспечивают больший ход (рисунок 23 ниже).

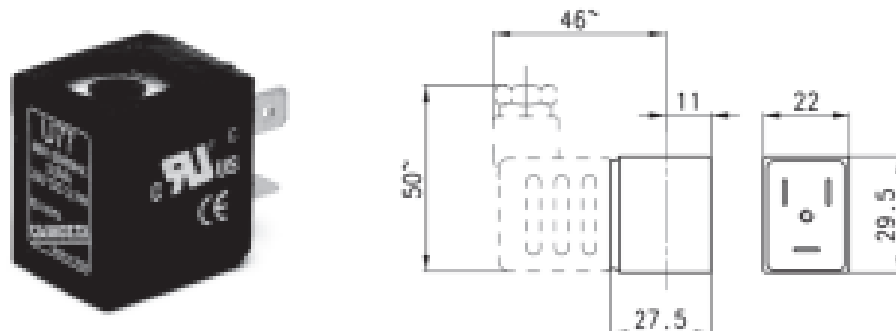


Рисунок 23 – Соленоид G7H

2.6 Выбор средств человеко-машинного интерфейса

2.6.1 Выбор органов управления и сигнализации

Для индикации работы насосов были выбраны светодиодные лампы ABB CL-502G (зеленая со встроенным светодиодом 24В AC/DC).



Рисунок 24 – Светодиодные лампы ABB CL-502G и ABB CL2-502R

Светосигнальные индикаторы предназначены для индикации состояния электрических цепей. Применяются в электроцитах, промышленном оборудовании и на объектах энергоснабжения (рисунок 24).

В качестве кнопок «Старт» используются кнопки управления ABB CP2-30G-10

Кнопки управления и переключатели предназначены для оперативного управления контакторами (магнитными пускателями) и реле автоматики в электрических цепях переменного тока частотой 50 Гц, напряжением до 660 В или постоянного тока напряжением до 400 В.

- без подсветки;
- плоские с фиксацией;
- 1Н.О.+ 1Н.З. контакты;
- цвет: зеленая, красная1;
- степень защиты: IP67
- диапазон рабочих температур: от -10°С до +40°С.

Аналогичные кнопки CP2-30R-10 красного цвета используются в качестве кнопок «Стоп» (рисунок 25).



Рисунок 25– Кнопки управления АВВ CP2-30G-10 и АВВ CP2-30R-10

Для переключения режимов работы систем (руч./ автомат.) выбран 2х позиционный переключатель C2SS1-30B-10 с фиксацией 1Н.О. контакты, с короткой ручкой, диапазон рабочих температур - от -10°С до +40°С (рисунок 26) [4].



Рисунок 26 – 2х позиционный переключатель C2SS1-30B-10

2.7 Разработка принципиальных схем соединения электрических элементов

В рамках данной работы на основе функциональной схемы и выбранного оборудования были разработаны принципиальные схемы соединения электрических элементов.

Данные схемы поэлементно представлены на рисунках - ниже, а в Приложениях В – Е приведены полные схемы. Спецификация к электрическим схемам представлена в таблице 6 и в Приложении Ж.

На рисунке 27 представлена схема подключения блока питания и устройств, на примере дифференциального преобразователя давления, к программируемому логическому контроллеру (ПЛК) [1].

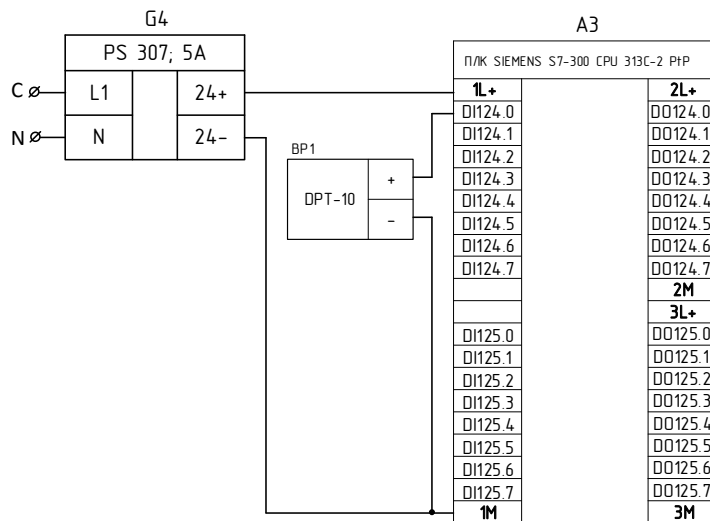


Рисунок 27 – Подключение БП и устройств к ПЛК

На рисунке 28 представлена силовая цепь подключения асинхронного двигателя с преобразователем частоты по интерфейсу RS – 485.

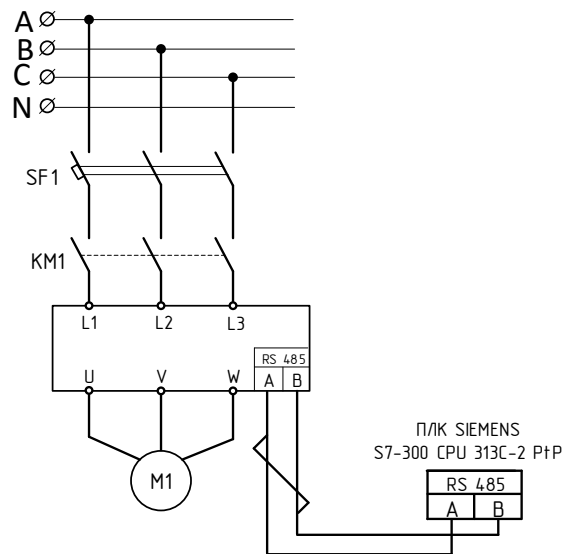


Рисунок 28 – Силовая цепь подключения асинхронного двигателя с ПЧ по интерфейсу RS485

Схема подключения кнопок и реле для всех идентична и приведена на рисунке 29 ниже.

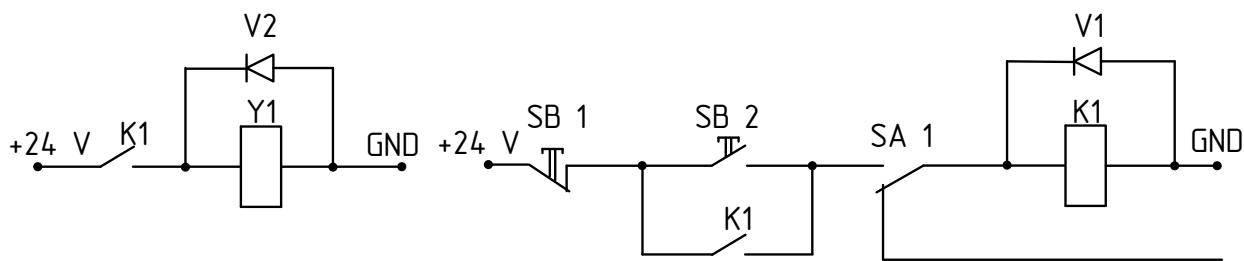


Рисунок 29– Цепь управления клапанами

Для подключения группы тензодатчиков применяют суммирующие платы ХТ1, которые позволяют не только объединить сигналы с тензодатчиков, но и произвести выравнивание угловых нагрузок за счет добавочных резисторов, включаемых в цепь сигнала датчиков. На рисунке 30 представлена 4-х проводная схема подключения.

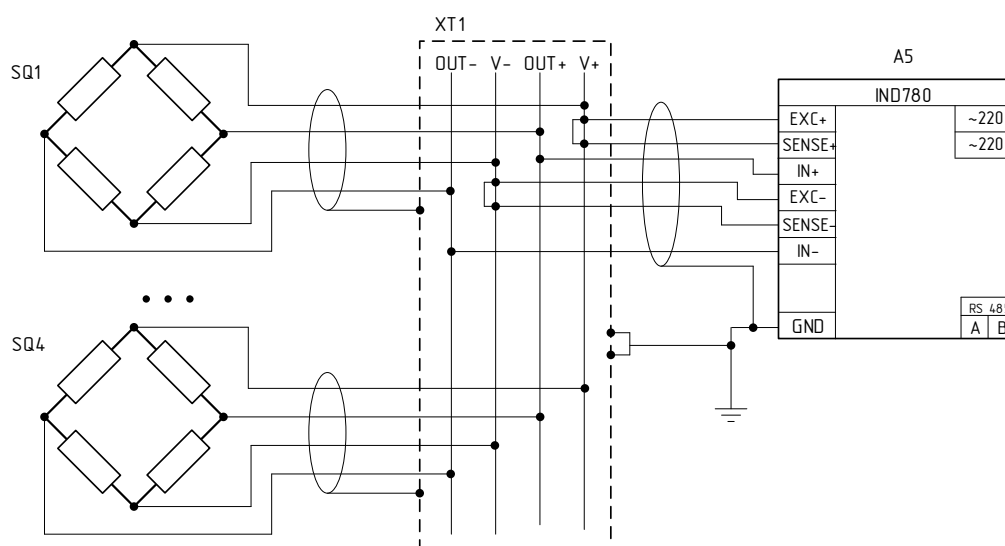


Рисунок 30 – Подключение тензодатчиков к весовому терминалу

Данная схема подключения удобна в использовании, когда нет необходимости в изменении длин кабелей тензодатчиков, а также нет надобности в температурной компенсации изменения сопротивления питающего кабеля, вследствие изменения температуры окружающей среды. Данная схема проста в монтаже, можно использовать данную схему подключения 4-х проводных тензодатчиков.

В таблице 6 ниже приведена спецификация к электрическим схемам представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Спецификация

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	2	3	4
A1	SM 322 6ES7-322-1BP00-0AA0	2	Модуль вывода дискретных сигналов, 64 выводов
A2	SM 321 6ES7-321-1BP00-0AA0	4	Модуль ввода дискретных сигналов; 64 ввода
A3	CPU 313C-2PtP	1	Центральный процессор
A4	SM 322 6ES7-322-1NH01-0AA0	1	Модуль вывода дискретных сигналов; 16 выводов
A5-A10	Весовой терминал IND780	6	
BP1- BP8	DPT-10	8	Преобразователь дифференциального давления
G1, G2	Siemens PS 307, 10 А (6ES7307-1KA00-0AA0)	2	Блок питания 10 А
G3, G4, G5	Siemens PS 307, 5 А (6ES7307-1EA00-0AA0)	3	Блок питания 5 А
HL1- HL108		108	Лампа светодиодная, зеленого цвета
K1- K100	Промежуточное реле TeSys CA4K	100	
KK1- KK8	РТЛ-2057-2-100А-(37-50А)-УХЛ4-КЭАЗ	8	Тепловое реле
KM1- KM8	ПМЛ-4100-63А-220АС-УХЛ4-Б-КЭАЗ	8	Электромагнитный пускатель
M1-M8	ВЭМЗ 5АМХ 180 S4У3 22 kW	8	Асинхронный трехфазный двигатель
SA1- SA108		108	

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
SB1, SB3, SB5... SB215		108	Кнопка «Стоп»
SB2, SB4, SB6... SB216		108	Кнопка «Старт»
SF1- SF8	Автоматический выключатель RX3 3 фазы 40А 3М (Тип С) 4,5 кА	8	
SF9	Автоматический выключатель LEGRAND DX3 6000, 3А	1	
SQ1- SQ24	METTLER TOLEDO SLC 611D	24	Тензодатчик веса на сжатие
U1-U6	VACON 0100-3L-0046- FLOW + FLO4 + DPAR + DLRU	6	Преобразователь частоты, 22кВт 46А 3х380-500В
V1- V200	Выпрямительный диод 1N5711	200	Предназначены для защиты ключей от перенапряжения при коммутациях
XT1- XT6	Суммирующая плата	6	
Y1- Y100	Соленоид серии NA модели А7	100	Соленоид распределителя с электрическим и пневматическим управлением

3 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

3.1 Разработка математической модели АСУТП в Simulink

3.1.1 Имитационная модель

На основании описанного выше технологического процесса и параметров ранее выбранного оборудования необходимо создать математическую модель системы автоматического управления процессами порционного взвешивания и розлива соевого масла.

Данный этап разработки будет производиться в одной из подсистем Matlab – Simulink.

Simulink является графической средой имитационного моделирования, осуществляемого с помощью блоков.

Визуализация в данном методе моделирования значительно упрощает процесс создания имитационных моделей, поиск допущенных ошибок, модификацию, что увеличивает скорость разработки, в сравнении с другими методами моделирования.

Библиотека блоков Simulink содержит в себе все необходимые элементы, удобно поделена на группы.

В случае если пользователь не нашел нужного блока, ему предоставляется возможность самостоятельно запрограммировать недостающие функции.

Каждый блок возможно настроить под требуемые параметры конкретной модели [15].

Так же в Matlab предусмотрен пакет OPC Toolbox, который обеспечивает соединение Matlab и Simulink, в данном случае, с CoDeSys OPC серверами.

Это позволяет подключить внешние аппаратные средства, осуществлять обмен потоками данных, реализовывать распределенные системы управления, системы для сбора данных, а также подключать программируемые логические контроллеры, работающие с нижним уровнем OPC серверов.

Данная функция будет весьма полезной при дальнейшей разработке SCADA-системы.

Говоря о технологическом процессе можно выделить несколько подсистем: подсистема «клапан», подсистема «насос с частотным приводом» и подсистема «тензодатчик/уровнемер».

3.1.2 Имитационная модель клапана

На рисунке 31 ниже представлены входы и выходы подсистемы «Клапан». Сигнал об открытии - «Open», формируется в программе для виртуального ПЛК, составленной в CoDeSys.

Сигнал, подтверждающий открытие – «Opened» и сигнал о закрытии - «Closed», читается виртуальным ПЛК.



Рисунок 31 – Входы и выходы подсистемы «Клапан»

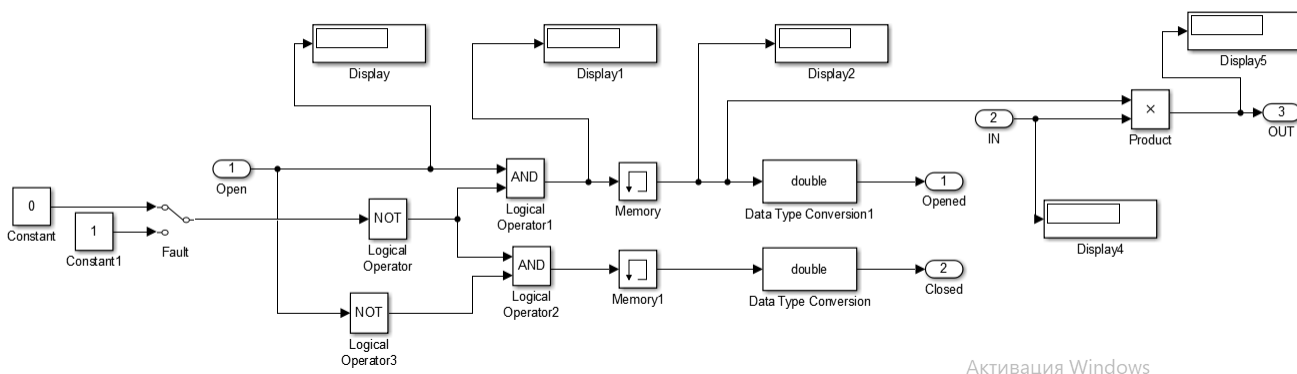


Рисунок 32 – Подсистема «Клапан»

На рисунке 32 выше представлена подсистема «Клапан».

Суть работы подсистемы заключается в следующем: с приходом сигнала от контроллера «Open» - «Открыть», в случае отсутствия сигнала «Fault» - «Неисправность», клапан открывается и контроллеру посылается сигнал «Opened» - «Открыт».

Если же вместе с сигналом об открытии приходит сигнал о неисправности (имитация поломки клапана), то попадая на логический элемент «И», сигнал «Открыт» никак не может быть сформирован по условию работы данного элемента. Если принять Open – 1, и Fault – 1, то при инверсии Fault логическим элементом «NOT», Fault – 0. Так попадая на логический элемент «AND» сигналы 0 и 1 дают в результате 0 и клапан не открывается. Возникает сигнал поломки клапана, в контроллер посылается сигнал «Closed» - «Закрыт». [1]

Так же сигнал «Closed» - «Закрыт» формируется при отсутствии единицы на входе «Open» - «Открыть», путем инвертирования нуля.

Отдельно в системе присутствует связующий элемент – поток масла, он задается в блоке «Constant» и отслеживается на протяжении работы всей имитационной модели, так или иначе взаимодействуя с подсистемами.

Исходя из требований технологического процесса, необходимо организовать клапаны в подсистемы гребенок – рисунок 33 ниже. Данная подсистема нужна для суммирования и перенаправления потоков масла в системе, она имитирует собой систему трубопроводов, развязанных на производстве аналогичным образом.

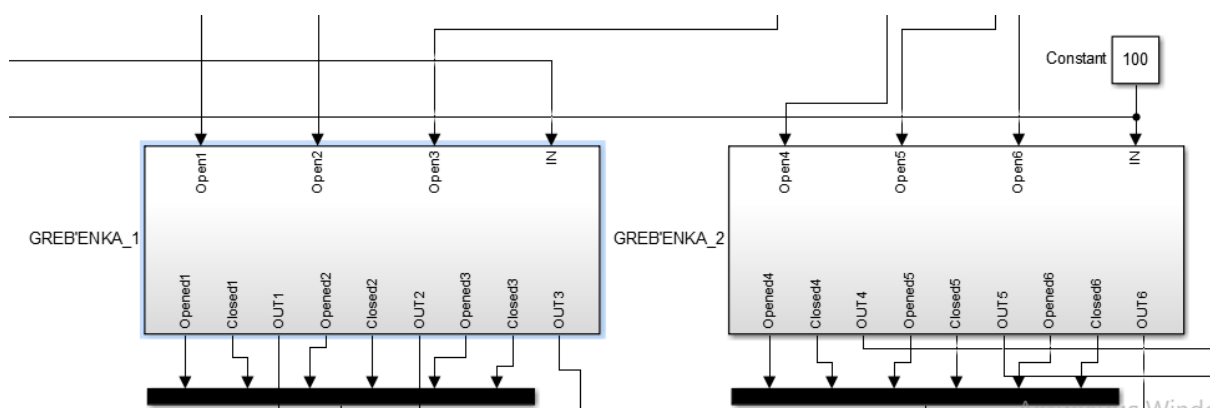


Рисунок 33 – Подсистема «Гребенка 1 и 2»

На рисунке 34 ниже представлен пример распределения потоков после гребенок с помощью элемента «Add», суммирующего или вычитающего входные данные.

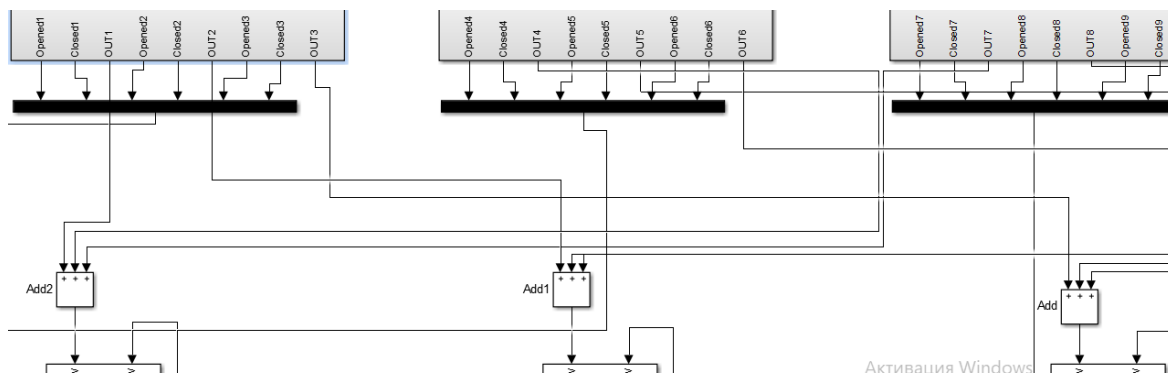


Рисунок 34 – Суммирование потоков масла в системе

3.1.3 Имитационная модель насоса с частотным преобразователем

На рисунке 35 ниже представлена подсистема «Насос», включающая в себя модель насоса с частотным приводом, отображающая все входы и выходы данных систем.

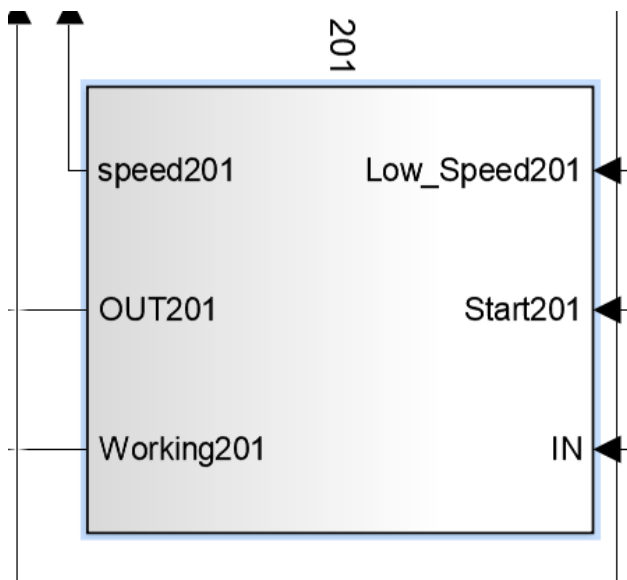


Рисунок 35 – Подсистема «Насос»

ПЛК задаются сигнал «Start» - Старт/Пуск и сигнал «Low_Speed» - переход на пониженную скорость.

Переход на пониженную скорость производится тогда, когда от заданного объема осталось перекачать 5% масла и необходимо снизить скорость для долива. Таким образом регулируется точность отгрузки вплоть до граммов.

В модели функция переключения реализована непосредственно ключом с условным переключением.

Выходной сигнал системы «Speed» - является значением скорости двигателя насоса в данный момент времени.

Вход «IN» и выход «OUT» относятся к потоку масла в системе. И содержат его значения до насоса и после него соответственно.

Так же необходимо заметить, что в данном случае, значение потока перед насосом, является величиной потока на выходе клапана стоящего ранее. Аналогично значение потока на выходе насоса, является входом клапана, стоящего после.

Работа насоса контролируется выходным сигналом «Working», который формируется исходя из наличия потока после насоса, путем сравнения данного сигнала с нулем. Подсистема представлена на рисунке 36 ниже.

