



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **AUTOMATISEERITUD LEIVATAIGNA TOOTMINE**

**Automated production of bread dough**

TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Jelena Polunina  
Üliõpilaskood: 178670RDDR  
Juhendaja: Juri Bõlov



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОПАРЫ ХЛЕБА**  
TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Jelena Polunina  
Üliõpilaskood: 178670  
Juhendaja: Juri Bõlov

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 20.....

Autor: Jelena Polunina  
/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." ..... 20.....

Juhendaja: Juri Bõlov  
/allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." ..... 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees: Sergei Pavlov

/nimi ja alkiri/

## **LIHTLISENTS LÕUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Jelena Polunina (sünnikuupäev:05.05.1990)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Mugav valgusallikas, mille juhendaja on Sergei Pavlov,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Jelena Polunina, 178670RDDR

Õppekava, peeriala: RDDR Tootmise automatiseerimine(lõputööd)

Juhendaja(d): Lektor, Juri Bõlov, juri.bolov@taltech.ee

Konsultant:

### Lõputöö teema:

"Automatiseeritud leivataigna tootmine."

"Automated production of bread dough."

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uute seadmete paigaldamine leivataigna tootmiseks

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Automaatse juhtimissüsteemi tööpõhimõtted	05.02.22
2.	Töö taigna tootmissüsteemi parameetritega	20.02.22
3.	Töö ulatuse määramine	20.02.22
4.	Kasutatavate seadmete omadused	01.03.22
5.	Uute seadmete valik	15.03.22
6.	Juhtimissüsteemi uute seadmete valik	15.03.22
7.	Praktiline ülesanne lõpetamine.	15.04.22
8.	Lõputöö avalduse esitamise ÕISis.	05.05.22
9.	EELKAITSMine osalemine.	20.05.22
10.	Diplomitöö kaitse.	07.06.22

**Töö keel:** Vene keel

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** "05"02. 2022 a

**Üliõpilane:** Jelena Polunina

"28" 02. 2022 a

/allkiri/

**Juhendaja:** Juri Bõlov

"28"02. 2022 a

/allkiri/

**Konsultant:**

/allkiri/

"..."..... 2022 a

**Programmijuht:** Sergei Pavlov

/allkiri/

"..."..... 2022a

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	8
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СИМВОЛОВ.....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	12
1.1 Параметры контроля процесса .....	12
2. УСЛОВИЕ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ .....	14
3. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА .....	15
3.1 Структура автоматизированной системы управления технологическим процессом .....	15
4. ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СОГЛАСНО ПАРАМЕТРАМ.....	17
4.1 Датчик измерения давления .....	17
4.2 Датчик измерения расхода .....	18
4.3 Измерительный преобразователь температуры .....	19
4.4 Средства воздействия на процесс .....	20
4.5 Выбор уровнемера .....	21
5. СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА .....	22
6. ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СРЕДНЕГО УРОВНЯ .....	23
6.1 Siemens Simatic S7-1200 .....	27
6.2 Модуль ввода дискретных сигналов .....	28
6.3 Сигнальная плата .....	29
6.4 Модуль аналогового ввода.....	30
6.5 Контроль питания .....	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	33
КОККУVÖTE .....	34
SUMMARY.....	35
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	38
Схема 3.1 - Структурная схема автоматической системы.....	38
Таблица 4.1 – Технические характеристики датчика давления Метран-100 [3].....	38
Таблица 4.2 – Технические характеристики расходомера [4] .....	39
Таблица 4.3 – Технические характеристики датчика температуры Метран–2000 [5] .....	39
Таблица 4.5 – Технические характеристики уровнемера Ризур 900 [7] .....	39

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Проект по установке нового оборудования по производству опары выбран из-за того, что в нем есть, как экономический смысл, так и рациональное использование ингредиентов. Проект позволит точнее применять рецептуры производства хлебобулочных изделий и производить необходимые корректировки в рецептуре при необходимости.

Проект осуществляется фирмой ООО «Группа компаний «Дарница» на производстве Хлебобулочный изделий.

Хочу выразить благодарность руководителю отдела технического сопровождения и данного проекта – Ирину Александровну Тимофееву, а так-же другим работникам-кто обучал и помогал в возможности принять участие в данном проекте.

Отдельную благодарность хочу выразить своим преподавателям TalTech за полученные знания в процессе обучения.