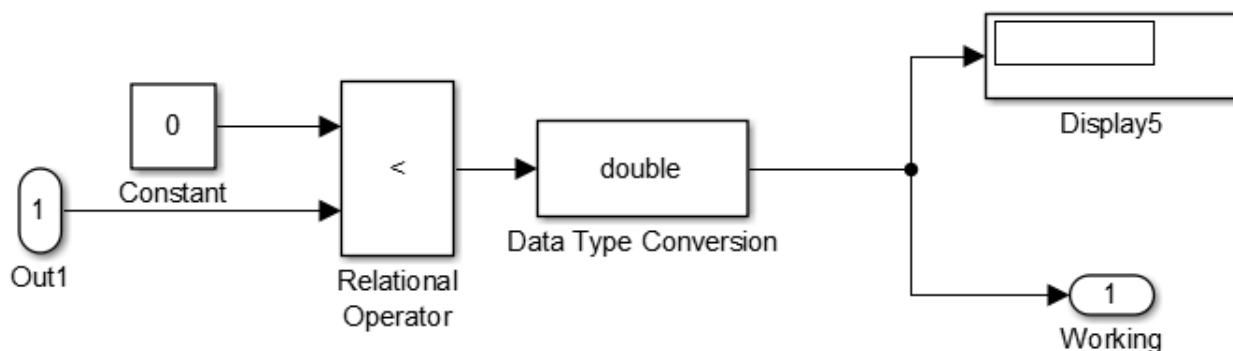


Рисунок 36 – Подсистема «Перепад давления»

На производственной линии предусмотрены насосы с частотными преобразователями, которые позволяют осуществлять плавное регулирование оборотов двигателя путем изменения частоты электрического тока, либо напряжения.

Подсистема «Частотный преобразователь» (рисунок 37) необходима для имитации данной функции частотного преобразователя – регулирование оборотов электродвигателя путем изменения частоты и амплитуды питающего напряжения. В данной подсистеме реализуется возможность плавного перехода на повышенную и пониженную скорость.

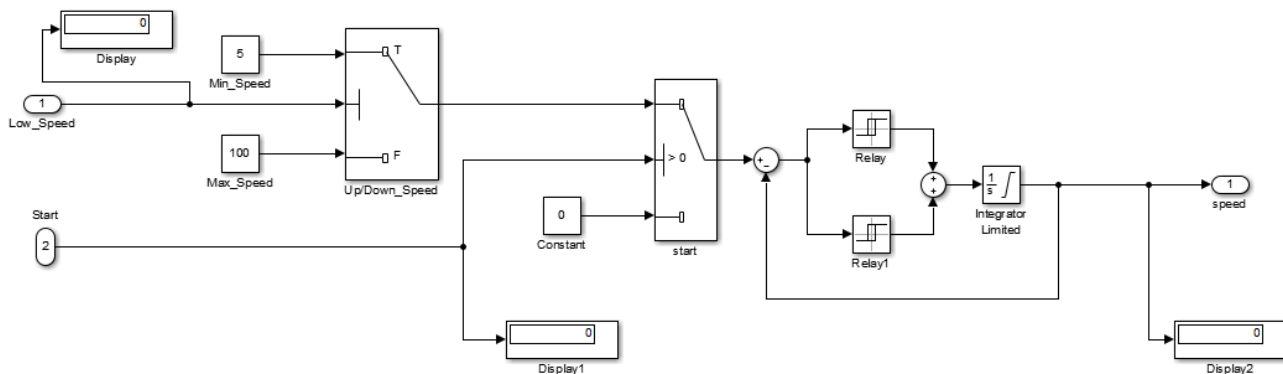


Рисунок 37 – Подсистема «Частотный преобразователь»

На рисунке 38 ниже представлена настройка релейного регулятора скорости.

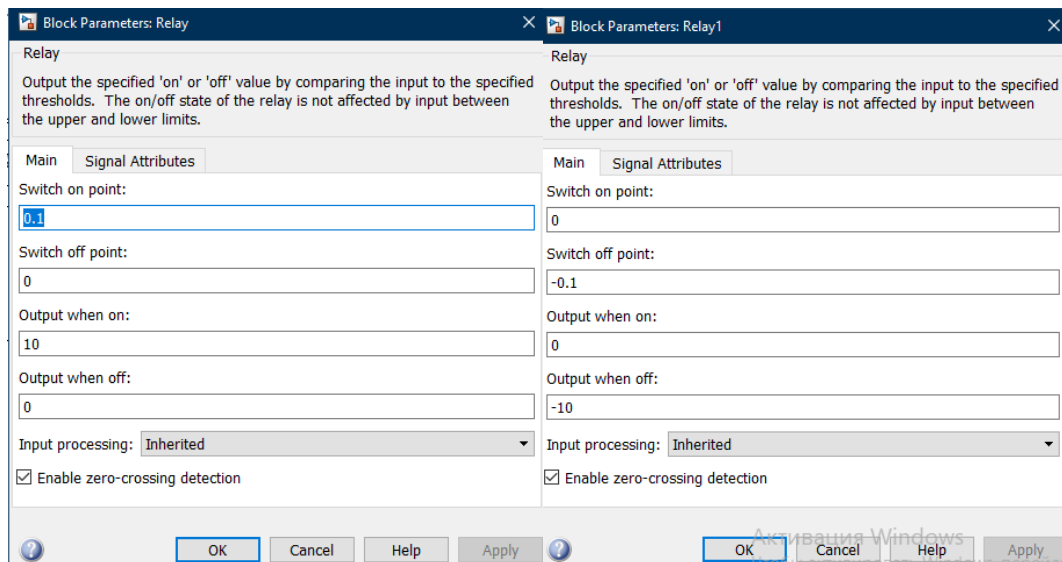


Рисунок 38 – Окно настройки реле

Представленный выше релейный регулятор необходим для осуществления функции перехода на пониженную и повышенную скорости. Он позволяет про-

ходить сигналу по двум путям в зависимости от установленных пределов включения и отключения реле, в данном случае, это 10 для повышенной скорости и -10 для пониженной.

Внутри все части подсистемы «Насос с частотным преобразователем» взаимодействуют следующим образом – рисунок 39.

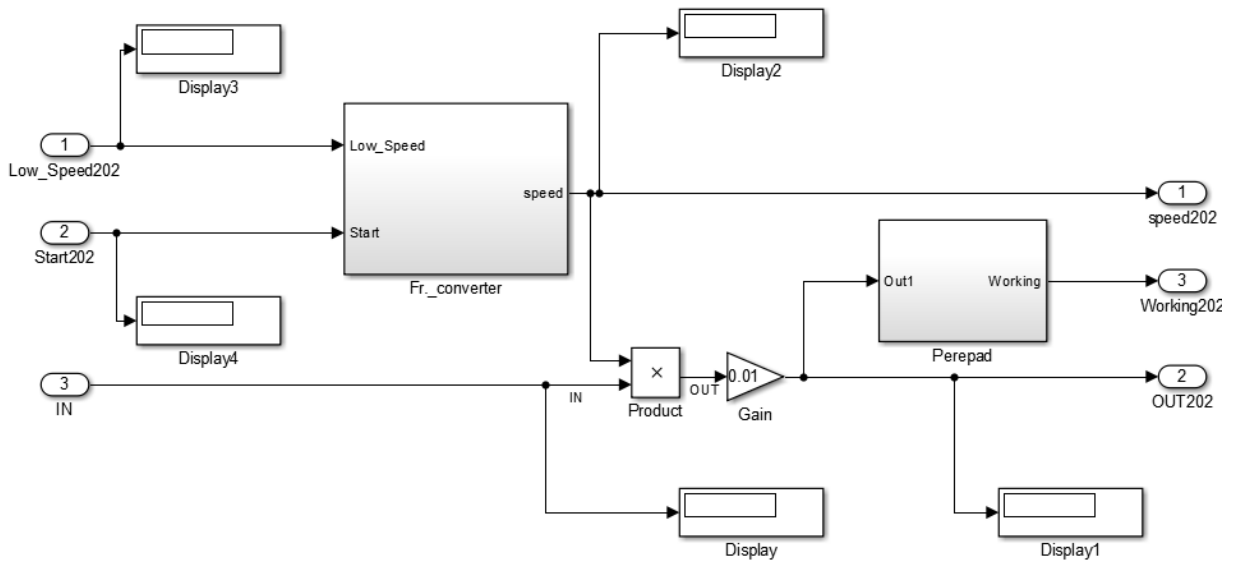


Рисунок 39 – Имитационная модель подсистемы «Насос с частотным преобразователем»

3.1.4 Имитационная модель тензодатчика и датчика уровня

На рисунке 40 ниже представлены входы и выходы подсистемы «Тензодатчик/Уровнемер».

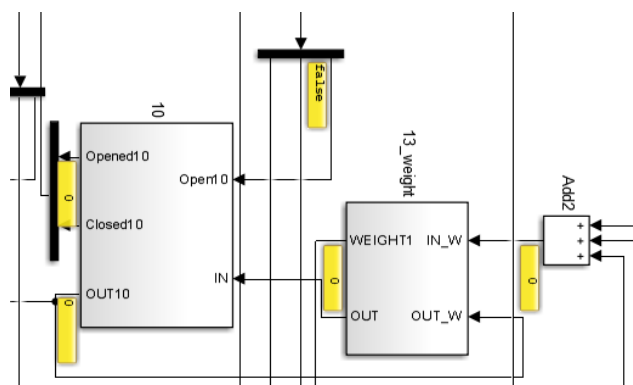


Рисунок 40 – Входы и выходы подсистемы «Тензодатчик/Уровнемер»

Входом «IN» тензодатчика является выход клапана, стоящего ранее в модели, входом «OUT» является выход клапана, стоящего после в модели. Выход подсистемы «Weight»/ «Level» есть значение веса/уровня масла. Все эти входы и выходы характеризуют значение потока в конкретной части имитационной модели автоматической системы управления.

Имитационная модель «Тензодатчик/Уровнемер» представлена на рисунке 41 ниже. Принцип действия основан на разности заданного и перекачанного объема/веса.

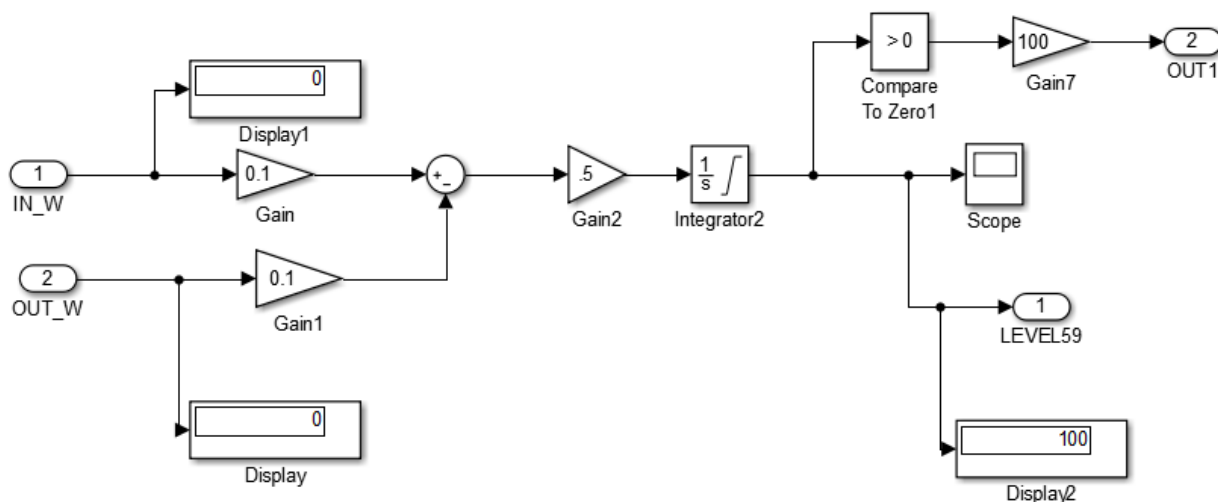


Рисунок 41 – Имитационная модель подсистемы «Тензодатчик/Уровнемер»

Данная подсистема представляет собой имитацию наполнения бака в двух случаях использования сигнал на выходе которой, интерпретируется либо как сигнал с тензодатчиков, установленных на «ногах» весовых емкостей – вес, либо как сигнал с уровнемеров, установленных в складских емкостях.

3.1.5 Основные имитационные группы

Имитационная модель полностью повторяет структуру схемы технологического процесса, поэтому все блоки можно логически связать между собой и разбить на подгруппы, отдельно имитирующие целый процесс.

Одной из основных имитационных подгрупп является типовая группа элементов «Клапан – Насос – Клапан». С помощью этих элементов моделируются насосы и обязательные клапаны до и после них (рисунок 42).

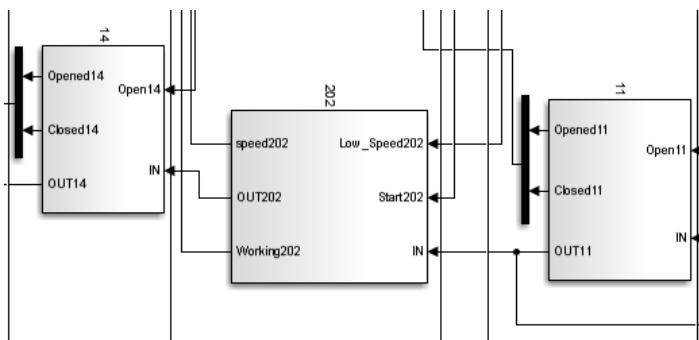


Рисунок 42 – Подгруппа «Клапан – Насос – Клапан»

Клапаны, собранные в гребенки, сгруппированные между собой являются моделью распределительной системы трубопроводов, с помощью которой масло расходится по приемникам (рисунок 43).

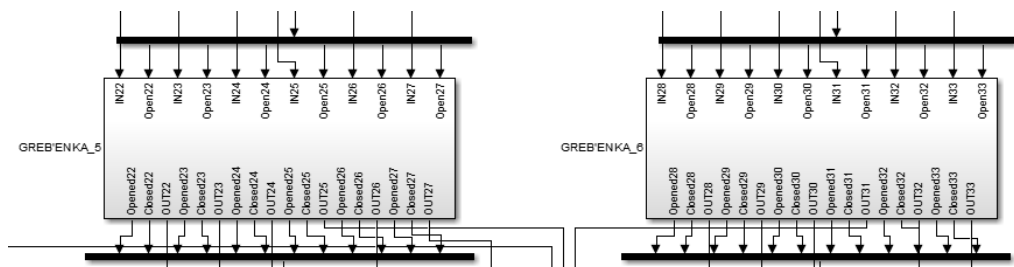


Рисунок 43 – Подгруппа «Гребенки»

Последняя логическая подгруппа — это модель «Тензодатчик/уровнемер», она была подробно описана выше (рисунок 44).

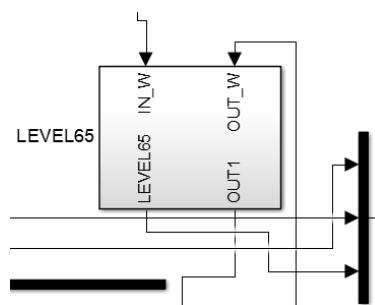


Рисунок 44 – Подгруппа «Тензодатчик/Уровнемер»

3.2 Разработка SCADA системы

SCADA – система – это программный пакет, создаваемый с целью сбора информации о работе системы в реальном времени, ее дальнейшего архивирования, а также отображения процессов, происходящих во время работы посредством графического интерфейса.

SCADA является частью АСУТП порционного взвешивания и розлива соевого масла, с целью обеспечения операторского контроля. В данном случае SCADA комплектуется ПО для ПЛК разработанным в другой части бакалаврской работы в программе CoDeSys. Из – за наличия дополнительного ПО SCADA система теперь является интегрированной SCADA SoftLogic [1].

SCADA решает следующие задачи:

- 1) Задача обмена данными с устройствами связи с объектом мониторинга (ПЛК, УВВ);
- 2) Мониторинг, обработка и отображение информации в реальном времени;
- 3) Задачу логического управления;
- 4) Задачу удобного для человека операторского контроля;
- 5) Задачу архивирования информации и технологических данных;
- 6) Задачу сигнализации об авариях и ошибках системы;
- 7) Задачу связи с внешними приложениями.

В нашем случае математическая модель системы, созданная в Matlab Simulink, связывается по OPC с графическим интерфейсом (экраном оператора) и написанным ПО.

OPC – это интерфейс предназначенный для управления технологическими процессами и объектами автоматизации на уровне АСУТП.

Разделяют OPC –сервер и OPC – клиента. Сервер собирает данные и отправляет их клиенту на более высоком уровне.

Со стороны CoDeSys соединение настраивается по следующей схеме.

Запустить виртуальный ПЛК, который идет вместе с программным пакетом CoDeSys – CoDeSys SP PLCWinNT [15].

Открыть готовый проект в CoDeSys и загрузить его в контроллер, нажав кнопку компилировать, а затем старт (рисунок 49).

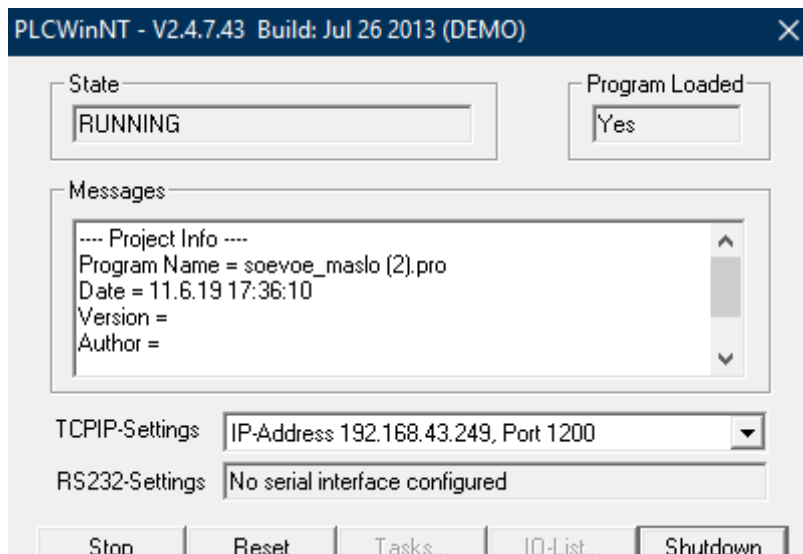


Рисунок 49 – Запущенный CoDeSys SP PLCWinNT

Затем в меню CoDeSys нужно выбрать пункт «Проект», затем «Экспорт», в появившемся окне выбрать все, что необходимо передать (рисунок 50).

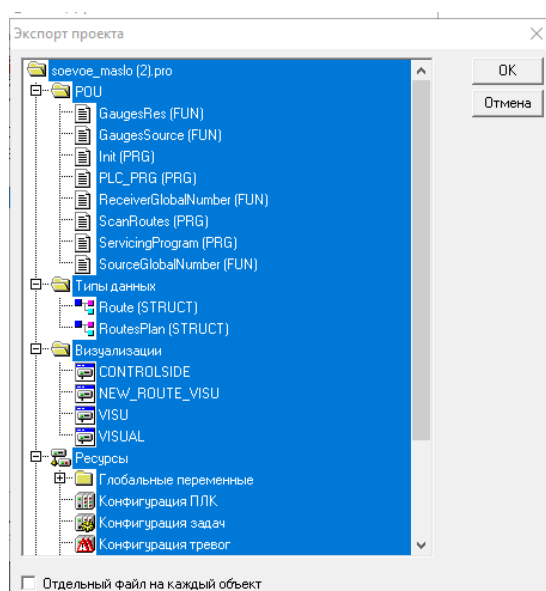


Рисунок 50 – Экспорт проекта

Затем, открыть пункт меню «Проект», там выбираем «Опции», графу «Символьная конфигурация». В данной графе необходимо поставить обе требуемые галочки напротив пунктов «Создавать символьные описания» и «Создавать XML файл». После чего нужно нажать на кнопку «Настроить символьный файл» и в появившемся окне нужно установить галочку в пункте «Экспортировать переменные проекта» (рисунок 51).

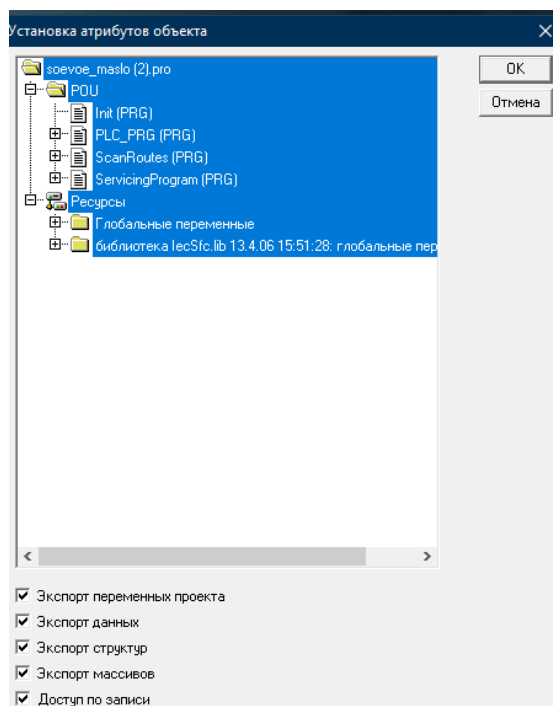


Рисунок 51 – Окно «Установка атрибутов объекта»

Со стороны Matlab связь по OPC создается следующим образом.

В командном окне необходимо ввести строку «орcstool», открывается следующее окно – рисунок - 52.

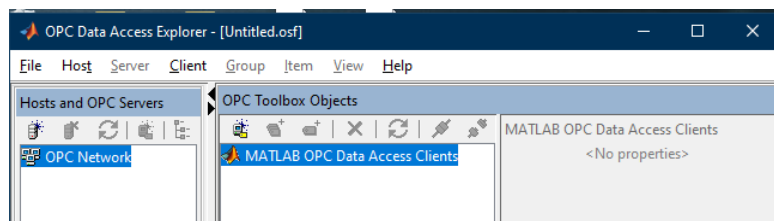


Рисунок 52 – окно OPC Data Access Explorer

В открывшемся окне нужно в рабочей зоне «Hosts and OPC Servers» правой кнопкой мыши нажать на «OPC Network».

Выбрать «Add hosts», далее «Localhost». В данном случае нам необходимо выбрать «CoDeSys.OPC.02» (рисунок 53). Нажатием правой кнопки мыши создаем клиента.