При автоматизации системы управления преследуют следующие цели:

- повышение оперативности управления объектами;
- контроль количества и качества транспортируемых и потребляемых ресурсов;
- оптимизация затрат на персонал с обеспечением безопасной эксплуатации объектов;
- централизация и повышение уровня детализации учета энергоресурсов, с одновременным сокращением затрат на процесс сбора этой информации;
- повышение качества и безопасности ведения технологического режима;
- повышение надежности управления;
- повышение точности измерения и регулирования технологических параметров;
- повышение оперативности действий персонала;
- снижение затрат на обслуживание оборудования;
- снижение затрат на ведение технологических процессов;
- автоматизация расчета технико-экономических показателей, планирование производственной деятельности, формирование оперативных сводок и отчетных документов предприятия;
- снижение энергозатрат.



## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И СИМВОЛОВ**

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.

ТС - Термометр сопротивления.

ЭДС – Электродвижущая сила.

SCADA - аббревиатура от английского Supervisory Control And Data Acquisition, Диспетчерское управление и сбор данных.

УСО - устройства связи с объектом, то есть с промышленными контроллерами и платами ввода/вывода.

HMI - от английского Human Machine Interface, человеко-машинный интерфейс.

RS485 - от английского Recommended Standard 485, стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса. Регламентирует электрические параметры полудуплексной многоточечной дифференциальной линии связи типа «общая шина».

Modbus RTU - коммуникационный протокол, основанный на клиент-серверной архитектуре. Он использует для передачи данных последовательные линии связи RS-485, а также сети TCP/IP.

HART-протокол (Highway Addressable Remote Transducer Protocol) – цифровой промышленный протокол передачи данных. Модулированный цифровой сигнал позволяет получить информацию о состоянии датчика или осуществить его настройку. Он накладывается на токовую несущую аналоговой токовой петли уровня 4–20 мА.

IP – от английского Ingress Protection Rating, система классификации степеней защиты оболочки электрооборудования от проникновения твёрдых предметов и воды. Под степенью защиты понимается способ защиты, проверяемый стандартными методами испытаний, который обеспечивается оболочкой от доступа к опасным частям (опасным токоведущим и опасным механическим частям), попадания внешних твёрдых предметов и (или) воды внутрь оболочки.

DIN - (Deutsche Industrie Norm) немецкий промышленный стандарт.

АС – переменное напряжение.

DC – постоянное напряжение.

Siemens S7 – серия контроллеров компании Siemens АСУ – автоматизированная система управления

ПЛК – программируемый логический контроллер

СИ – средство измерения

ЧЭ – чувствительный элемент

Real-time mode – режим работы в реальном времени

Touch-screen – сенсорный экран

PLC (Programmable Logic Controller) – программируемый логический контроллер, представляют собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора,

преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, имеющий конечное количество входов и выходов, подключенных к ним датчиков, ключей, исполнительных механизмов к объекту управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени

°C- температура

bar- единица измерения давления

mA- Миллиампер

## **ВВЕДЕНИЕ**

Заключительная работа написана в ходе прохождения практики на предприятии в городе Санкт-Петербург хлебозавод «Дарница»

Установкой оборудования на производстве занималась фирма «Русская Трапеза». Компания квалифицируется на производстве и продаже хлебопекарного оборудования для хлебозаводов, пекарен, кондитерских фабрик.

Целью заключительной работы является представление проекта по установке нового оборудования приготовления опары для последующего приготовления хлебобулочных изделий. В связи с увеличением спроса продукции на рынке, было принято решение об открытии нового цеха по производству х/б изделий. После монтажа нового оборудования будет произведен монтаж и подключение измерительных приборов на теплообменник для подогрева воды, дозатор муки и дрожжевой суспензии, заварочную машину, чан напорный, чан дрожжевой, нагнетатель опары на тестомесительный аппарат, нагнетатель опары, тестомесительную машину и узлов подача жидких компонентов и муки.

В поставленных задачах проекта будет разработано и установлено:

- Схема функциональная
- Места установки измерительного оборудования
- Определены параметры системы приготовления
- Выбор приборов для системы

После введения оборудования в работу, будет произведен расчет использования ингредиентов и качества производимой продукции. Данные расчеты помогут определить целесообразность для возможности расширения аналогичных производств, так как в последнее время данная отрасль очень актуальна и пользуется спросом.

# **1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

В данной работе рассматривается установка нового оборудования и автоматизация технологического процесса приготовления опары для теста.

Начало приготовления опары начинается с подачи технологической очищенной воды на подогрев в теплообменник, при этом контролируется 29-32 С° воды датчиком температуры, расход воды примерно 195 л/час, давление воды в трубопроводе. Вода поступает в теплообменник, в котором регулируется уровень воды путем воздействия на регулирующий клапан, расположенный на трубопроводе подачи воды. Вода, проходя протоком через внутреннее пространство теплообменника нагревается до температуры необходимой 29-32 С° согласно технологическому процессу.