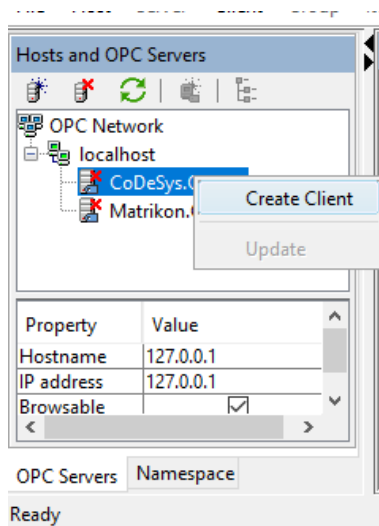


Рисунок 53 – Окно создания соединения с CoDeSys

В рабочей зоне «OPC Toolbox Objects» производим следующие манипуляции:

- Нажимаем правой кнопкой мыши на «localhost/CoDeSys.OPC.02», выбираем «Add Client»;
- Нажимаем «Connect»;
- Правой кнопкой мыши выбираем «localhost/CoDeSys.OPC.02», выбираем «Add group». Создаем таким образом столько групп сколько нам необходимо. Далее переименовываем их в «Read» и «Write»;
- Нажимаем правой кнопкой мыши на одну из групп и выбираем «Add Item»;
- В появившемся окне выбираем все данные, которые необходимо передать в модель в Matlab в случае, когда группа «Read» и все данные, которые необходимо получить из модели Matlab в случае, когда группа «Write» (рисунок 54 - 57);

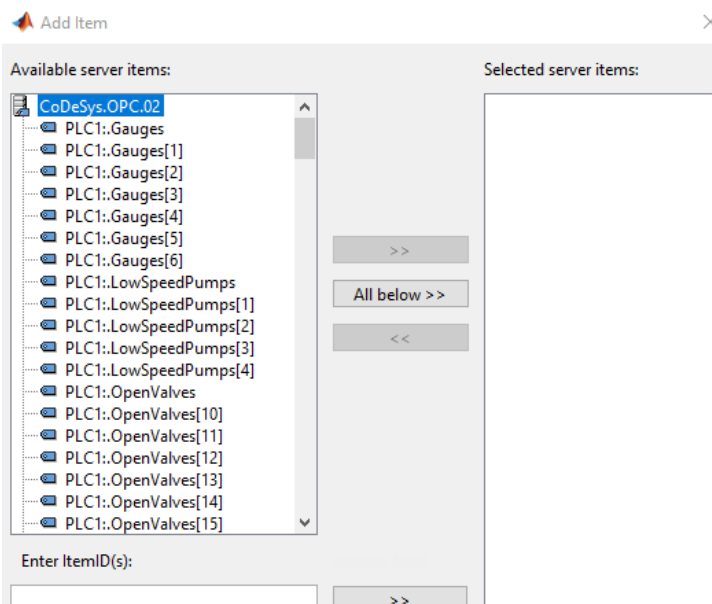


Рисунок 54 – Передача переменных из CoDeSys в Matlab

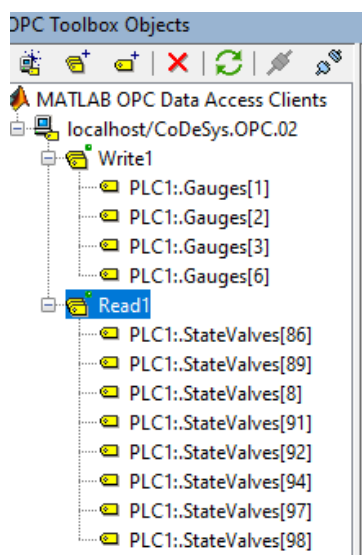


Рисунок 55 – Передача переменных из CoDeSys в Matlab

Последним этапом передачи данных является их экспорт в Matlab. Для этого нажимаем правой кнопкой мыши на «Write» или «Read», выбираем «Export to» и в соответствии с тем какую группу экспортируем выбираем между «Simulink OPC Write» и «Simulink OPC Read»;

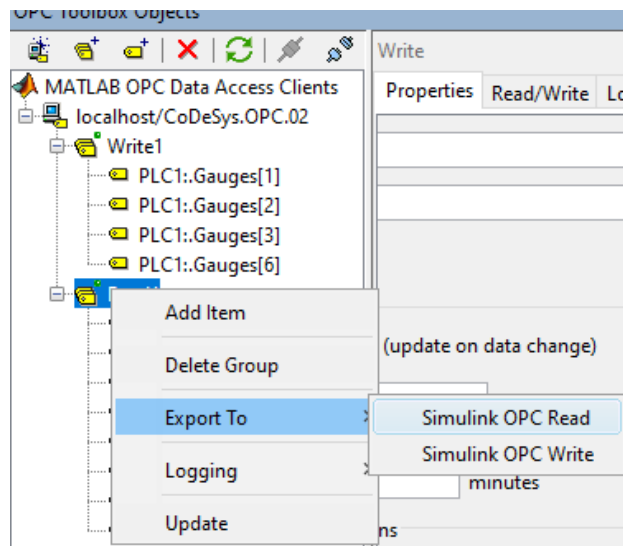


Рисунок 56 – Передача переменных из CoDeSys в Matlab

После проделанных операций возникает новое окно в программе Matlab (рисунок 57). В данном окне появляется блок OPC, к которому подключаются входы или выходы модели в зависимости от того, какие данные передавались.

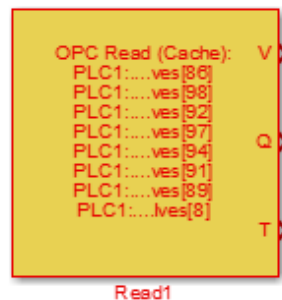


Рисунок 57 – Передача переменных из CoDeSys в Matlab

3.2.1 Разработка графического интерфейса в CoDeSys

Неотъемлемой частью панели оператора является графический интерфейс. В данной работе он разработан в программе CoDeSys и представляет собой несколько форм взаимодействия оператора с системой.

В данном случае форм взаимодействия три: «VIZU», «NEW_ROUTE_VIZU», «CONTROLISIDE» [15].

В первой (рисунок 45) располагается сводная таблица по каждому маршруту, всего их пять. Колонками таблицы являются следующие графы: «Источник» - отображает информацию о том, что в данном маршруте является источником, из которого перекачивается масло, «Контроль» - данная графа содержит информацию о том, на чьей стороне происходит контроль за количеством перекачанного масла, «Приемник» - отображает информацию о том, что в данном маршруте является приемником, в который перекачивается масло, «Вес/уровень, %» - информация о перемещаемом весе/уровне, «Состояние» - информация о состоянии маршрута на данный момент: «Ожидание», «Запуск», «Контроль», «Остановка», «Выполнен». При нажатии кнопки «Новый маршрут» происходит переход на следующую форму визуализации.

	Источник	Контроль	Приемник	Контроль	Вес/уровень, %	Состояние
1						
2						
3						
4						
5						

Рисунок 45 – Форма визуализации «VIZU»

Во второй форме визуализации «NEW_ROUTE_VIZU» (рисунок 46) выбирается источник и приемник для нового маршрута, значение перемещаемого веса/уровня в процентах. Так же на форме расположены кнопки «Создать маршрут» и «Отмена».

Источник

Рафинация	ЖД-цистерна	Емкость 13	Емкость 14
Емкость 15	Емкость 59	Емкость 61	Емкость 65

Приемник

Емкость 13	Емкость 14	Емкость 15	Автоцистерна 1	Автоцистерна 2
ЖД-цистерна	Емкость 59	Емкость 61	Емкость 65	Розлив

Перемещаемый вес (уровень) = 50.00%

Рисунок 46 – Форма визуализации «NEW_ROUTE_VIZU»

После заполнения данной формы и нажатия кнопки «Создать маршрут» происходит заполнение таблицы предыдущей формы визуализации, установление статуса маршрута.

В случае, если необходимо определить сторону контроля (датчики стоят и на стороне источника, и на стороне приемника) открывается третья форма «CONTROLISIDE» (рисунок 47). Здесь, оператор вручную определяет сторону контроля. [4]

Выберете на чьей стороне контроль?

ИСТОЧНИК	ПРИЕМНИК
----------	----------

Рисунок 47 – Форма визуализации «NEW_ROUTE_VIZU»

Помимо форм, разработан графический экран «VIZUAL» (рисунок 48). Данный экран полностью повторяет структуру технологической схемы.

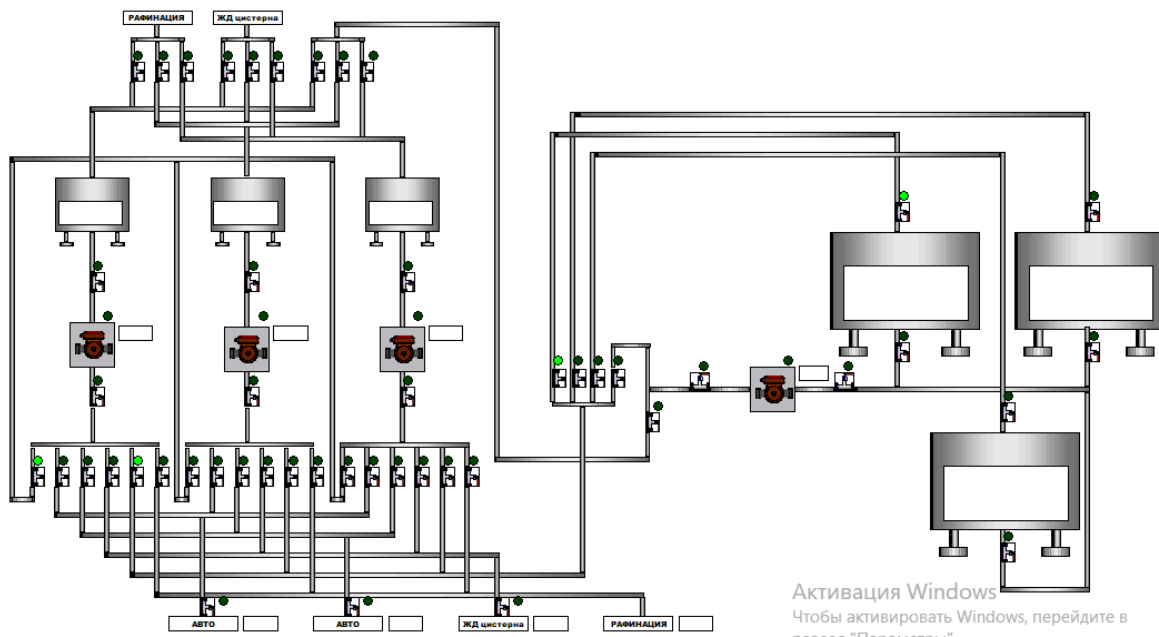


Рисунок 48 – Графический экран «VIZUAL»

Здесь предусмотрены сигнальные лампочки, с помощью которых возможно контролировать работу программы и модели, также отражены все элементы, входящие в технологический процесс: клапаны, уровнемеры/тензодатчики, насосы, гребенки.

На экране отображается следующая информация: вес в конечных точках отгрузки, значения тензодатчиков на весах, показания уровнемеров в емкостях склада, величина скорости электродвигателя насоса.

4.1 Безопасность

Для оценки эргономичности и функциональности графического интерфейса были применены стандарты ISO – ГОСТ Р ИСО/МЭК 28195 – 89 «Оценка качества программных продуктов». В соответствии с этими стандартами выполнен графический интерфейс для ПО данного технологического процесса.

Информация на экране организована в соответствии со следующими требованиями:

Информация представлена в логически связанной форме, понятна, сгруппирована в зависимости от функционального назначения;

На экране отсутствуют излишнее кодирование и сокращения;

Минимизировано присутствие на экране специальных терминов ЭВМ, непонятных пользователю.

Требования эргономики предъявляются так же в отношении временных, яркостных и пространственных характеристик зрительной информации.

Оптимальное значение перепада яркостей в поле зрения оператора не должно превышать значения составляющего 20:1 – между источником света и окружением и 40:1 – между светлыми и темными участками изображения. Контраст не превышает значения 3:1 между системой отображения информации и непосредственным окружением.

Программа реализована как простейший пользовательский интерфейс состоит из трех диалоговых окон и экрана визуализации технологического процесса (рисунок 58 - 59).

	Источник	Контроль	Приемник	Контроль	Вес/уровень, %	Состояние
1						
2						
3						
4						
5						

Новый маршрут

Рисунок 58 – Окно создания нового маршрута и контроля состояния

Источник

Рафинация	ЖД-цистерна	Емкость 13	Емкость 14
Емкость 15	Емкость 59	Емкость 61	Емкость 65

Приемник

Емкость 13	Емкость 14	Емкость 15	Автоцистерна 1	Автоцистерна 2
ЖД-цистерна	Емкость 59	Емкость 61	Емкость 65	Розлив

Перемещаемый вес (уровень) = 50.00%

Создать маршрут
Отмена

Рисунок 59 – Окно выбора параметров нового маршрута

Основная панель оператора представлена на рисунке 60 ниже.

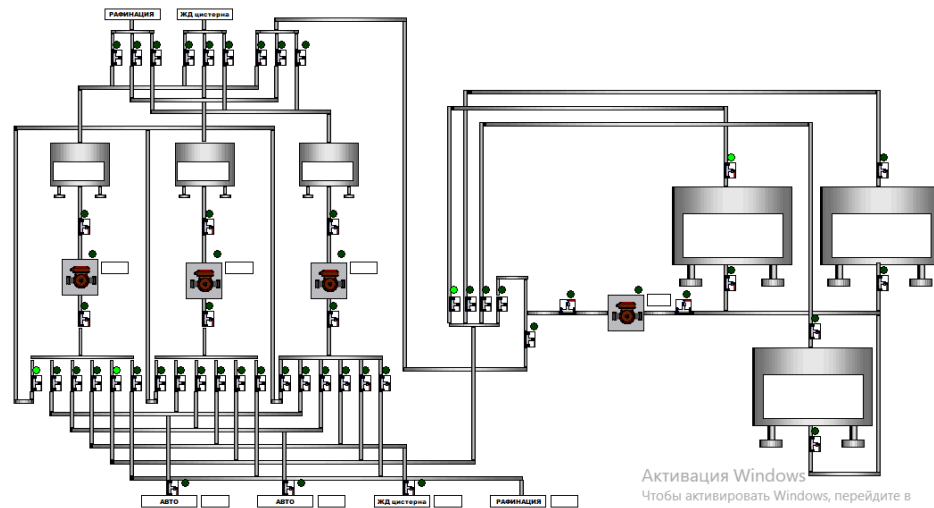


Рисунок 60 – Графический интерфейс экрана оператора

Диалоговые окна включают в себя: информационные таблицы, кнопки перехода на другое окно, вызова подпрограмм, а также, кнопки, отвечающие за выбор элементов маршрута и стороны контроля.

Кнопки стандартные, размещены упорядочено и логически сгруппированы по своему функциональному назначению, каждая имеет поясняющую надпись.

Для улучшения читаемости и избавления от перегрузки, цвета визуализации сделаны контрастными по отношению друг к другу. Преимущественно цвет фона визуализации - белый, элементы схемы - черные, серые или оттенков, близких к перечисленным. Самым ярким элементом являются сигнализирующие о работе приборов лампы. Они запрограммированы таким образом, что при отсутствии сигнала (элемент выключен) лампа имеет темно зеленый цвет, при поступлении сигнала (элемент работает), цвет меняется на ярко зеленый. Данная расстановка цветов дает возможность легко привлечь внимание пользователя к изменениям на экране.

Программа CoDeSys не дает возможности адаптировать графический интерфейс под нужды пользователей со слабым зрением и слухом, что является существенным минусом, так как это не позволяет программным продуктам, разработанным в данной среде полностью соответствовать современным стандартам.

4.2 Экологичность

Для предприятия ООО «МЭЗ Амурский» требования к экологичности представлены главным образом во внутренних инструкциях, составленных на основе ГОСТ 1129 - 2013 «Масло подсолнечное. Технические условия», а также ГОСТ 17.2.3.02 – 2014 «Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями». В ходе прохождения производственной и преддипломной практики было выяснено, что все требования, предписанные установленными нормативными документами, соблюдаются на предприятии в полном объеме.

Одни из основных требований предъявляются к производственным и складским помещениям завода. Здесь, стены, потолки и полы выполнены из

гладких, легко очищаемых, нетоксичных и не пористых и материалов, обеспечивающих санитарную обработку поверхности. Выступов и впадин нет. Лампочки и стеклянные поверхности безопасного типа. [8]

В отношении оборудования и вспомогательного инвентаря выполнены следующие требования:

- Открытые линии розлива и фасовки защищены от попадания в продукт кусочков стекла, мусора, пыли и других инородных тел, и веществ;
- Электрические лампочки помещены в металлические сетки, для предотвращения попадания стекла в продукт;
- Не допускается наличие деревянных поддонов в производственных цехах;

Отдельно разработаны инструкции для регулирования штатных и внеплановых уборок, дезинфекций, дезинсекций помещений.

Помимо требований, предписанных инструкциями на предприятии производятся плановые и внеплановые мероприятия по предотвращению загрязнения окружающей среды вследствие разлива соевого масла. Такими мероприятиями являются: проверка трубопроводов на герметичность, периодичность проверок составляет 1 раз в 3 месяца; ежедневные визуальные осмотры оборудования на предмет протечек и поломок. Так же под емкостями склада предусмотрены железобетонные конструкции, представляющие собой большой поддон. В случае разлива соевого масла из данных емкостей, продукт не уйдет в почву, а будет собран в поддоны, после чего масло можно безопасно удалить. [9]

По нормативному документу «Санитарные правила для предприятий по производству растительных масел», утвержденному Заместителем главного государственного санитарного врача СССР В. Е. Ковшило № 1197 – 74 18 ноября 1974 г. устанавливаются санитарные нормы ООО «МЭЗ Амурский» неотрывно связанные с экологичностью предприятия.

Согласно которому:

- Размещение мусоросборников должно быть не ближе 25 м от производственных и складских помещений. Мусоросборники должны быть установлены на бетонных поддонах или асфальтированных площадках, выходящих за границы на 1 м со всех сторон;
- Очистка мусороприемников должна производиться не реже одного раза в два дня с последующей дезинфекцией 20% - ным раствором свежегашеной извести или 10% - ным раствором хлорной извести;
- Не допускается заполнение мусороприемников больше, чем на 2/3 их объема;
- Оборудование, являющееся источником пыли -, газо – и влаговыделений, должны быть в обязательном порядке герметизированы и оборудованы вытяжными отсосами и аспирацией;
- Оборудование и резервуары для хранения и выработки пищевого масла должны быть изготовлены из материалов, разрешенных Роспотребнадзором;
- Шрот с целью уменьшения пылевыведения рекомендуется отгружать в конечную тару форме гранул;
- Перемещение семян, лепестка, шелухи, шрота должно производиться в закрытых транспортных средствах;
- Фильтрация мисцеллы должна проводиться исключительно закрытыми способами;
- Оборудования различных типов, являющееся активным источником выделения тепловой энергии, в обязательном порядке должно быть оснащено внешней теплоизоляцией;
- Оборудование должно соответствовать санитарным нормам, регулирующим шумовое и вибрационное загрязнение;

4.3 Чрезвычайные ситуации

Инструкция «О мерах пожарной безопасности ООО «МЭЗ Амурский»» разработана в соответствии с Правилами пожарного режима в Российской Федерации, установленными Постановлением Правительства от 25 апреля 2012 г. № 390.

Данная инструкция устанавливает требования пожарной безопасности не только на предприятия в целом, но и в отдельных его цехах, мастерских и участках, при этом является обязательной инструкцией для исполнения всеми работниками предприятия.

Инструкция «Содержание зданий (сооружений) и помещений» предписывает следующие требования для производственных помещений (цехов):

- 1) Все производственные и складские помещения должны содержаться в полном порядке и чистоте;
- 2) Для всех помещений должны быть определены категории взрывопожарной и пожарной безопасности, а также класс зон по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ).
- 3) Данные категории и классы необходимо обозначить табличками на дверях помещений;
- 4) Помещения должны быть оборудованы табличками, содержащими номер телефона вызова пожарной охраны, с фамилией ответственного за противопожарное состояние;
- 5) В помещениях с массовым пребыванием людей (более 50), помещениях с рабочими местами (более 10) должны быть вывешены планы и схемы эвакуации при пожаре, а также инструкции, определяющие действия персонала при пожаре;
- 6) Запрещается хранить в подвальных помещениях взрывчатые вещества, газы, находящиеся под давлением, полимеры, пластмассы и другие материалы, обладающие пожароопасными свойствами;

7) Запрещается проводить уборку производственных и складских помещений с использованием керосина, бензина, и других горючих жидкостей;

8) Промасленную спецодежду хранят в металлических шкафах, установленных в специально отведённых местах.

9) Расстояние от светильников до взрывоопасных веществ должно составлять не менее полуметра.

10) Все помещения, независимо от их назначения, перед закрытием должны быть осмотрены;

При осмотре помещения проверяется следующее:

- проведена ли тщательно уборка помещений от производственных отходов;
- выключены ли все электродвигатели, электронагревательные приборы, обесточена ли сеть рабочего освещения. Электросеть складов и кладовых должна быть обесточена рубильником, установленным вне складского помещения. Рубильник пломбируется или закрывается на замок;
- прекращена ли работа всех пожароопасных приборов (паяльных ламп, газовых горелок и т. п.);
- закрыты ли окна, форточки, люки, двери, ведущие в другие помещения;
- сдана ли на склад готовая продукция;
- сложены ли в установленном порядке материалы, изделия и другое имущество, оставляемое в помещении;
- освобождены ли проходы, проезды, лестничные клетки;
- обеспечен ли беспрепятственный проход к первичным средствам пожаротушения, к дверям запасных выходов, к дверям, ведущим на наружные пожарные лестницы;
- исправно ли дежурное освещение;
- не остался ли кто из работников или посторонних лиц в помещении;

11) В пожаро - и взрывоопасных цехах и на оборудовании, представляющем опасность взрыва или воспламенения веществ, в соответствии с требованиями ГОСТа должны быть вывешены знаки, запрещающие пользоваться открытым огнем, а также знаки, предупреждающие об осторожности при наличии воспламеняющихся и взрывчатых веществ.

12) Запрещается эксплуатировать пневмотранспортные и самотечные устройства (при движении продукта в трубопроводах) при скоплении пыли в трубопроводах.

13) Пуск транспортеров и пневмотранспортных устройств производится после проверки их работы на холостом ходу, отсутствия в них посторонних предметов, наличия смазки в подшипниках, и исправности всех устройств защиты.

14) Помещения, здания и сооружения необходимо обеспечивать первичными средствами пожаротушения в соответствии с нормами оснащения. Не допускается использование средств пожаротушения, не имеющих соответствующих сертификатов.

15) Первичные средства пожаротушения содержать и обслуживать в соответствии с Инструкцией по содержанию в готовности к действию, обслуживанию и применению средств пожаротушения, утверждённой генеральным директором ООО «МЭЗ Амурский».

Все установленные требования пожарной охраны и сопутствующие санитарные нормы на предприятии ООО «МЭЗ Амурский» выполняются в полной мере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проекта была разработана математическая модель АСУ ТП порционного взвешивания и розлива соевого масла на ООО МЭЗ «Амурский».

Преимуществами этой системы управления является увеличение эффективности использования производственных ресурсов предприятия, уменьшение влияния технологического фактора на скорость и точность производственного процесса взвешивания и розлива соевого масла.

Как следствие, эти измерения повлекут за собой увеличение объемов производства, оборота продукции и значительное уменьшение экономических затрат предприятия.

В дипломном проекте были решены следующие задачи:

- проанализирована деятельность цеха розлива ООО МЭЗ «Амурский»;
- определены цели и задачи внедрения АСУ процессов взвешивания и порционного розлива соевого масла;
- произведена замена оборудования;
- разработаны функциональная и принципиальные схемы электрических соединений;
- разработана математическая имитационная модель АСУ цеха розлива, ПО и SCADA-система для дистанционного управления.