В змеевик теплообменника подается пар 110-130 С° при давлении 1,5-2,5 bar от общей сети обогрева предприятия, расход которого регулируется регулирующим клапаном, а также ведется контроль температуры пара на входе. Пар, передав часть тепла воде движется на обогрев водяных рубашек в чанах дрожжевых, в которых необходим подогрев 32С° готовой продукции опары. Подача пара регулируется с помощью единого регулировочного клапана для всех трех чанов дрожжевых.

На предприятии установлены отдельные дозаторы для подачи дрожжевой суспензии и муки, в которых регулируются уровень рабочей среды, для регулирования подачи на выходных узлах установлены клапаны подачи. Далее в заварочную машину подается подогретая вода 29-32 °С, мука и дрожжевая суспензия. По месту оператором запускаются мешалки машины, останов подачи рабочих сред регулируются по уровню опары в машине предусмотрен датчик верхнего уровня и датчика нижнего уровня. После опара перекачивается нагнетателем опары в чаны в дозатор, и далее перекачивается в чаны брожения соединенных между собой и представляющие единый аккумулирующий бак.

После подъема жидкой опары, она подается в тестомесительную машину с помощью отдельного нагнетателя опары. [1]

## **1.1 Параметры контроля процесса**

В рамках технологического процесса происходит измерения и регулирования следующих параметров:

- Температура воды на подогрев;
- Давление воды на подогрев;
- Расход воды на подогрев;
- Давление воды в теплообменнике;
- Уровень воды в теплообменнике;
- Расход пара на змеевик;

- Температура пара на змеевик;
- Температура воды за теплообменником;
- Верхний уровень опары в заварочной машине;
- Нижний уровень опары в заварочной машине;
- Уровень муки в дозаторе;
- Уровень дрожжевой суспензии в дозаторе;
- Верхний уровень опары в чанах дрожжевых;
- Нижний уровень опары в чанах дрожжевых.

на представлена на рисунке 1.1.