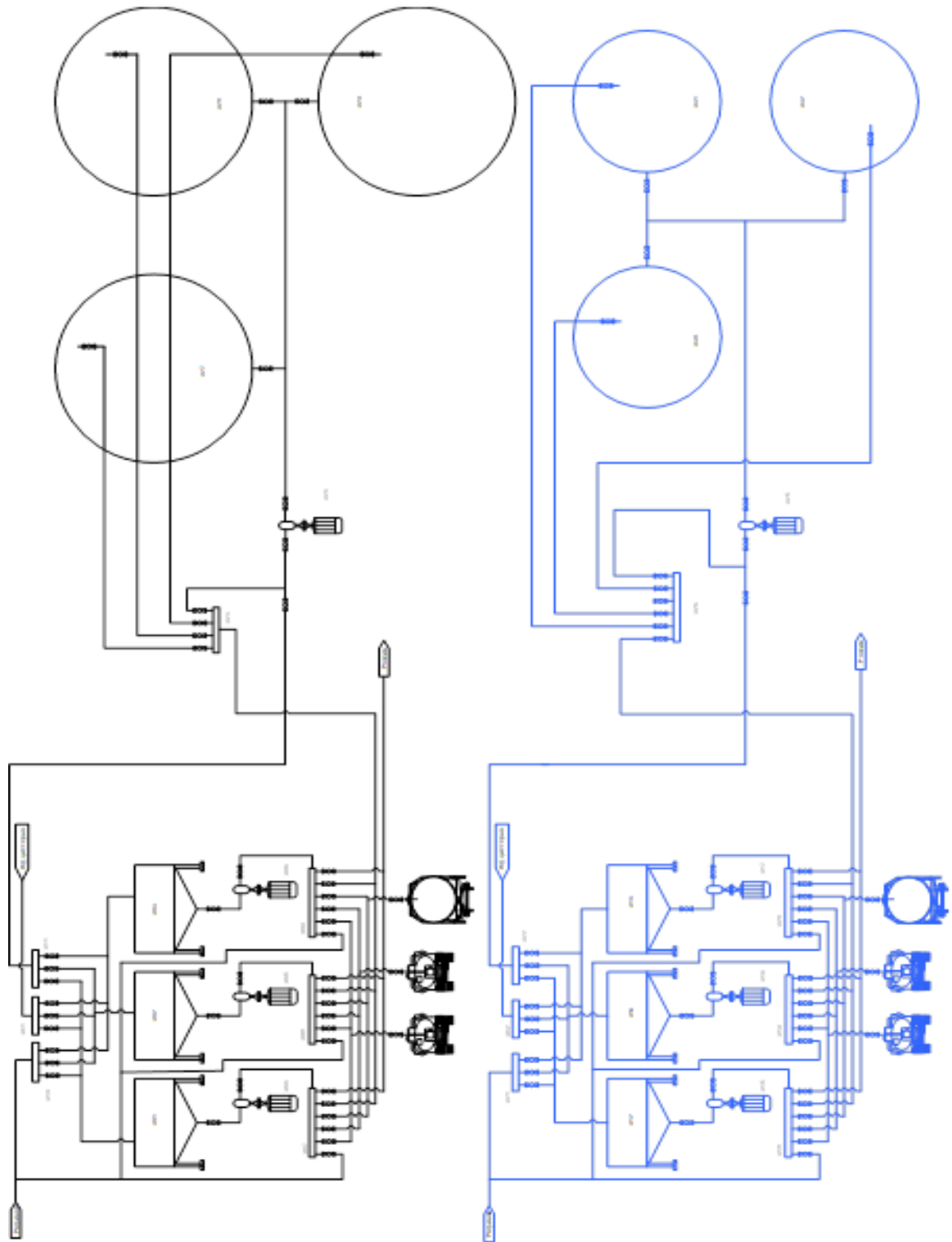
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для СПО / И. Ф. Бородин, С.А. Андреев. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 356 с.
2. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств. Часть 2: учебник для академического бакалавриата / А.А. Курочкин, [и др.]. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 331 с.
3. ГОСТ 1129-2013. Масло растительное. Технические условия; введ. 2014 - 07 - 01 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105924>. - 15.05.2019.
4. Багданов, В.С. Разработка систем автоматизации. Проектирования. Настройка. Внедрение: учебник для академического бакалавриата / Багданов В.С. - М.: - СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
5. Пневмораспределители CAMOZZI [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://kpsk.ru/oborudovaniye/stanki-stanochnoe/pnevmatika/raspredelitelnaya-apparatura/camozzi-3-kh-5-ti-lineynye-elektropnevmaticheskie.html>. - 25.04.2019.
6. Тензодатчик Metler_Toledo [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.mt.com/ru/ru/home/library/datasheets/industrial-cales/SLC611_DL.html. - 15.05.2019.
7. Школа для электрика [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/electroshemy/849-chto-takoe-funkcionalnaja-skHEMA.html>. - 11.05.2019.
8. Электронный фонд правовой и нормативно - технической документации «Консорциум кодекс» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200105924>. - 01.06.2019.
9. Электронный фонд правовой и нормативно - технической документации «Консорциум кодекс» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200109739>. - 07.06.2019.

- 10.Электронный фонд правовой и нормативно - технической документации «Консорциум кодекс» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200009135>. - 17.05.2019.
- 11.Промышленная и экологическая безопасность «Протос экспертиза» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://library.fsetan.ru/doc/sanitarnyie-pravila-dlya-predpriyatij-po-proizvodstvu-rastitelnyih-masel/>. - 17.04.2019.
- 12.ГОСТ 21.404 - 85. Обозначения условные приборов и средств автоматизации на схемах. - М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
- 13.ГОСТ 2.701 - 84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению: Справ: - М.: Изд-во стандартов, 1992 – 315 с.
- 14.ГОСТ 2.721 - 74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения. - М.: Изд-во стандартов, 1988 – 86 с.
- 15.Дятлова, Е.П., Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами ЦБП: Учеб. пособие/. Е.П. Дятлова, М.Р. Сафонова.- СПб.: СПбГТУРП, 1999.-51 с.

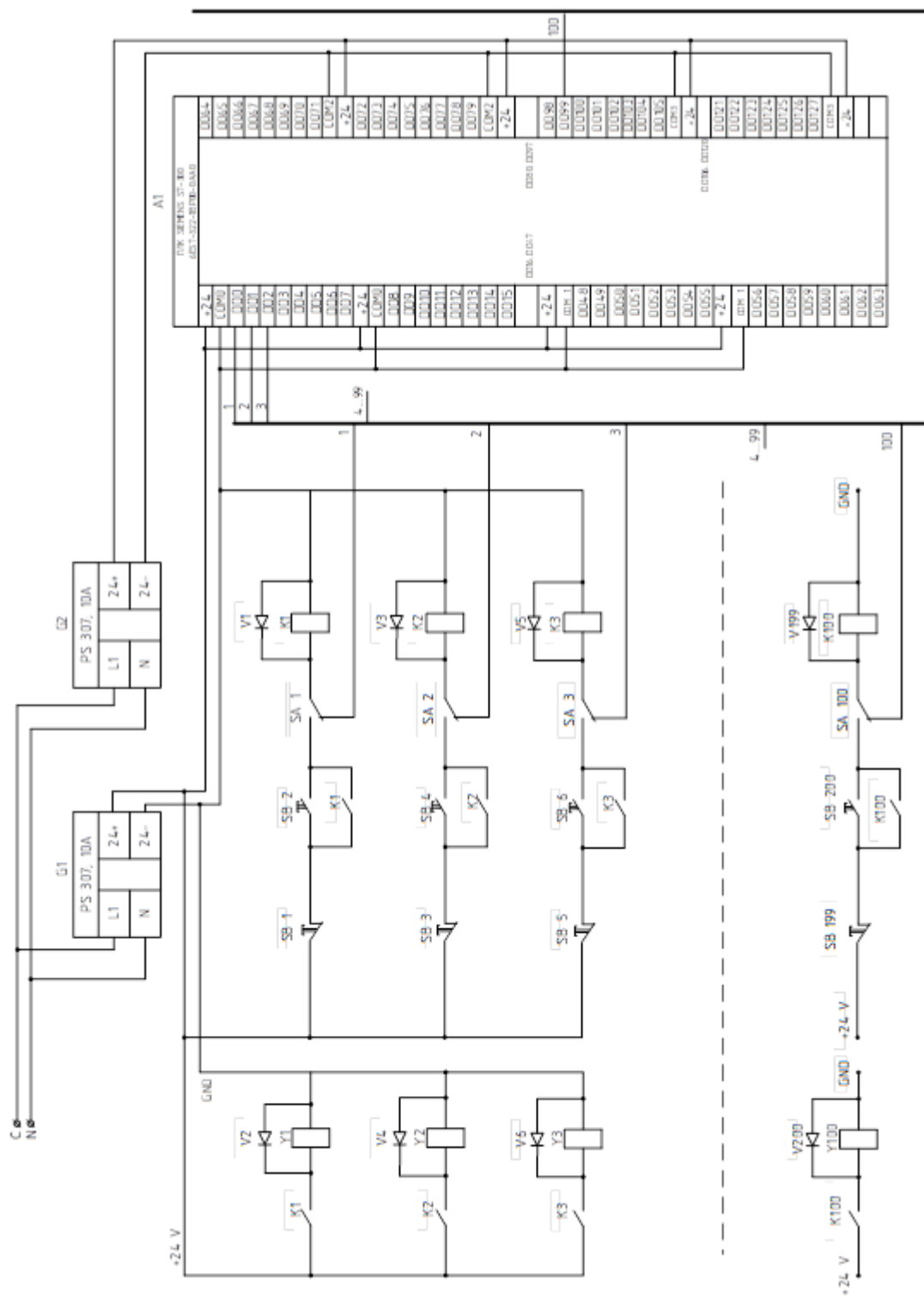
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технологический процесс взвешивания и розлива соевого масла



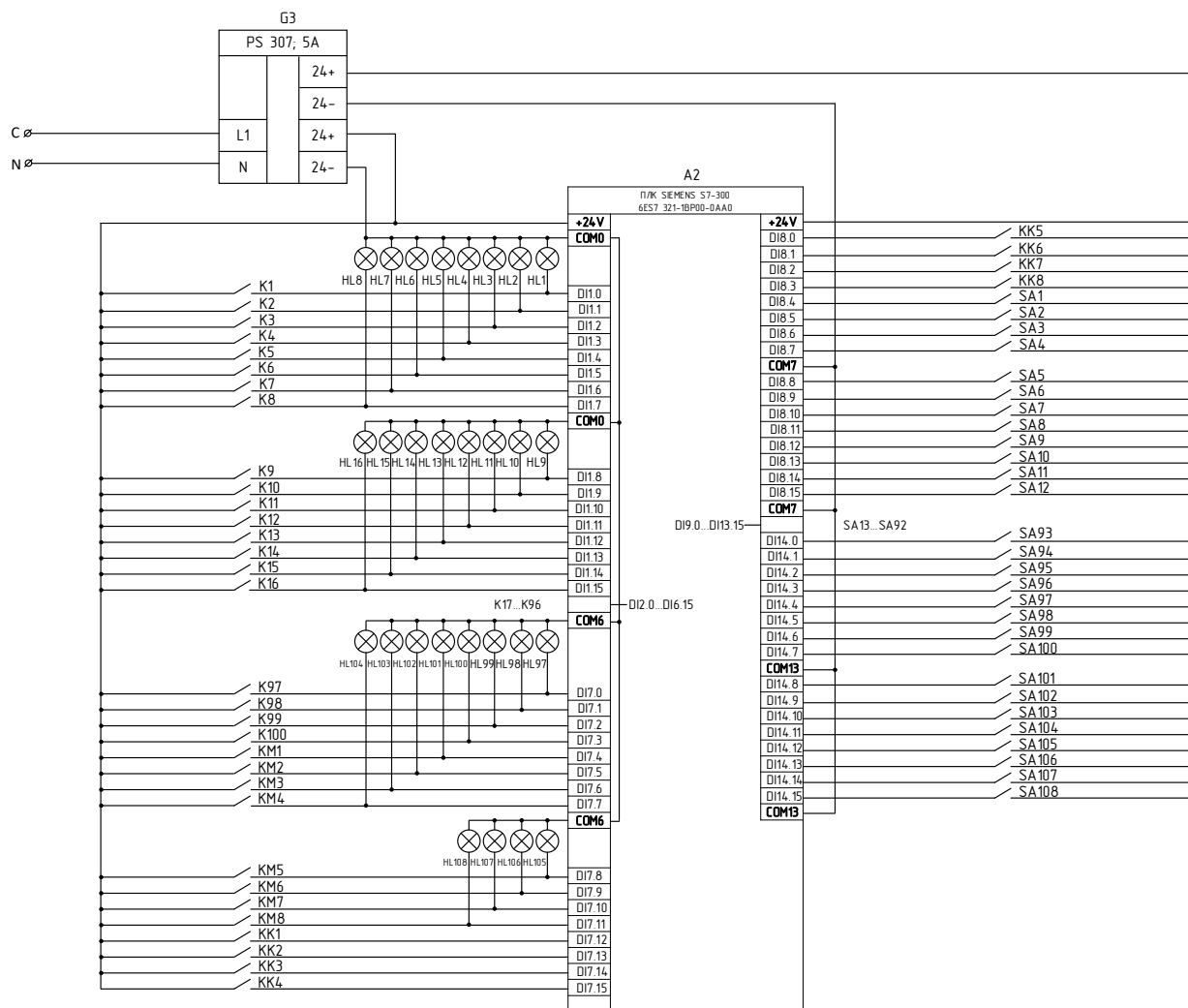
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Схема электрическая принципиальная подключения клапанов



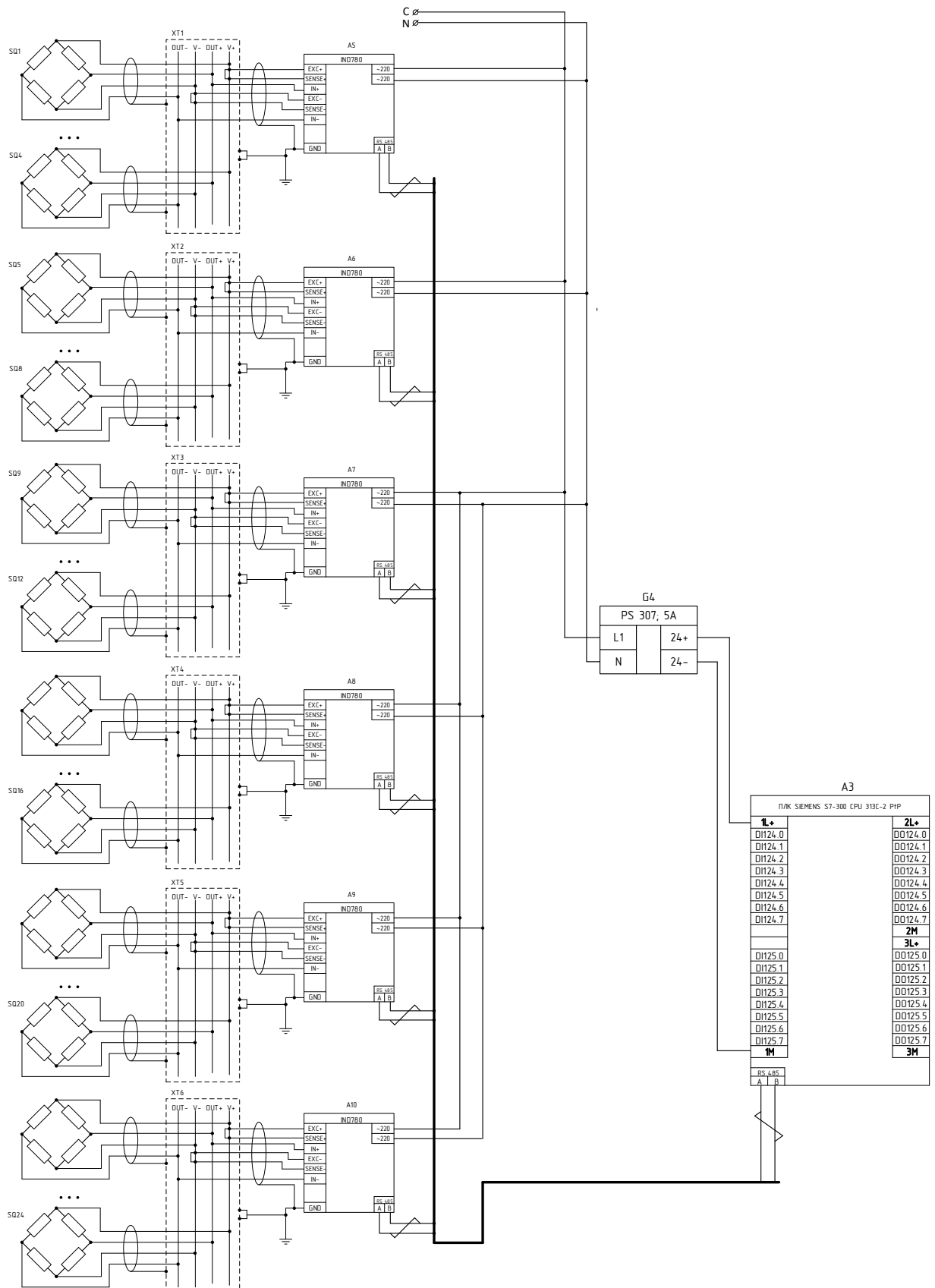
ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Схема электрическая принципиальная



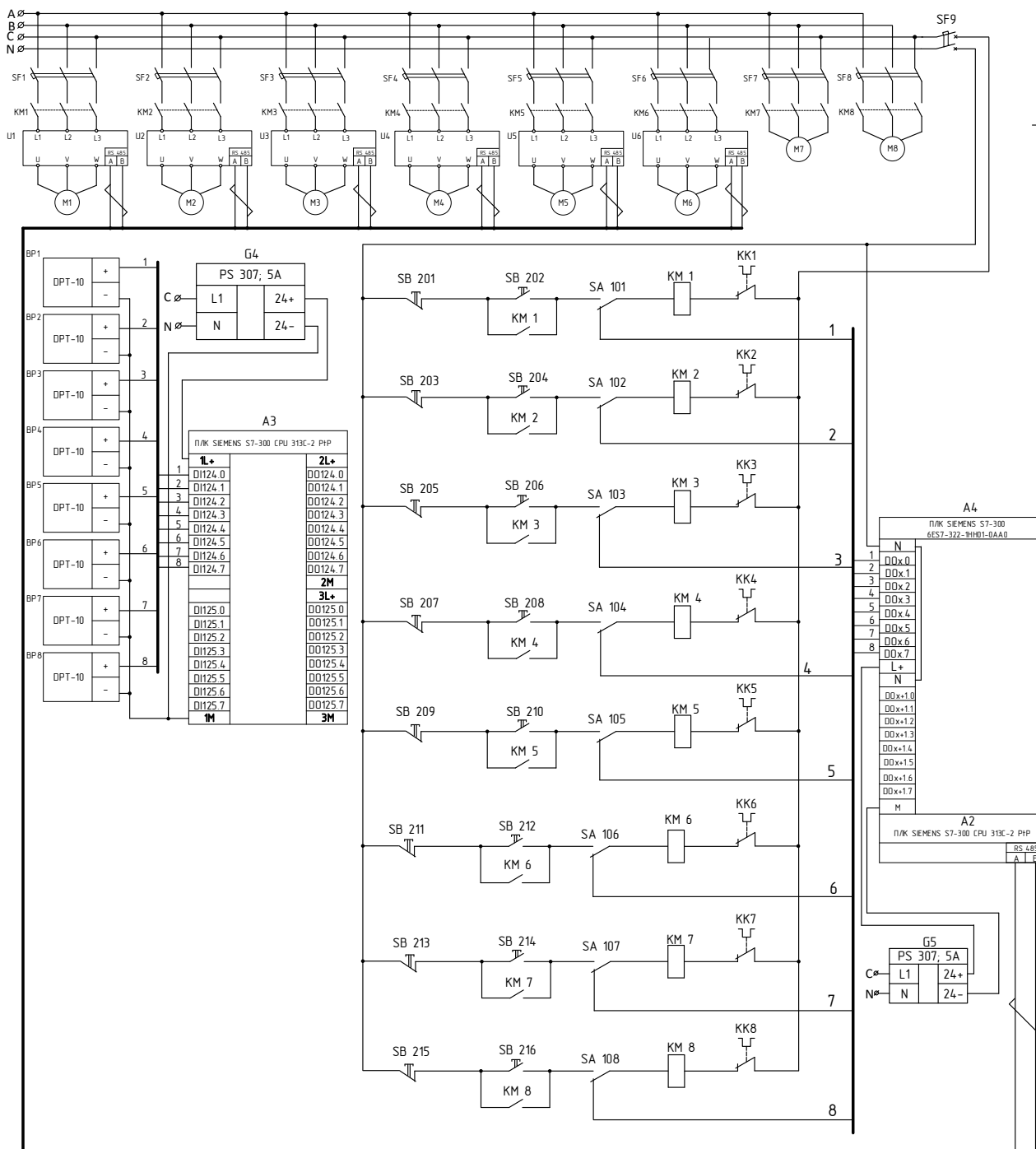
ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Схема электрическая принципиальная весовой части



ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Схема электрическая принципиальная насосной части



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Спецификация

Таблица Ж.1 – Спецификация

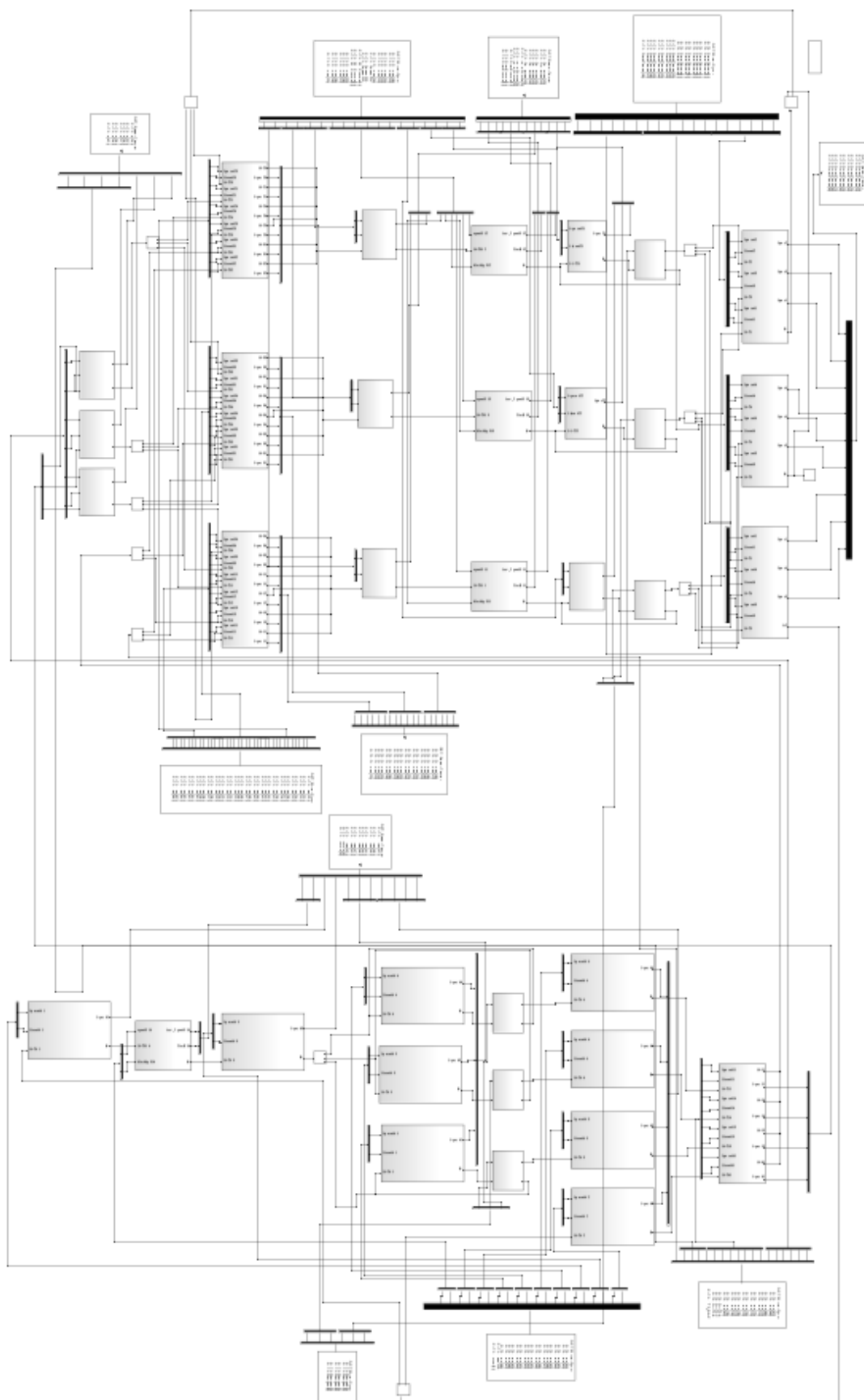
Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	2	3	4
A1	SM 322 6ES7-322-1BP00-0AA0	2	Модуль вывода дискретных сигналов, 64 выводов
A2	SM 321 6ES7-321-1BP00-0AA0	4	Модуль ввода дискретных сигналов; 64 ввода
A3	CPU 313C-2PtP	1	Центральный процессор
A4	SM 322 6ES7-322-1NH01-0AA0	1	Модуль вывода дискретных сигналов; 16 выводов
A5-A10	Весовой терминал IND780	6	
BP1-BP8	DPT-10	8	Преобразователь дифференциального давления
G1, G2	Siemens PS 307, 10 А (6ES7307-1KA00-0AA0)	2	Блок питания 10 А
G3, G4, G5	Siemens PS 307, 5 А (6ES7307-1EA00-0AA0)	3	Блок питания 5 А
HL1-HL108		108	Лампа светодиодная, зеленого цвета
K1-K100	Промежуточное реле TeSys CA4K	100	
KK1-KK8	РТЛ-2057-2-100А-(37-50А)-УХЛ4-КЭАЗ	8	Тепловое реле
KM1-KM8	ПМЛ-4100-63А-220АС-УХЛ4-Б-КЭАЗ	8	Электромагнитный пускатель
M1-M8	ВЭМЗ 5АМХ 180 S4У3 22 kW	8	Асинхронный трехфазный двигатель
SB2, SB4, SB6...SB216		108	Кнопка «Старт»

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4
SF1- SF8	Автоматический выключатель RX3 3 фазы 40А 3М (Тип С) 4,5 кА	8	
SF9	Автоматический выключатель LEGRAND DX3 6000, 3А	1	
SQ1- SQ24	METTLER TOLEDO SLC 611D	24	Тензодатчик веса на сжатие
U1-U6	VACON 0100-3L-0046- FLOW + FLO4 + DPAR + DLRU	6	Преобразователь частоты, 22кВт 46А 3х380-500В
V1- V200	Выпрямительный диод 1N5711	200	Предназначены для защиты ключей от перенапряжения при коммутациях
XT1- XT6	Суммирующая плата	6	
Y1- Y100	Соленоид серии NA модели A7	100	Соленоид распределителя с электрическим и пневматическим управлением

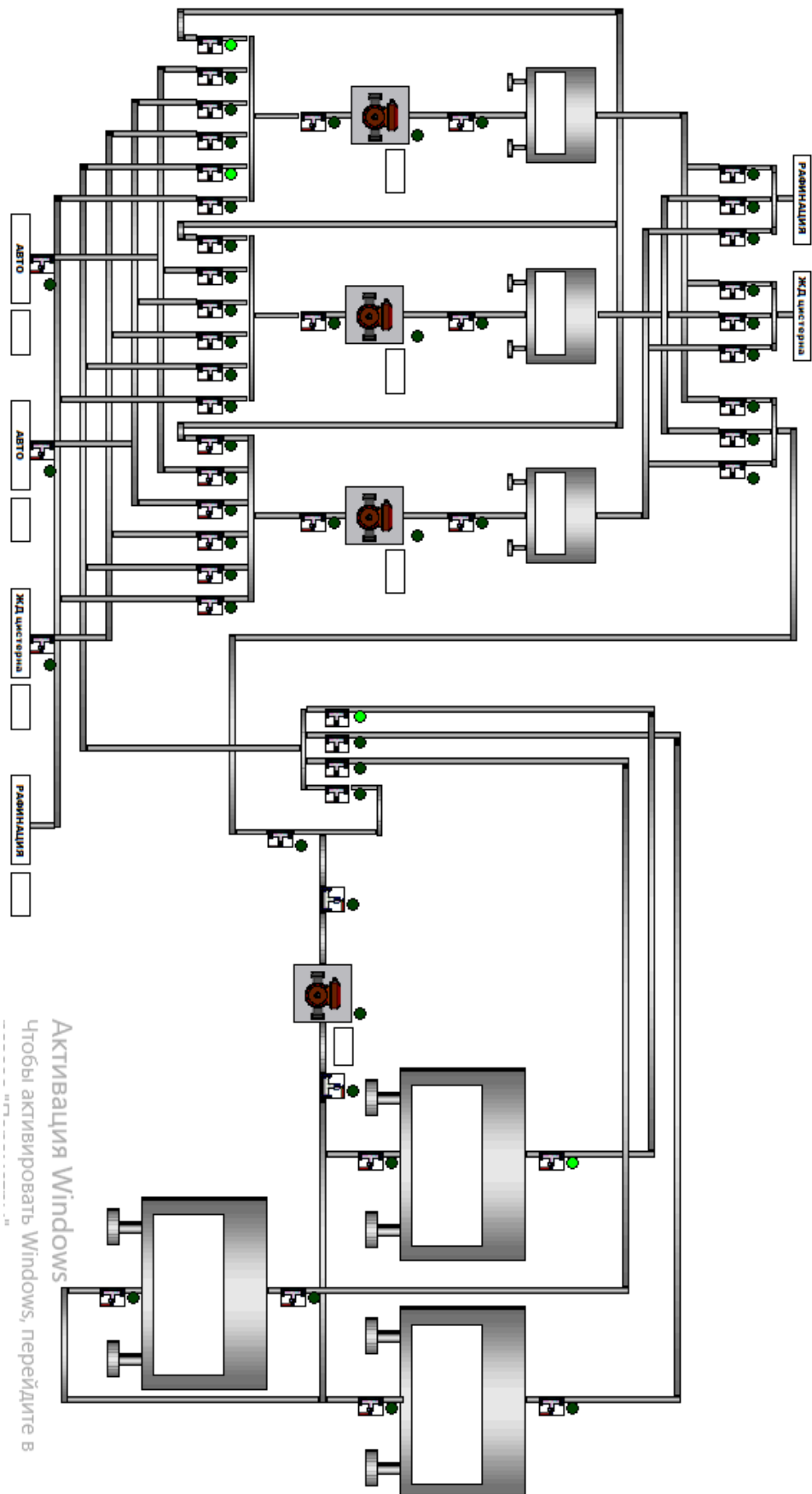
ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Математическая имитационная модель Matlab Simulink



ПРИЛОЖЕНИЕ И

Графический экран



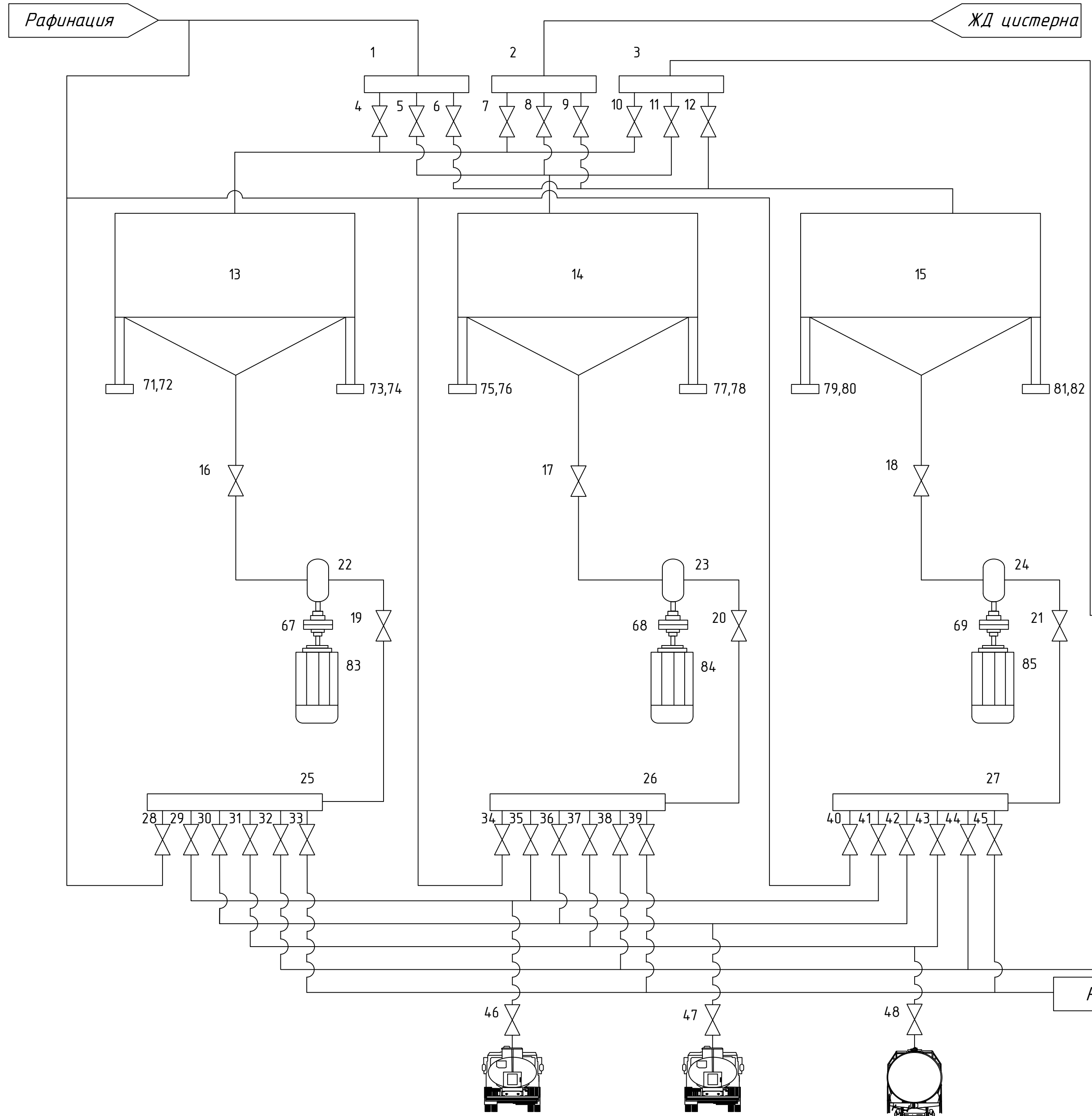


Таблица кодировки элементов ФС

№	Код	Расшифровка
1,2,3,25,26,27,53	910,941,911,907,908,909,923	Гребенки
22,23,24,56	904,905,906,924	Насосы
13,14,15	901,902,903	Бункеры весов
59,61,65	927,928,929	Бункеры склада
71,72,73,74	901 t-1,901 t-2, 901 t-3,901 t-4	Тензодатчики весов 901
75,76,77,78	902 t-1,902 t-2, 902 t-3,902 t-4	Тензодатчики весов 902
79,80,81,82	903 t-1,903 t-2, 903 t-3,903 t-4	Тензодатчики весов 903
67	904 c-1	Частотный преобразователь насоса 904
68	905 c-1	Частотный преобразователь насоса 905
69	906 c-1	Частотный преобразователь насоса 906
70	924 c-1	Частотный преобразователь насоса 924
59,61,65	927,928,929	Бункеры
4,5,6	910 z-1,910 z-2, 910 z-3	Клапаны гребенки 910
7,8,9	941 z-1, 941 z-2, 941 z-3	Клапаны гребенки 941
10,11,12	911 z-1, 911 z-2, 911 z-3	Клапаны гребенки 911
16,19	904 z-1, 904 z-2	Клапаны насоса 904
17,20	905 z-1, 905 z-2	Клапаны насоса 905
18,21	906 z-1, 906 z-2	Клапаны насоса 906
28,29,30,31,32,33	907 z-1, 907 z-2, 907 z-3, 907 z-4, 907 z-5, 907 z-6	Клапаны гребенки 907
34,35,36,37,38,39	908 z-1, 908 z-2, 908 z-3, 908 z-4, 908 z-5, 908 z-6	Клапаны гребенки 908
40,41,42,43,44,45	909 z-1, 909 z-2, 909 z-3, 909 z-4, 909 z-5, 909 z-6	Клапаны гребенки 909
46,47,48	950 z-1, 950 z-2, 950 z-3	Клапаны точек отгрузки
49,50,51,52,53	923 z-1, 923 z-2, 923 z-3, 923 z-4, 923 z-5, 923 z-6	Клапаны гребенки 923
55,57	924 z-1, 924 z-2, 924 z-3, 924 z-4, 924 z-5, 924 z-6	Клапаны гребенки 924
60,58	927 z-1,927 z-2	Клапаны бункера 927
62,63	928 z-1,928 z-2	Клапаны бункера 928
64,66	929 z-1,929 z-2	Клапаны бункера 929
83	904 m-1	Двигатель насоса 904
84	905 m-1	Двигатель насоса 905
85	906 m-1	Двигатель насоса 906
86	924 m-1	Двигатель насоса 924
87,88,89	927 L-1,928 L-1, 929 L-1	Уровнемеры бункера склада 927,928,929

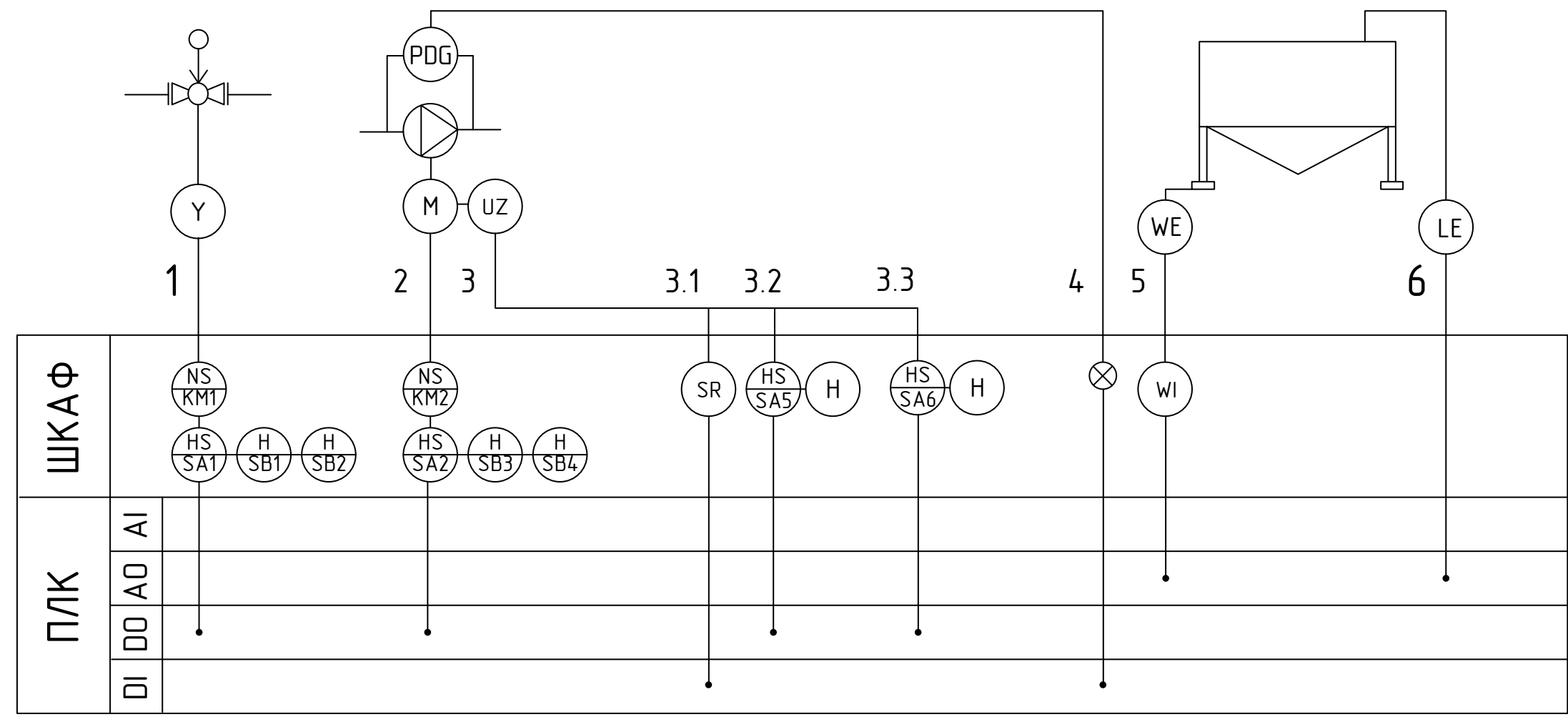
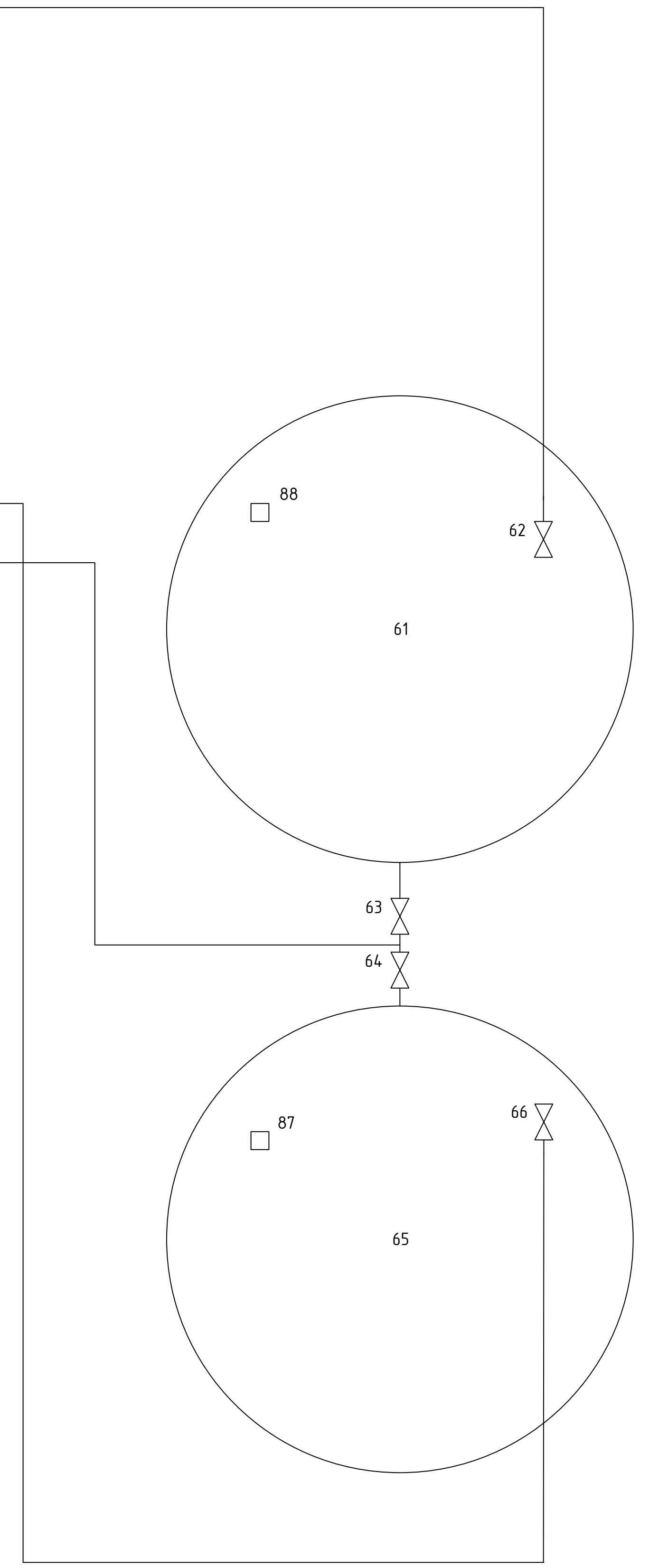
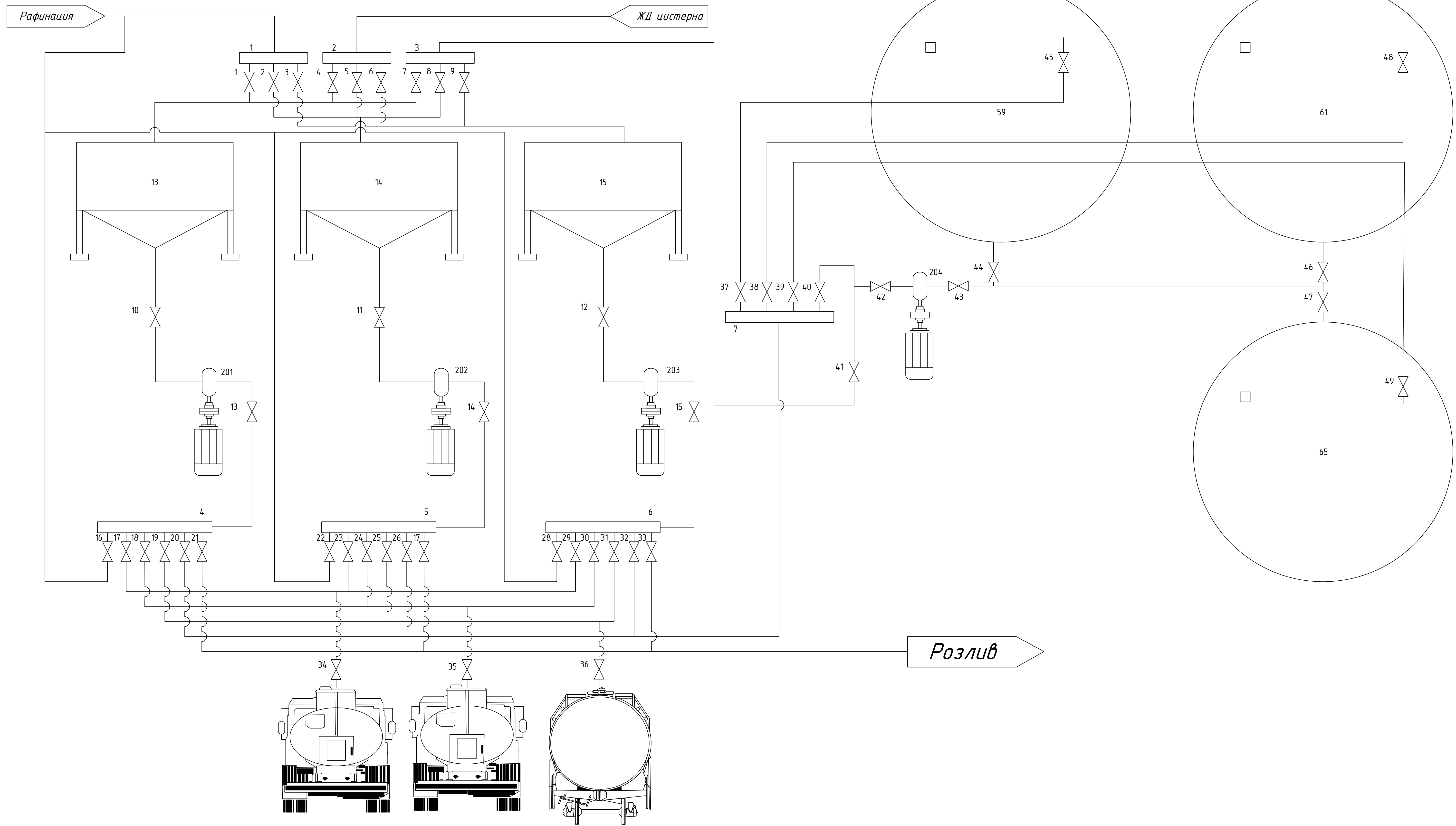