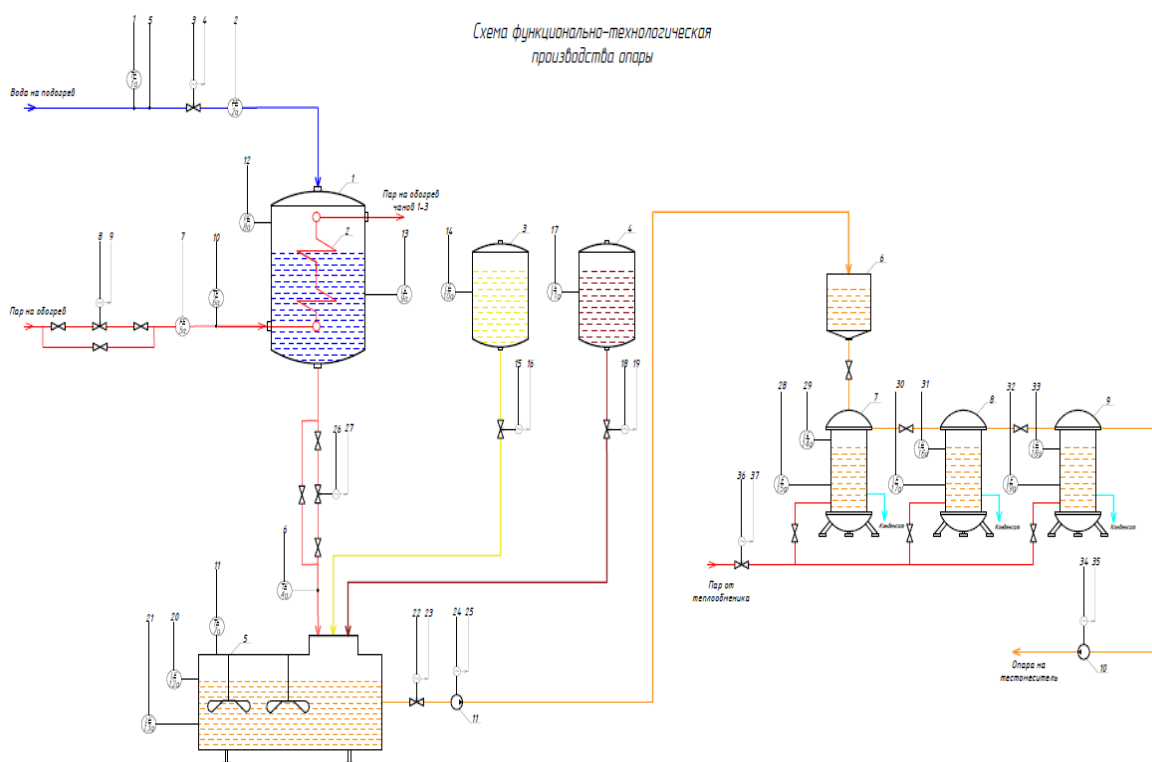


Рисунок 1.1 – Технологическая схема производства опары

На рисунке 1.1 обозначены следующие технологические объекты:

- 1) Теплообменник для подогрева воды;
- 2) Дозатор муки и дрожжевой суспензии;
- 3) Заварочная машина;
- 4) Чан напорный;
- 5) Чан дрожжевой;
- 6) Нагнетатель опары на тестомесительный аппарат;
- 7) Нагнетатель опары на чан напорный;
- 8) Тестомесительная машина

## **2. УСЛОВИЕ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ**

Хлебопекарное производство относится к работам средней тяжести-категория 2а. Температура воздуха 22-23С°. Температура поверхности оборудования 40С, при относительной влажности воздуха 40-60%.

Согласно СанПиН 2.2.3.548-96 параметры микроклимата в холодный период года категории 2а- температура воздуха 19-20 С° температура поверхности оборудования 18-22С, влажность 40-50%. Так-же скорость движения воздуха 0,2 м/с. В теплый период года температура воздуха:20-22С°, температура поверхности оборудования 19-23С° при относительной влажности 40-60%.

Класс пожароопасных зон- В- IIа Хранение муки, просеивающее оборудование.

Хлебобулочные производства относятся к категории Б (по норме технологического проектирования- горючие пыли или волокна. По пожаро- взрывоопасности мучная пыль относится к 2 классу, взрывоопасность с нижним концентрированным пределом 16-70 г/м. Уровень шума в цеху выше уровень 80дБ около 90дБ по нормативному документу СН 2.24/2.1.8.562-96.

Вибрация оборудования минимальна, ПДУ соответствует СН 2.24/2.1.8.562-96.

Норма естественного освещения на производстве согласно СНИП 2305-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования»

Разряд зрительных работ IV. Характеристика зрительных работ средней точности.

Содержание пыли в воздухе на производстве превышающее уровень допустимой концентрации для муки- бмг/м3.

Используются трубопроводы устойчивые к воздействию щелочи и кислоты. Требование к трубам- AISI 316, гладкая и ровная поверхность без неровностей и сколов и иных повреждений. Диаметр трубопровода DN40.

Требования технических регламентов, принятых в России:

ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»

ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»

ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов технологических вспомогательных средств»

Согласно выше указанным требованиям оборудование для контроля и отображения параметров процесса должно быть следующего исполнения:

1. Материал исполнения: AISI 316
2. Диаметр трубопровода: DN40
3. Тип подключения: HART 4-20мА
4. Температура воздуха: 18-23С
5. Температура поверхности оборудования: от 18-40С
6. Класс пыли и влагозащиты: IP 50 [2]

### **3. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА**

В рамках данного проекта для осуществления контроля планируется установить следующее измерительное оборудование:

1. Линию подачи воды: датчик контроля давления воды, электромагнитный расходомер.
2. Линия пара на обогрев: датчик давления, температурный датчик, расходомер.
3. Линия подачи муки: уровнемер, клапан подачи, нижний и верхний уровень опары в заварочной машине.
4. Линия подачи дрожжевой суспензии: уровнемер, клапан подачи.
5. Линия подачи готовой опары на тестомеситель: температурный датчик, верхний и нижний уровень опары в заварочной машине, верхний и нижний уровень опары в чанах дрожжевых.

#### **3.1 Структура автоматизированной системы управления технологическим процессом**

Одним из важнейших технических решений, которые необходимо решить, является разработка структурной схемы автоматизации. Структурная схема отображает основные технические решения, которые были приняты при проектировании системы автоматического управления. На данном этапе учитываются особенности технологического оборудования, а также его удаленное расположение на предприятии. Принимается во внимание особенности размещения пунктов управления, которые позволяют обслуживающему персоналу эффективно производить мониторинг важнейших физических величин, а также производить управление технологическим процессом. Под структурой управления понимается совокупность частей автоматической системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, а также пути передачи воздействий между ними.

В рамках данной работы было принято решение реализации системы управления с центральным контроллером.