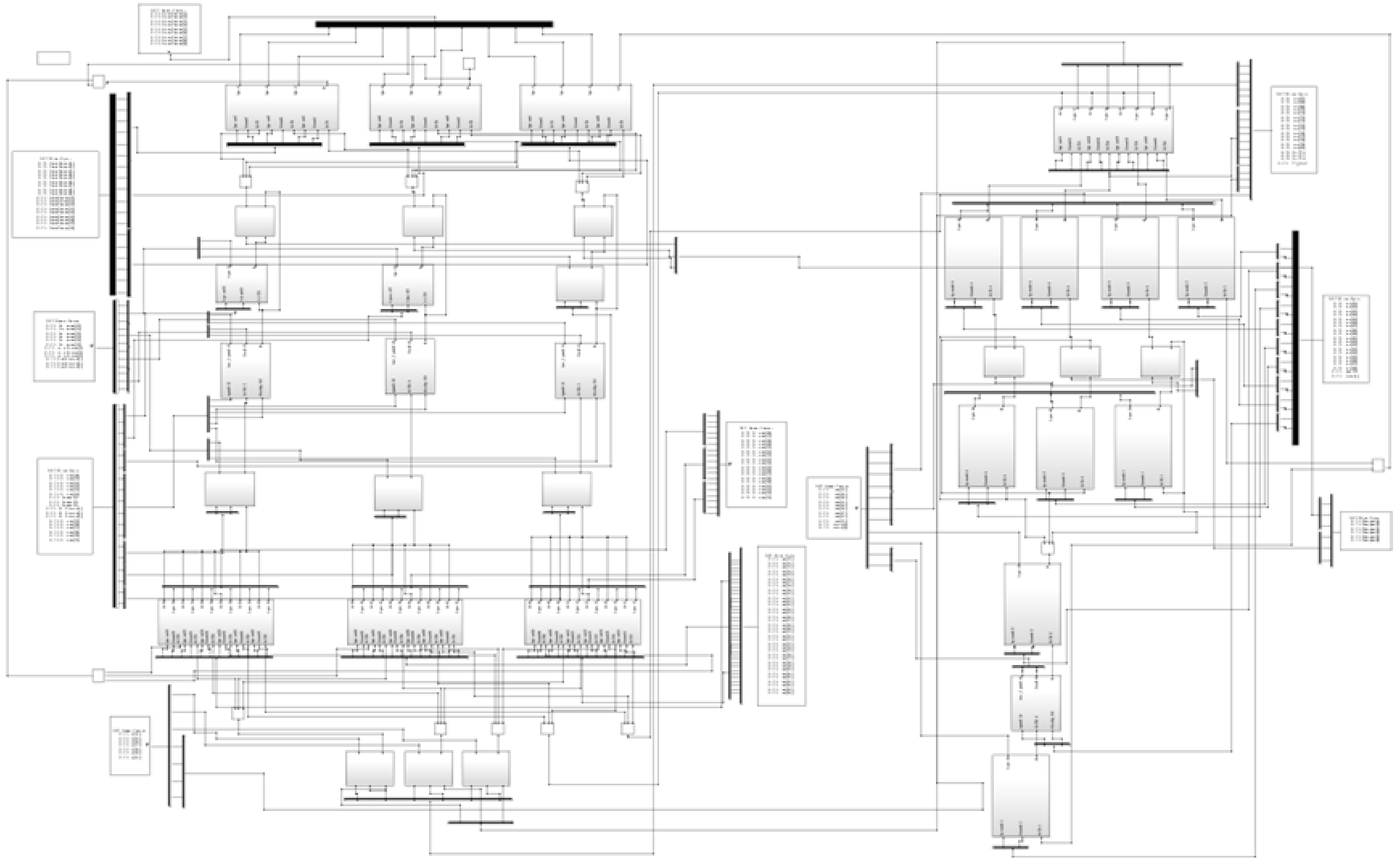
Схема функциональная цеха взвешивания и розлива



				ВКР.154.005.150304.П/1				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема функциональная цеха взвешивания и розлива, таблица кодировки элементов ФС	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Коротаев В.Д.					4		
Проект.	Рыбалов А.Н.							
Техн. контр.	Рыбалов А.Н.							
Исполн.	Скрипко Д.В.				Автоматизированная система управления процессами порционного взвешивания и розлива соевого масла на ООО МЭЗ «Амурский» в г. Белогорск	Лист 2	Листов 6	АМГУ гр. 541 об



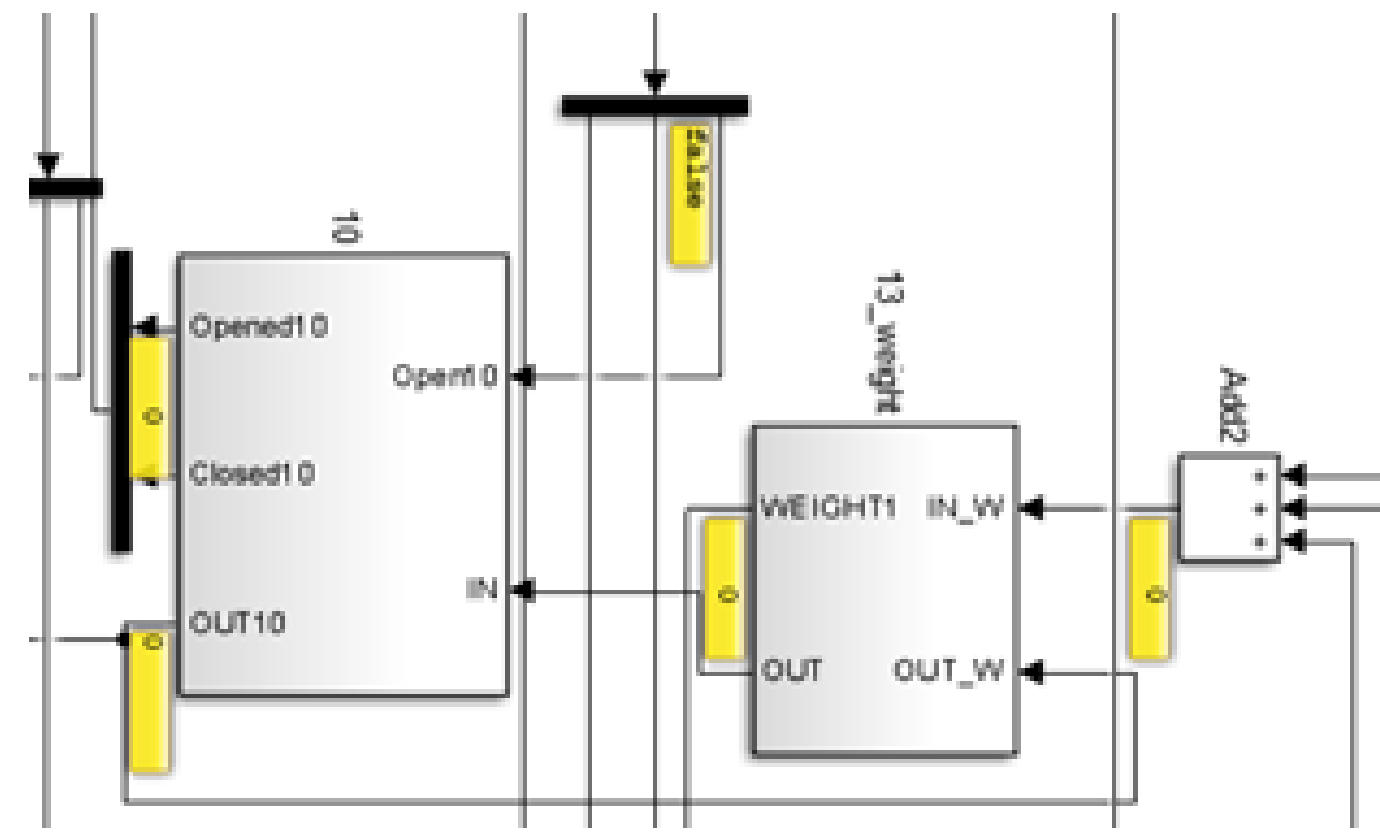
					ВКР.154.005.150304.СХ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Схема технологического процесса АСУ ТП	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Картышева В.Д.					у		
Провер.	Рыдалев А.И.							
Т.контр.	Рыдалев А.И.					Лист 1	Листов 6	
Н.контр.	Скрипка О.В.				Автоматизированная система управления процессами порционного взвешивания и разлива соевого масла на ООО МЗЗ «Амурский» в г. Белогорск			
Утв.	Скрипка О.В.				АмГУ гр. 541 од			



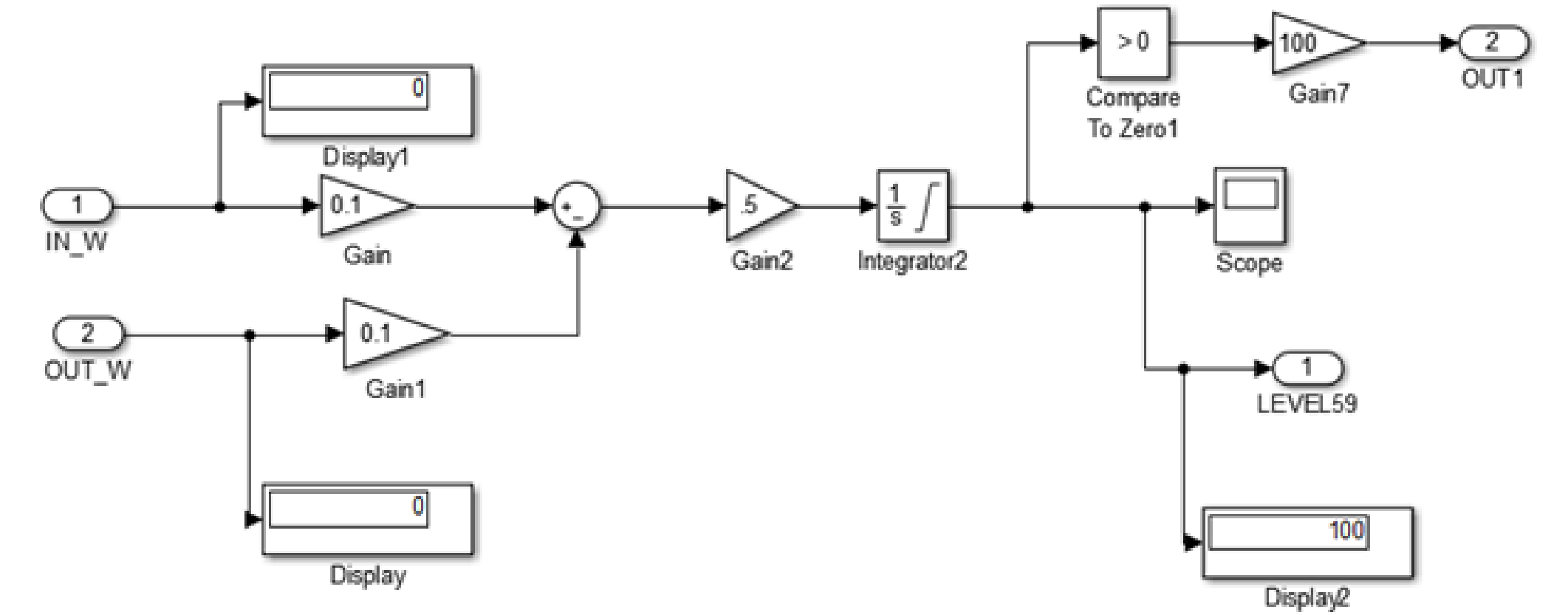
					ВКР.154.005.150304.П1		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лит.	Масса	Масшт.
					У		
Разраб.		Карташова В.Д.					
Пробер.		Рыдалев А.Н.					
Т.контр.		Рыдалев А.Н.			Лист 3		Листов 6
Н. Контр.		Скрипко О.В.					
Утв.		Скрипко О.В.					
					Автоматизированная система управления процессами парциального вакуумирования и разлива своего масла на ООО МЗЗ «Амурский» в г. Благовещенск.		
					АмГУ гр. 541-08		



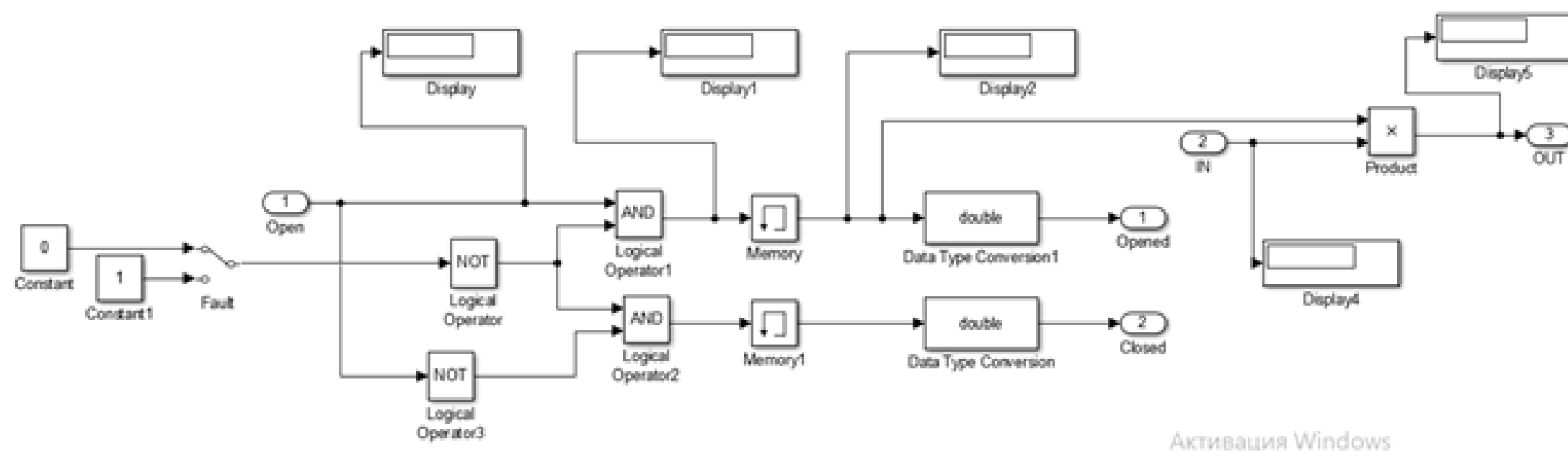
Входы/выходы подсистемы «Клапан»



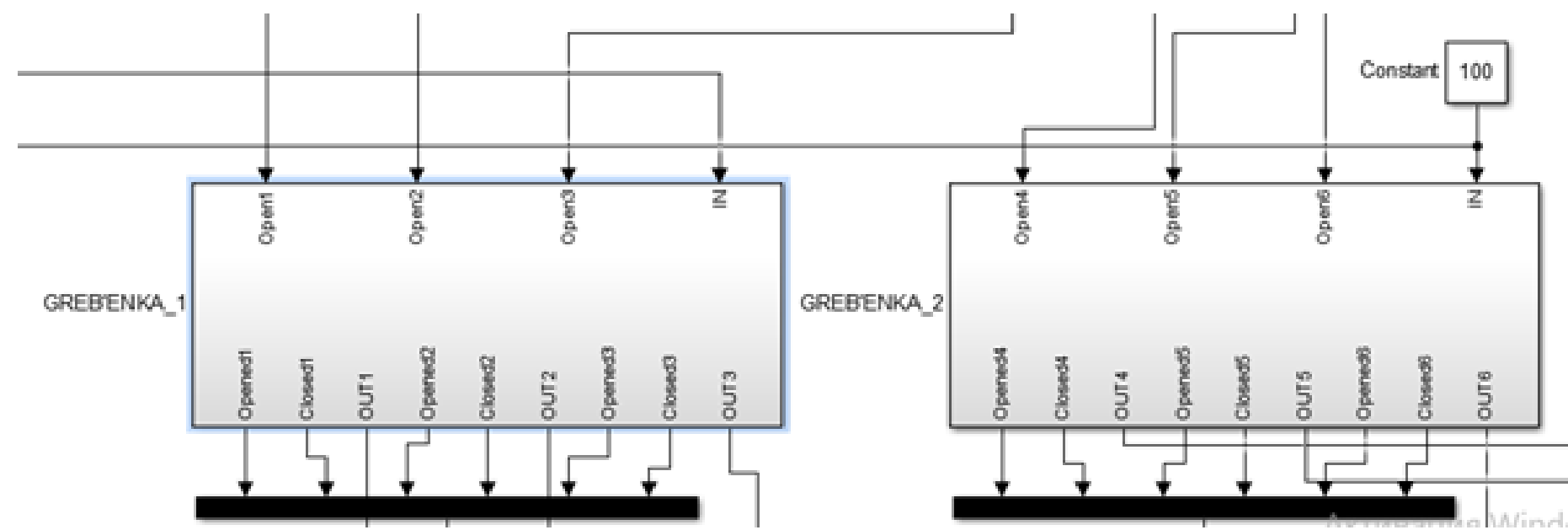
Входы/выходы математической модели «Тензодатчик/уровнемер»



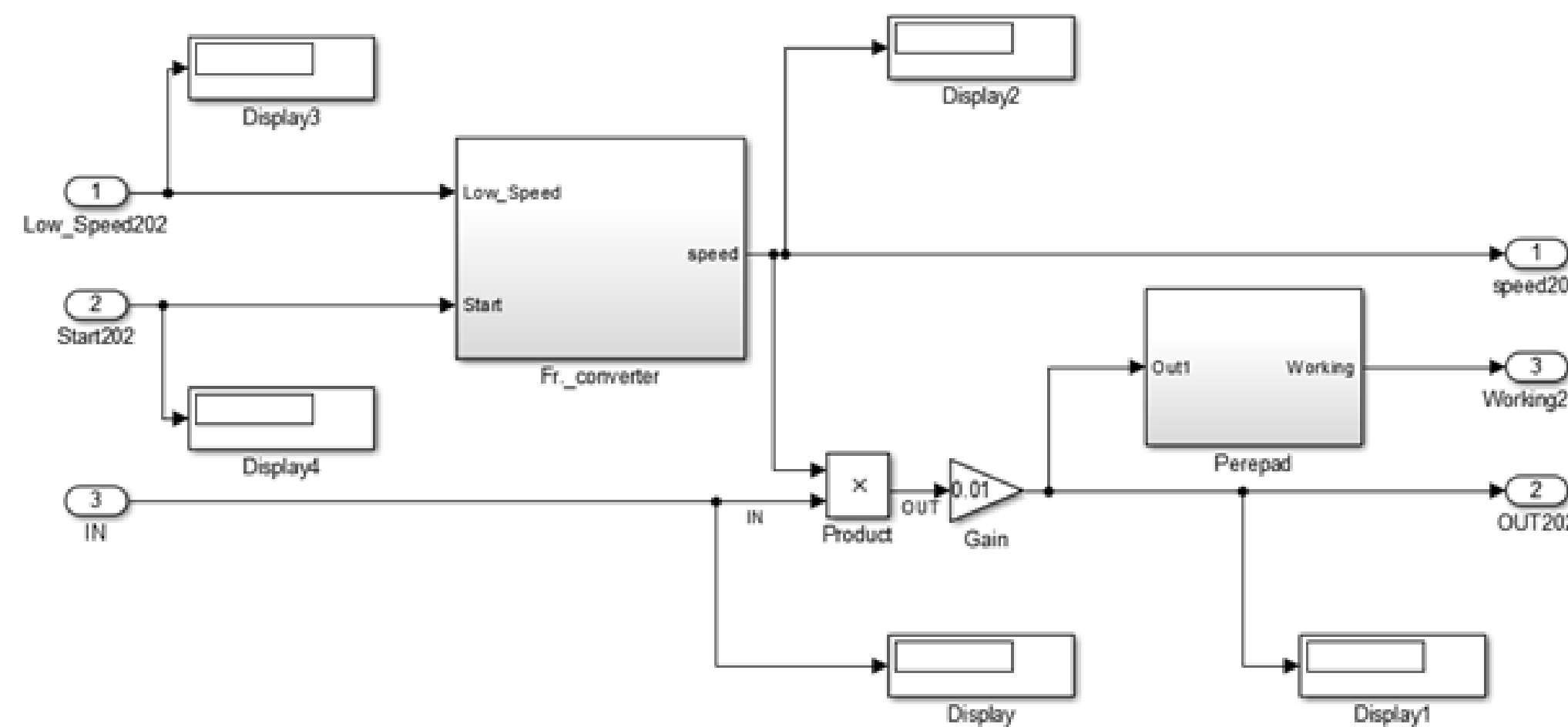
Математической модель «Тензодатчик/уровнемер»