В рамках данной работы предлагается классическая трехуровневая структура системы автоматизации.

Для каждого уровня отводится отдельный функционал, который в связке с другими образует единую систему управления.

Первый уровень называется полевым, который включает в себя датчики, регулирующие клапаны и другие преобразователи. Данный уровень служит для сбора данных с технологического процесса и получения уставок от верхних уровней.

Следующий средний уровень включает в себя программируемый логический контроллер и модули ввода-вывода сигналов, а также средства для обеспечения связи с верхним уровнем. Для верхнего уровня отводится автоматизированное рабочее место оператора, на рабочем компьютере которого устанавливается специализированное программное обеспечения СКАДА. С данного уровня производится мониторинг и управления технологическим процессом.

Структурная схема автоматической системы управления представлена на отдельном чертеже и приведена в Приложении 3.1.

Согласно приведенной структурной схемы в Приложении 3.1 можно сделать вывод, что в основе системы находится программируемый промышленный контроллер, который по заданному алгоритму, управляет всем технологическим оборудованием. Учитывая требования повышенной надежности к системе, используются цифровые технологии получения, обработки, передачи информации и диагностике текущего состояния технологического оборудования. Для этого применен контроллер, который отвечает всем поставленным требованиям. Имеется сертификат соответствия. Данный контроллер отвечает требованиям национальных и международных стандартов и норм.



## **4. ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СОГЛАСНО ПАРАМЕТРАМ**

При производстве хлебобулочных изделий, особое внимание обращается на тип используемого оборудования. Для правильного подбора контрольно измерительных приборов и средств автоматизации, необходимо отталкиваться от автоматизируемого процесса. Согласно определенным параметрам рабочей среды оборудования в главе 2, был произведен подбор следующего измерительного оборудования:

- Прибор для измерения давления
- Прибор для измерения расхода
- Прибор для измерения температуры

### **4.1 Датчик измерения давления**

В рамках данного процесса, был выбран датчик давления: Метран-100. Данные датчики высоко зарекомендовали себя при эксплуатации на пищевых предприятиях. В рамках технологического процесса производится контроль давления воды перед теплообменником. Данные датчики являются пьезоэлектрическими манометрами. Данные датчики являются пьез датчиками, которые работают по принципу сжатия и деформации установленной внутри первичного преобразователя пластины. Поскольку использование датчика предполагается на пищевом производстве, крайне важна степень его защиты IP. Внешний вид датчика давления приведен на рисунке 4.1. [3]



Рисунок 4.1 – Внешний вид датчика давления [3]

Технические характеристики датчика давления приведены в приложении таблица 4.1.

## 4.2 Датчик измерения расхода

Крайне важной величиной, которую необходимо мониторить в рамках технологического процесса является расход пара и воды на подогрев. Для данной задачи было принято решение использовать классические электромагнитные расходомеры компании Siemens. Принцип работы данного типа расходомера основан на эффекте возникновения электромагнитной индукции в соответствии с которым в электропроводной жидкости, пересекающей магнитное поле, индуцируется ЭДС, пропорциональная скорости движения жидкости. В головке подобного расходомера имеется преобразователь в выходной сигнал 4-20 мА, который возможно заводить на аналоговый модуль ввода сигнала. Внешний вид расходомера представлен на рисунке 4.2. [4]



Рисунок 4.2– Внешний вид расходомера [4]

Технические характеристики выбранного расходомера приведены в приложении таблица 4.2.

### **4.3 Измерительный преобразователь температуры**

При приготовлении опары очень важно соблюдать температурный режим, так-как не соблюдение температурного режима отразится на качестве производимого продукта.

Для проекта был выбран преобразователь температуры Метран – 2000.

Внешний вид преобразователя Метран представлен на рисунке 4.3 [5]



Рисунок 4.3– Внешний вид преобразователя температуры [5]

Технические характеристики выбранного преобразователя температуры приведены в приложении таблица 4.3.