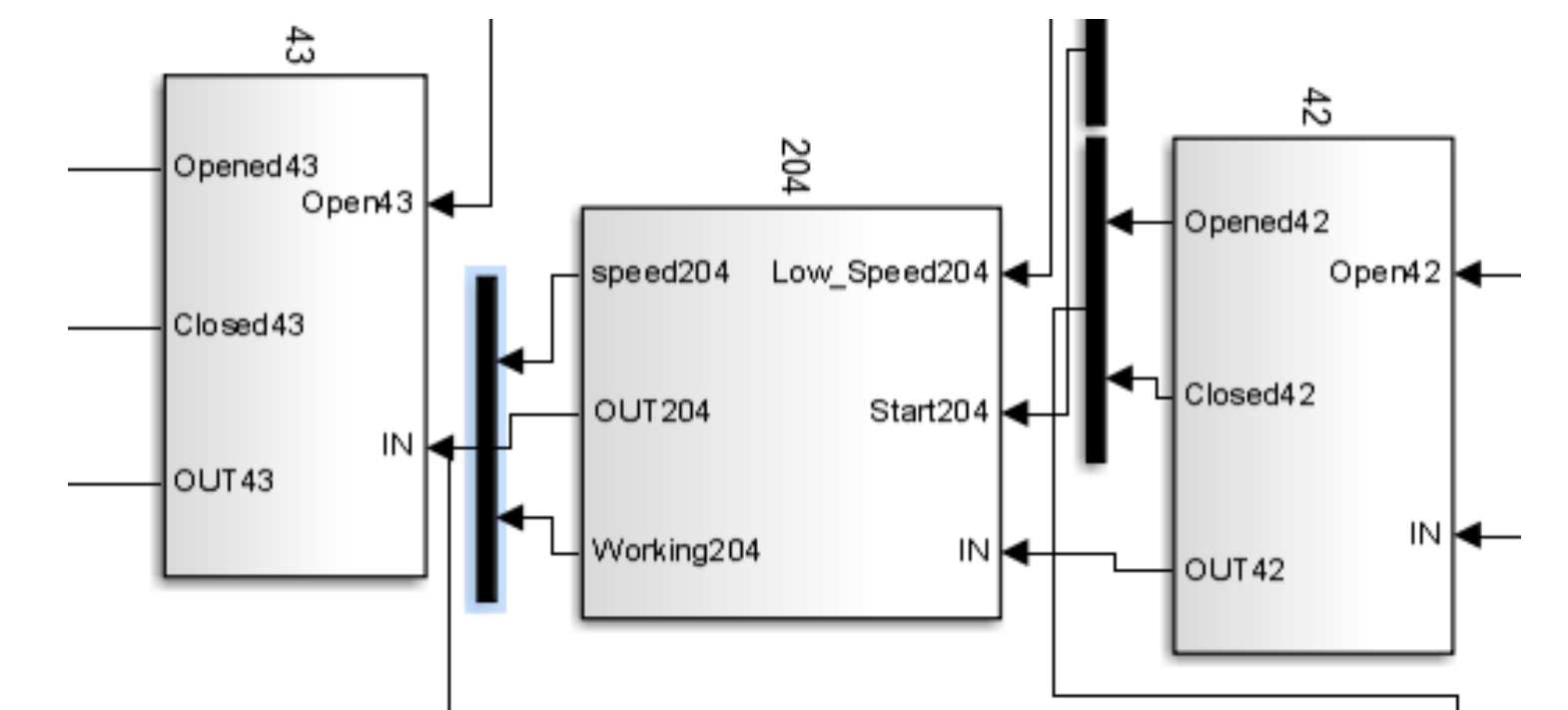
Подсистема «Клапан»



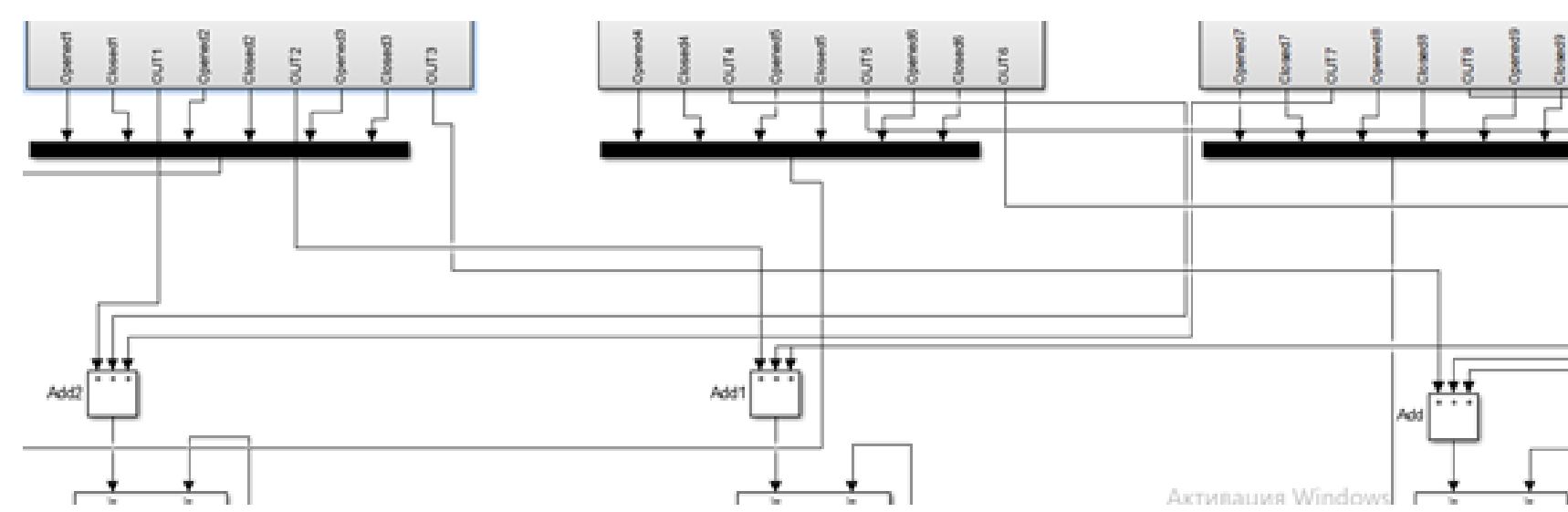
Подсистема «Гребенка»



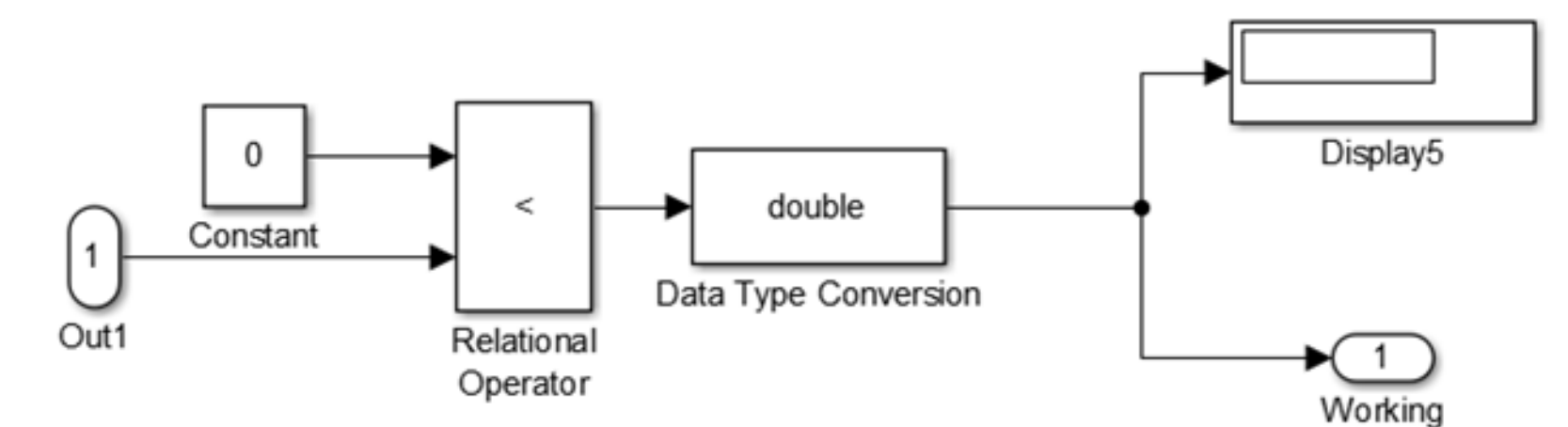
Подсистема «Насос»



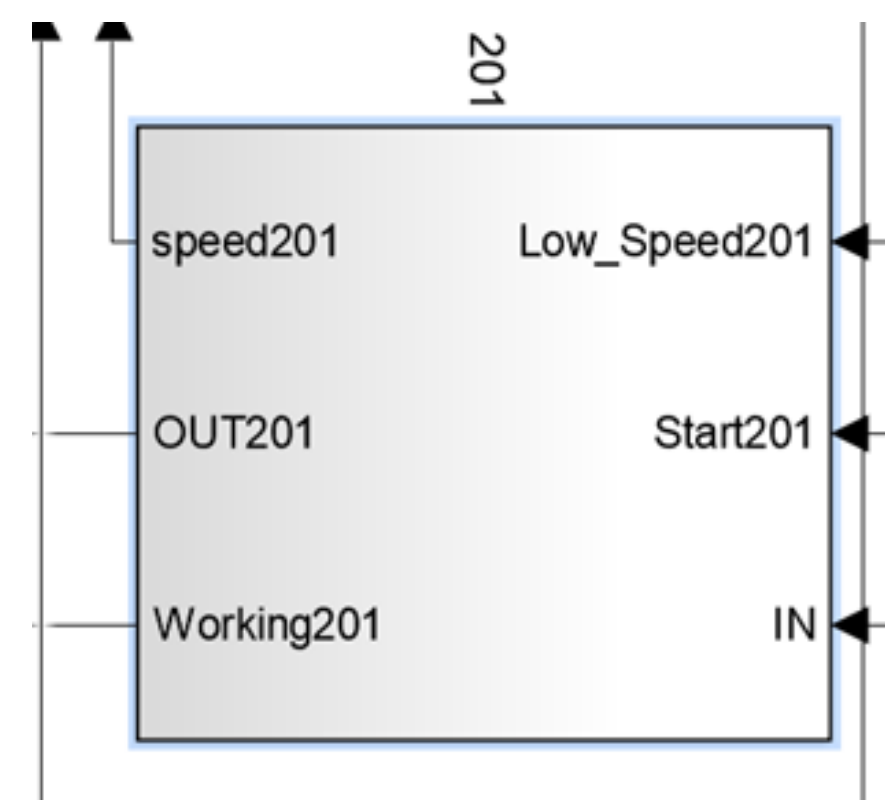
Подгруппа «Клапан – Насос – Клапан»



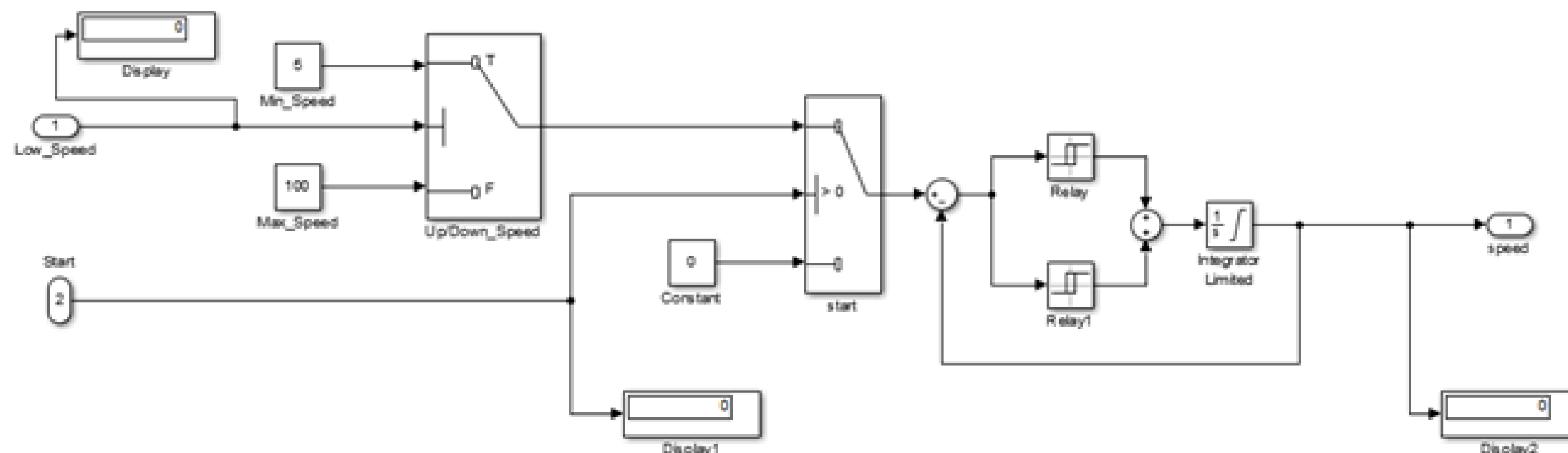
Суммирование потоков масла в системе



Математическая модель датчика давления

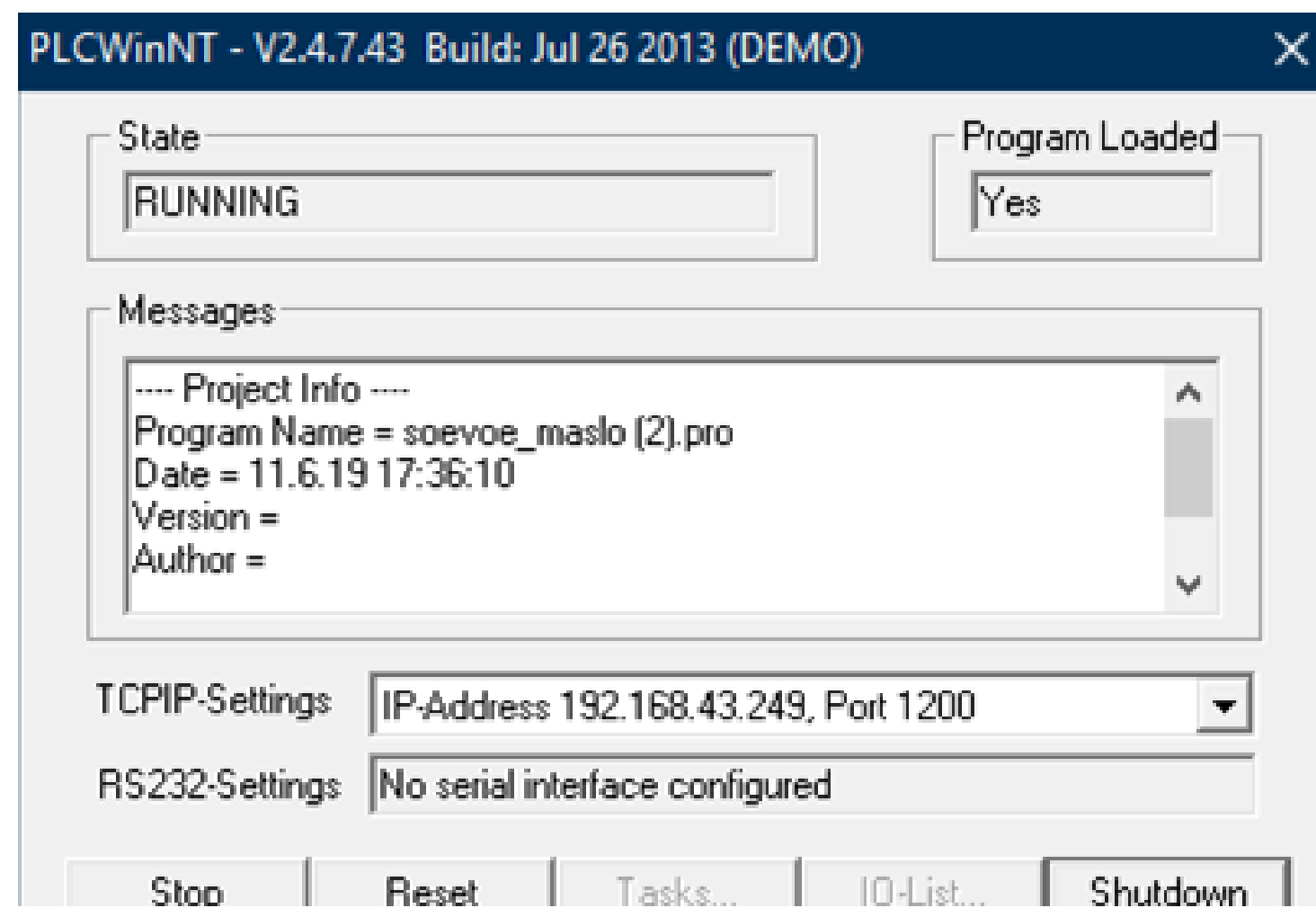


Входы/выходы подсистемы «Насос»

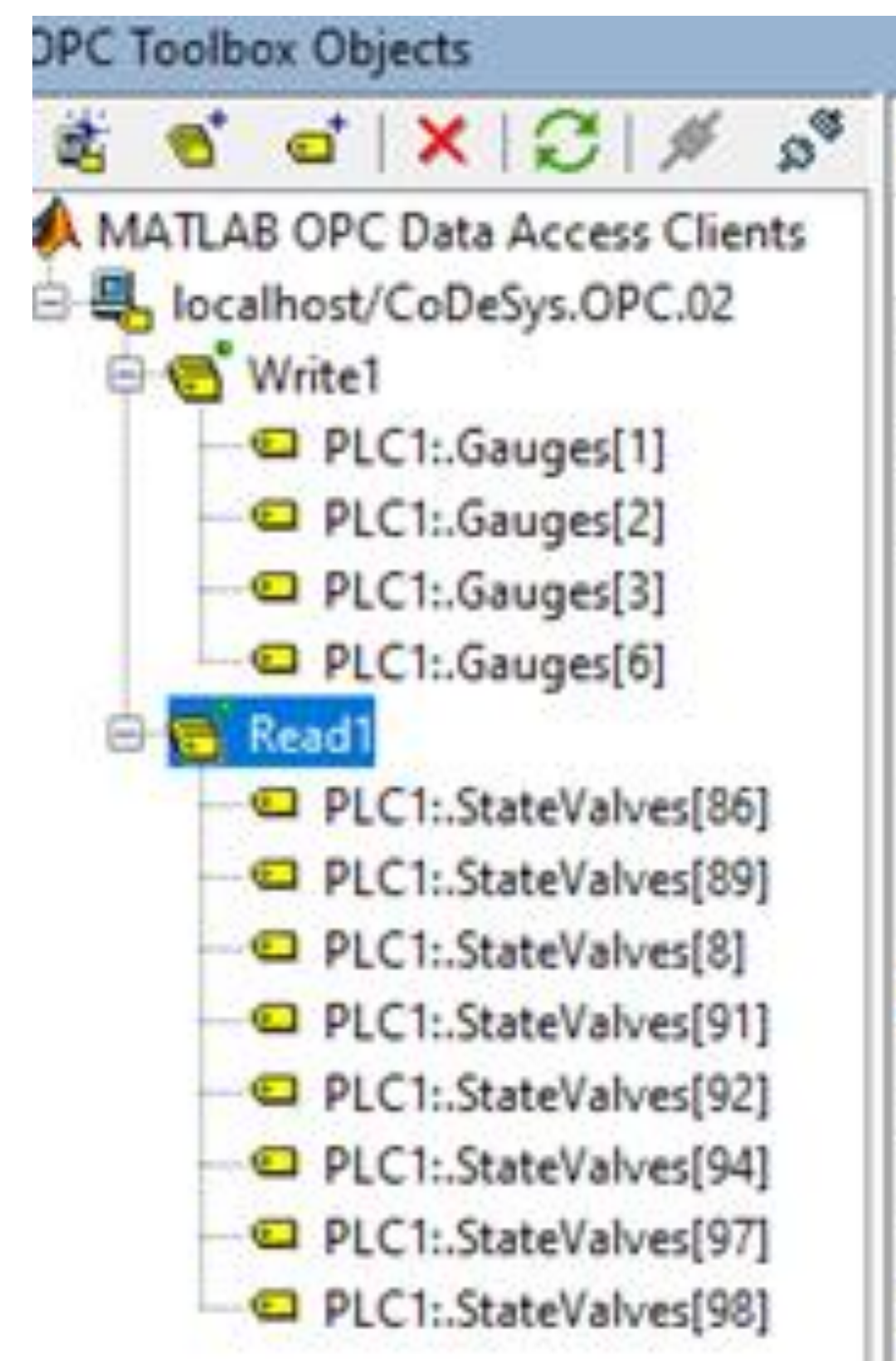


Математическая модель частотного преобразователя

				ВКР.154.005.150304.П/1				
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Схема структурная имитационной модели системы	Лит	Масса	Масшт
	Разраб	Карташова В.Д.				у		
	Провер	Рыбалов А.Н.						
	Т.контр	Рыбалов А.Н.				Лист 4	Листов 6	
Н. Контр	Скрипка О.В.				Адаптированная система управления процессами парциального взвешивания и разлива сырого масла на ООО МЗЗ «Амурский» в г. Белогорск	АМГУ гр. 541-08		
Утв	Скрипка О.В.							