## 4.4 Средства воздействия на процесс

Для управления рабочей средой в технологическом процессе устанавливаются регулирующие клапаны. Однако данные регулирующие клапаны должны выполняться из нержавеющей стали для предотвращения образования коррозий и посторонних примесей для готовой продукции. Для применения в рамках проекта выбраны гигиенические клапаны серии 400.5. Регулировка процессов в пищевой и фармацевтической промышленности, в системах для воздуха, паров и газов, водяного пара и жидкостей в качестве рабочей среды. Внешний вид выбранных регулирующих клапанов приведен на рисунке 4.4. [6]



Рисунок 4.4 – Внешний вид клапана регулирования [6]

## 4.5 Выбор уровнемера

Поскольку в технологическом процессе необходимо мониторить уровень во многих технологических объектах, для этого необходимо подобрать оптимальный по своему устройству датчик уровня. Компания Ризур выпускает уровнемеры серии 900. Для данного проекта были выбраны уровнемеры, которые работают по принципу ультразвукового измерения рабочей среды, такой тип измерения гарантирует точный контроль уровня. В головку датчика вмонтирован преобразователь в выходной аналоговый сигнал для подключения в программно-технический комплекс. Внешний вид уровнемера приведен на рисунке 4.5. [7] Технические характеристики выбранного уровнемера приведены в приложении таблица 4.5.



Рисунок 4.5 – Внешний вид уровнемера Ризур 900 [7]

## 5. СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА

Мониторинг процесса производится с помощью управления и визуального контроля механизмов. А также с помощью подключения компьютера к контроллеру. Программа контрольно-измерительных приборов и средства управления, установлен пульт управления с SCADA системой, между пультом управления и контроллером осуществляется связь по средствам Ethernet, по витой паре. Все расходомеры с дигитальными экранами, контроль расхода в литрах, массовый расход-осуществляются по ним.

Мониторинг технологического процесса производится посредством человеко-машинного интерфейса мнемосхемы. Мнемосхема представляет собой функциональную схему, на которой отображаются технологические объекты и основные точки измерения параметров. Данные параметры изменяются в реальном времени, а отображение регулирующих клапанов соответствует их положению – закрыто или открыто. Для прорисовки и программирования мнемосхемы на рабочую станцию оператора устанавливается программное обеспечение компании Siemens. Выбор данного ПО в первую очередь объясняется выбором программируемого логического контроллера данного производителя. В рамках данного проекта будет использоваться Simatic WinCC V15. Одним из важнейших достижений пакета WinCC, является поддержка функции Drag and Drop, данная функция позволяет быстро программировать панель оператора при запрограммированном АРМе.

Для сбора технологической информации используются шкафы управления (ШУ) установленные на объектах диспетчеризации. ШУ обеспечивает преобразование дискретных и аналоговых сигналов и передачу их через локальную сеть по протоколу TCP/IP на АРМ. Так же ШУ обеспечивает доступ к приборам энергоучета и управляющему контроллеру объектов через преобразователь протоколов Ethernet-Serial (RS232, RS485) по протоколу TCP/IP.

- аварийные давления в системах;
- аварийные температуры;
- отключение в аварийных ситуациях;
- отсутствие напряжения в сети;
- системные аварийные сообщения.

Система поддерживает следующие технологии обмена с контроллерами - Ethernet TCP/IP, ModBus/IP, OPC Server/Client. [8]

## **6. ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СРЕДНЕГО УРОВНЯ**

Для подбора программируемого логического контроллера будет использоваться специализированное программное обеспечение компании Siemens, а именно Tia Selection Tool. Данная программа позволит подобрать и сконфигурировать правильные составляющие ПТК на базе контроллера Simatic 1200. Для начала конфигурации создадим новое устройство и выберем вкладку контроллеры. [8]

На стадии выбора ПЛК был проведен анализ технических характеристик, а также необходимых требований к ним.

Для оптимального подбора центрального контроллера, необходимо чтобы он отвечал следующим требованиям:

- Возможность оптимального управления технологическим процессам, согласно информационной нагрузке системы;
- Управление технологическим процессом в реальном времени;
- Архивирование трендов управляемых физических параметров;
- Возможность расширения и модернизации в случае необходимости повышения информационной нагрузки;
- Использование современных интерфейсов связи с верхним уровнем;
- Возможность подключения распределенных станций удаленной периферии для исключения использования больших кабельных ресурсов;
- Вычислительная мощность для выполнения алгоритмов регулирования и мониторинга;
- Модульная конструкция для установки в компактные корпуса, и исключения загромождения технологической линии;
- Возможность подключения дополнительной панели оператора в случае необходимости управления и мониторинга технологическим процессом непосредственно на линии производства.

На рисунке 6А приводится главное меню пакета конфигурации программируемого логического контроллера пакета Tia Selection Tool.

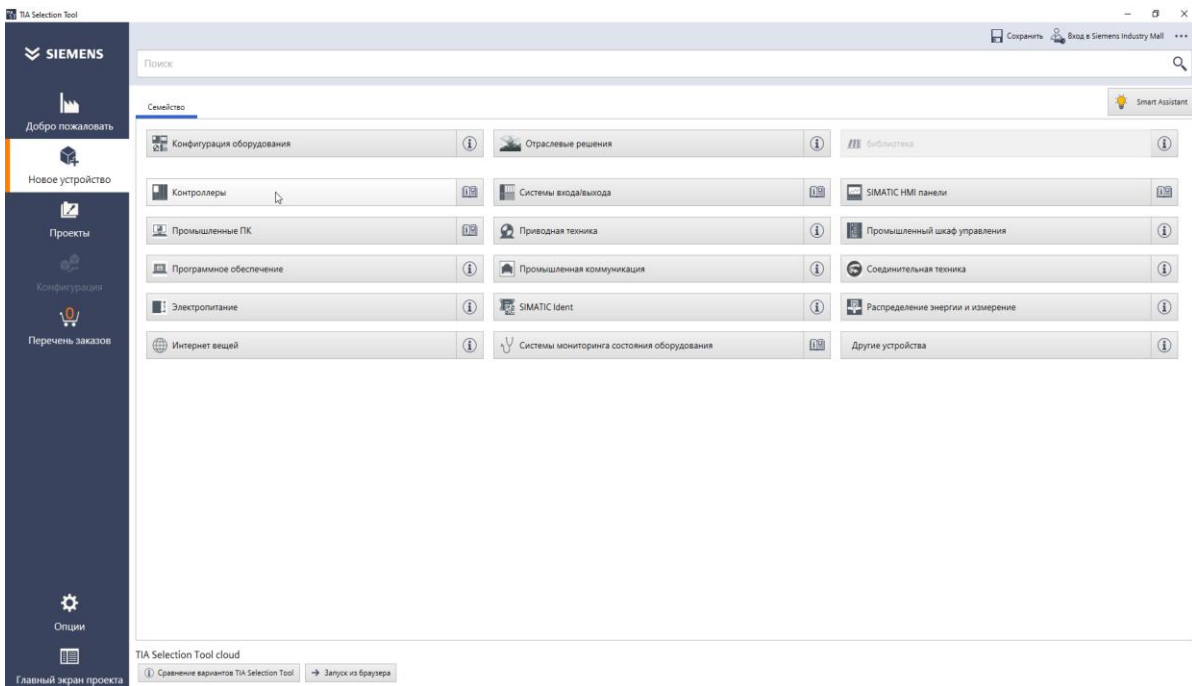


Рисунок 6А – Главное меню пакета Tia Selection Tool

В данной вкладке рисунок 6В откроется список всех доступных моделей логических контроллеров компании Siemens. Как говорилось ранее для проекта будет выбрана модель серии 1200.