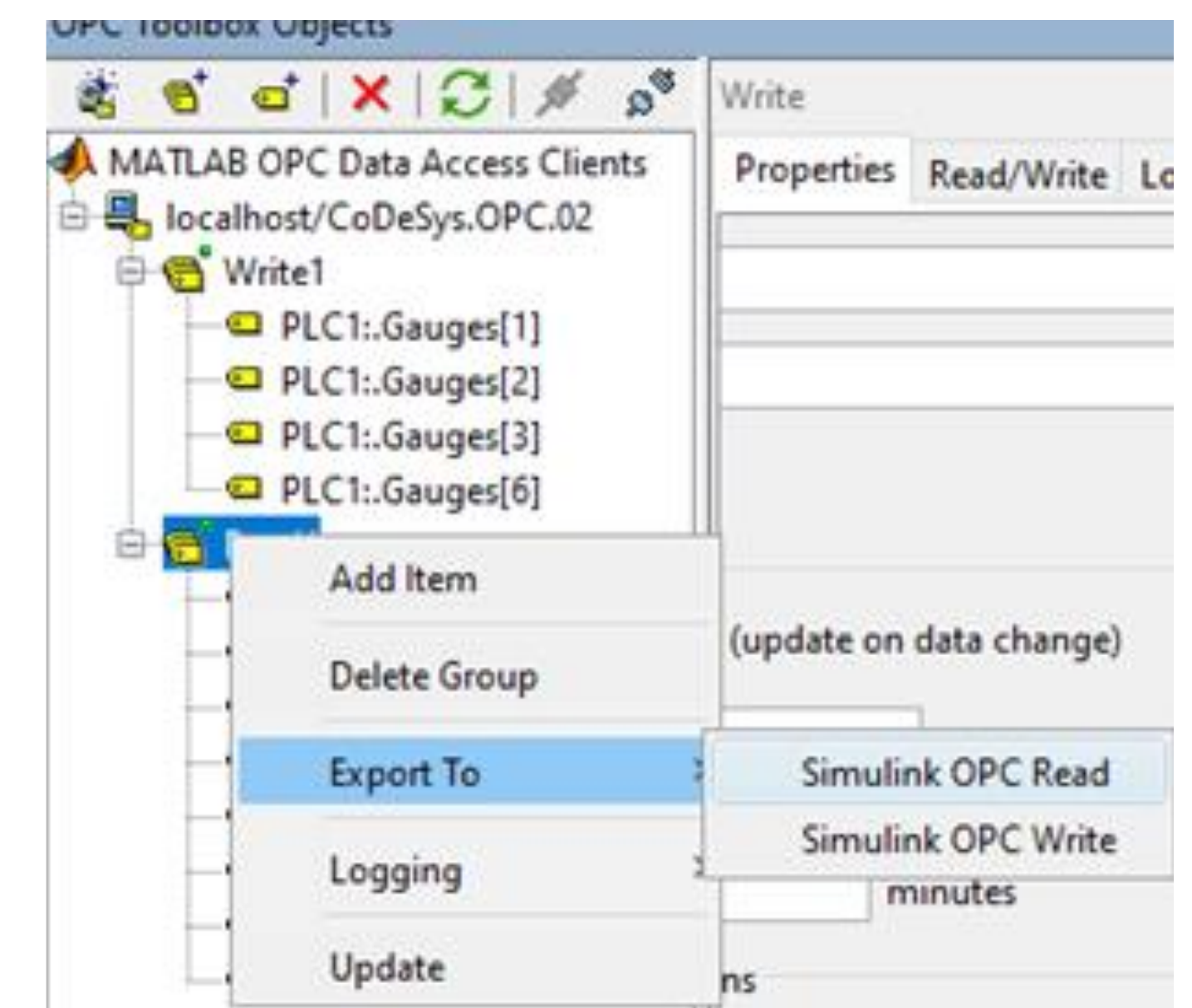
Запущенный CoDeSys SP
PLCWinNT



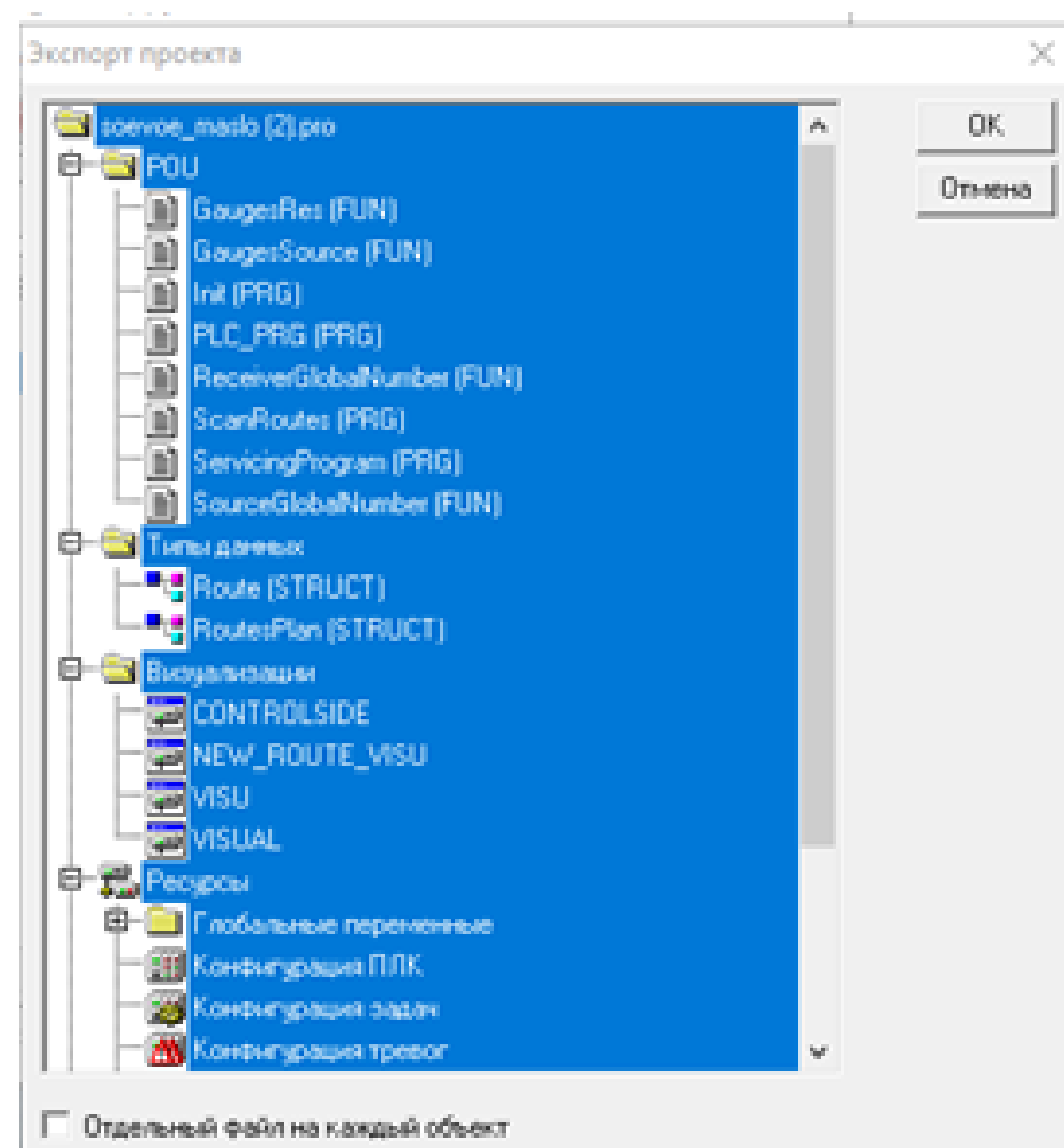
Окно передачи переменных из
CoDeSys в Matlab



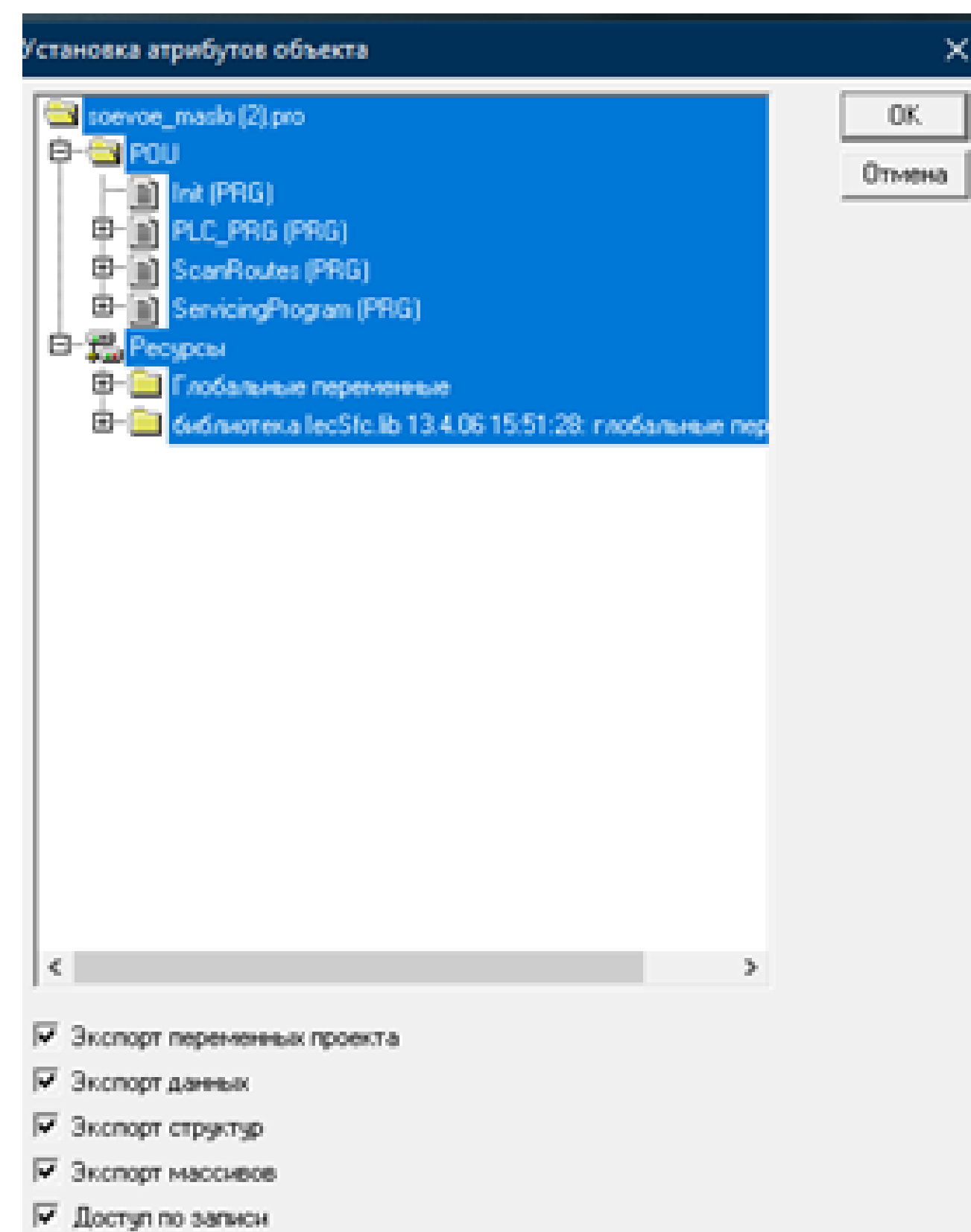
Окно создания соединения с
CoDeSys



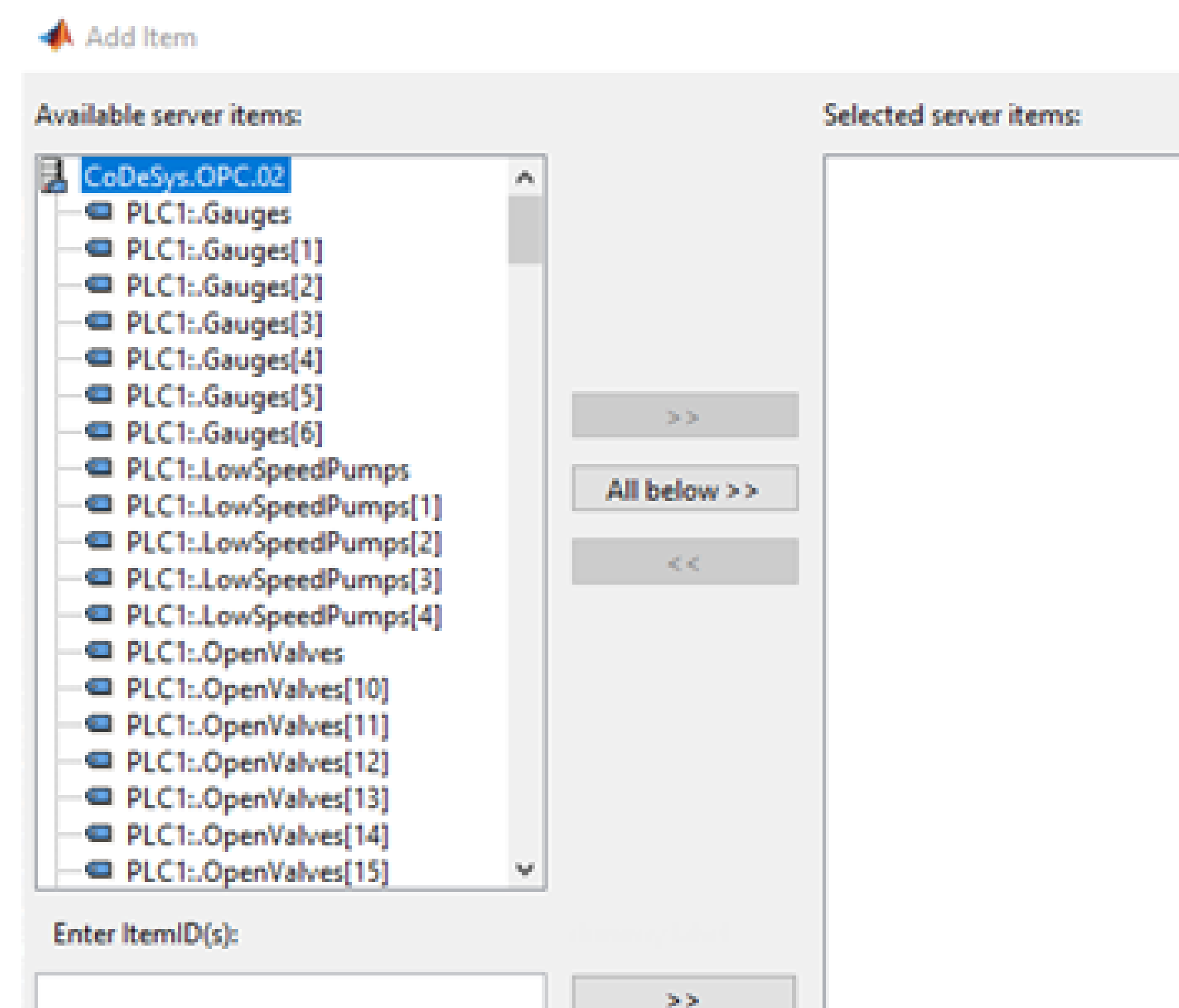
Окно передачи переменных из
CoDeSys в Matlab



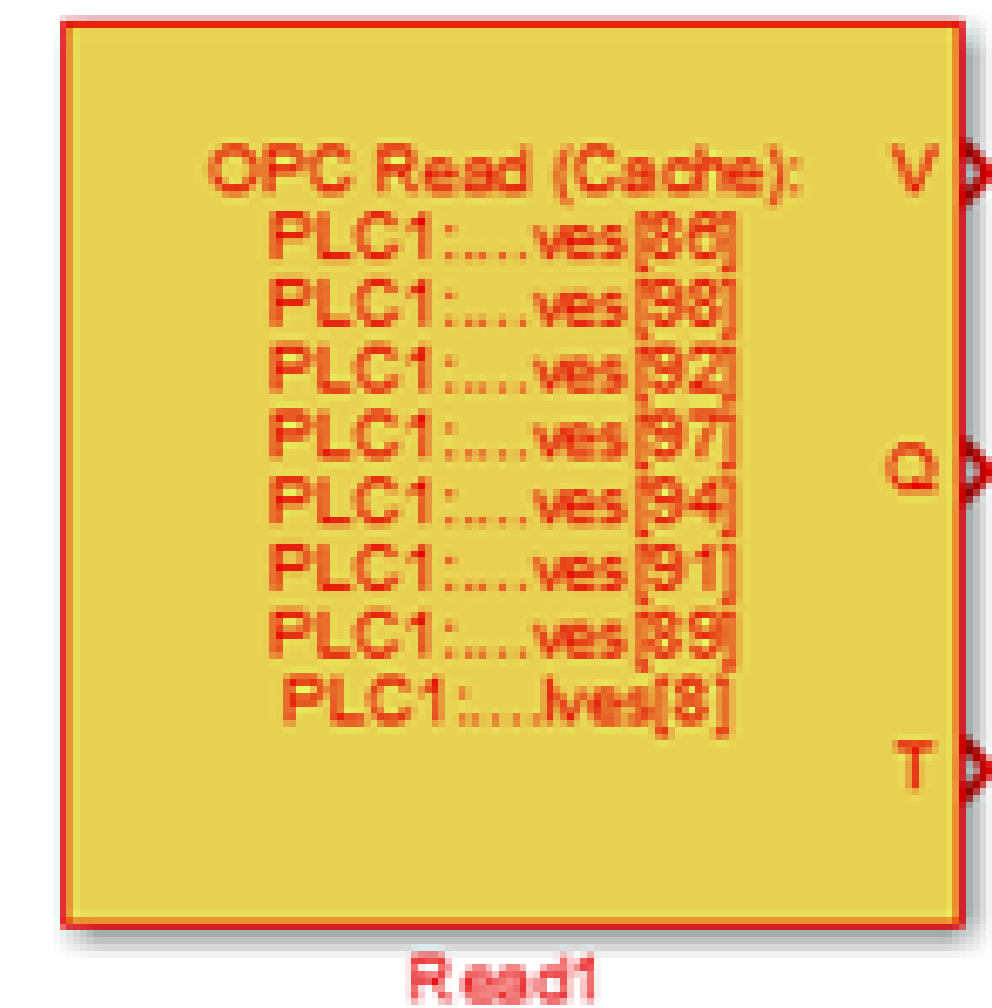
Экспорт проекта



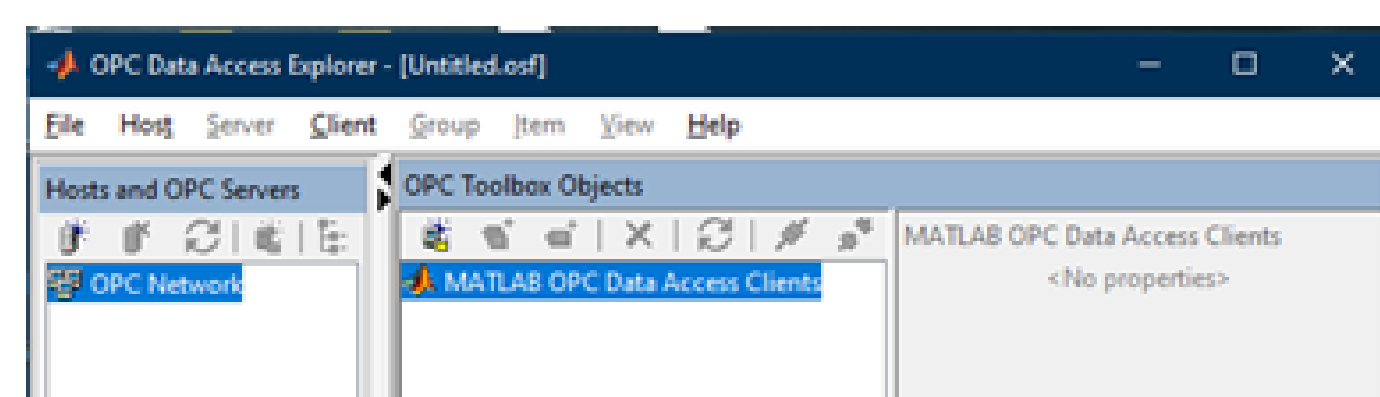
Окно «Установка атрибутов
проекта»



Окно передачи переменных из
CoDeSys в Matlab



Блок «OPC Read»



Окно «OPC Data Access
Explorer»

				ВКР.154.005.150304.П/Л		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лит	Масса
Разраб	у	Карташова В.Д.				
Провер		Рыдалев А.Н.				
Т.контр		Рыдалев А.Н.			Лист 5	Листов 6
Н.Контр		Скрипка О.В.			АмГУ зр. 541-об	
Утв.		Скрипка О.В.			Автоматизированная система управления процессами порционного взвешивания и розлива соевого масла на ООО МЗ «Амурский» в г. Белогорск.	

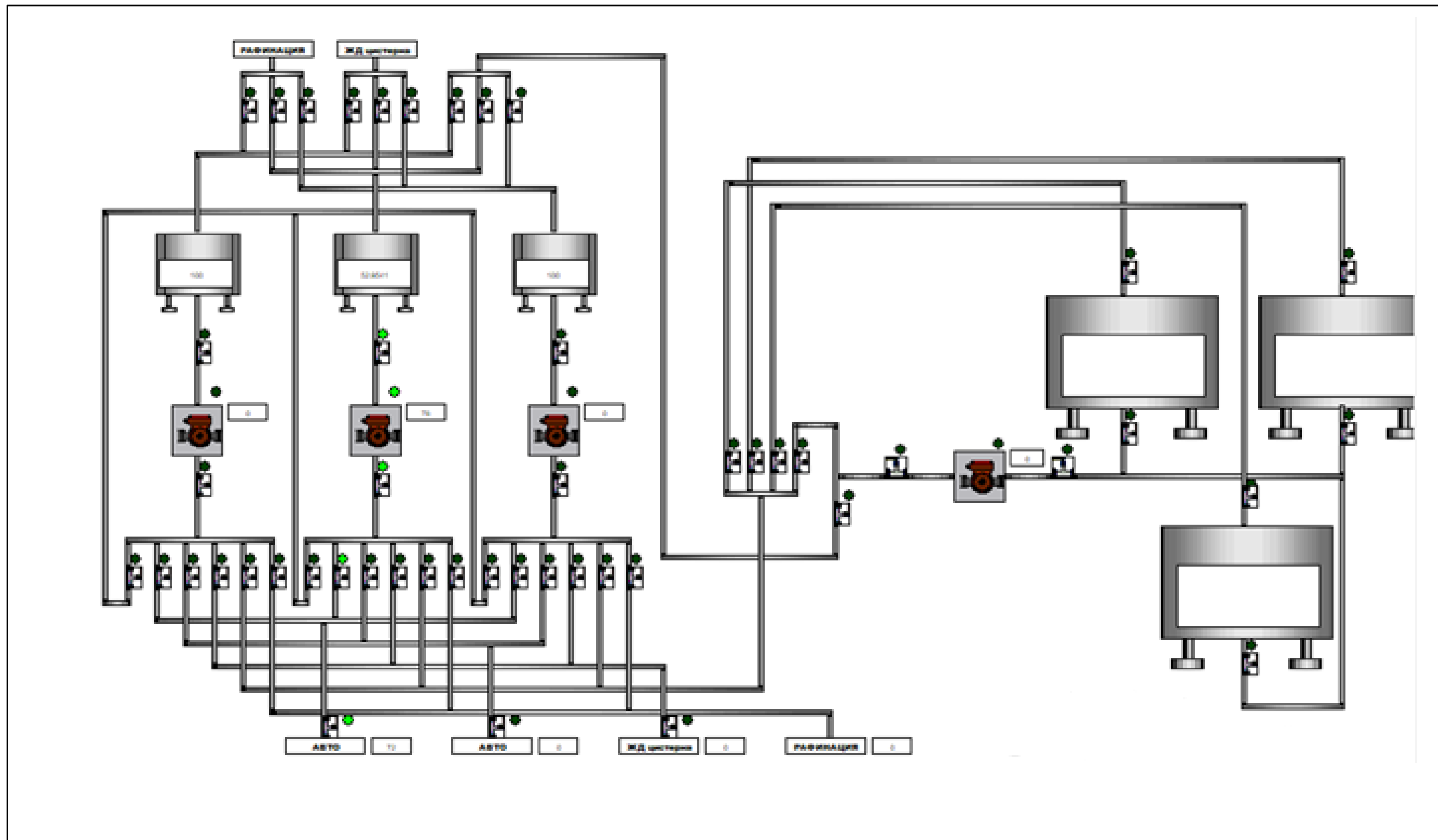
	Источник	Контроль	Приемник	Контроль	Вес/уровень, %	Состояние
1	Емк. 14	да	Автоцист.1	нет	50.0	Запуск
2	Рафин.	да	Емк. 14	да	50.0	Выполнено
3						
4						
5						

Окно «Таблица маршрутов»

Источник

Приемник

Окно «Создание маршрута»



Графический интерфейс системы

Выберете на чьей стороне контроль?

Окно «Выбор контроля»

				ВКР.154.005.150304.П/1		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лит	Масса
Разраб.		Карташова В.Д.			у	
Провер.		Рыбалов А.Н.				
Т.контр.		Рыбалов А.Н.				
Н.Контр.		Скрипка О.В.				
Чтв.		Скрипка О.В.				
Графический интерфейс SCADA-системы					Лист 6	Листов 6
Автоматизированная система управления процессами порционного взвешивания и розлива соевого масла на ООО МЭЗ «Амурский» в г. Белозерск					АМГУ зр. 541-08	