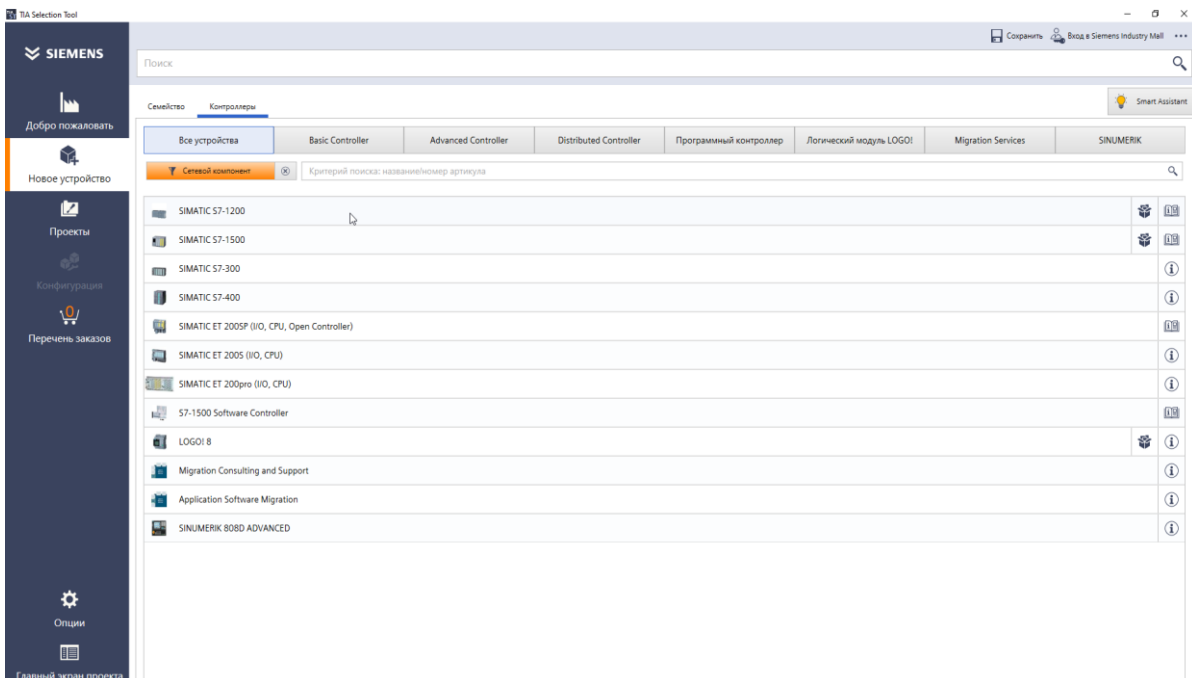


Рисунок 6В – Вкладка контроллеры пакета Tia Selection Tool



Следующим шагом для конфигурации будет добавление необходимых средств автоматизации на виртуальную DIN-рейку, которая отображается при подборе оборудования. В правой части окна отображаются всевозможные конфигурации ПЛК 1200 серии. Так как для управления нужно большое количество входных и выходных сигналов, то для решения этой проблемы необходимы дополнительные модули ввода/вывода. Полная конфигурация показана на рисунке 6С. Финальная конфигурация выглядит как конечное техническое решение и может быть применимо на реальном технологическом объекте. Как видно на финальной версии конфигурации, программируемый логический контроллер и модули ввода/вывода имеют модульную конструкцию и такой ПЛК может быть легко установлен в небольшие корпуса, что может быть огромным плюсом для системы в целом в случае отсутствия места для большого напольного корпуса. [8]

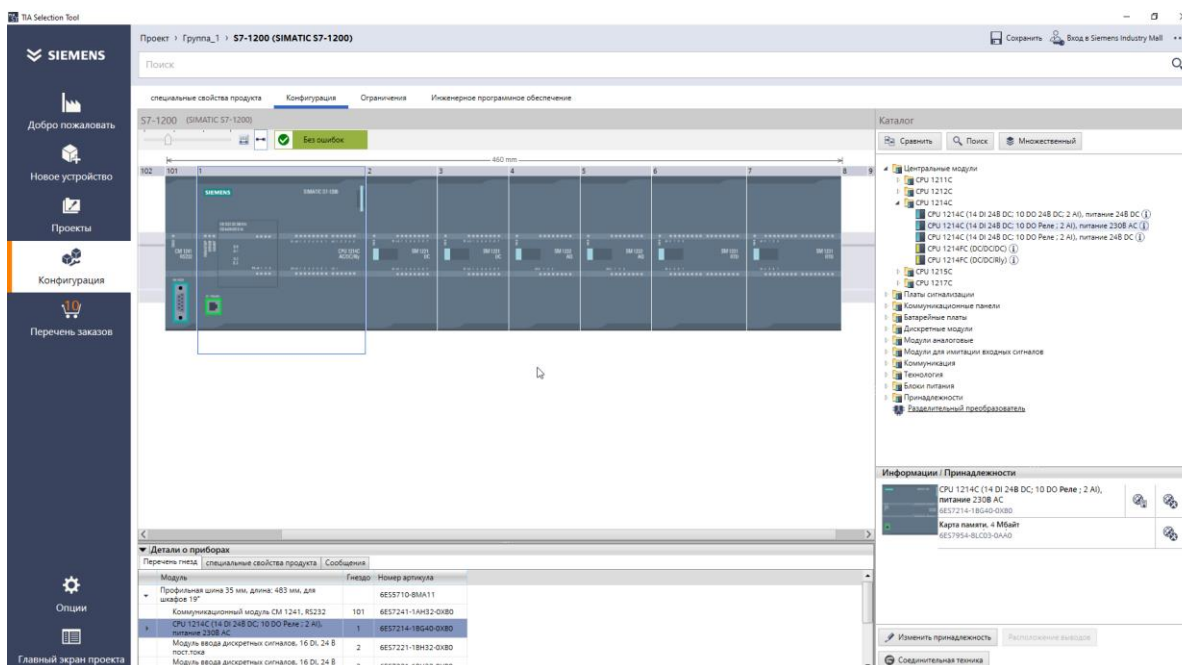


Рисунок 6С – Вкладка контроллеры пакета Tia Selection Tool

Итоговую спецификацию сконфигурированного программно-технического комплекса также легко вывести в любой удобный формат файла. Полная спецификация проекта представлена на рисунке 6D, а также сведена в таблице 6.

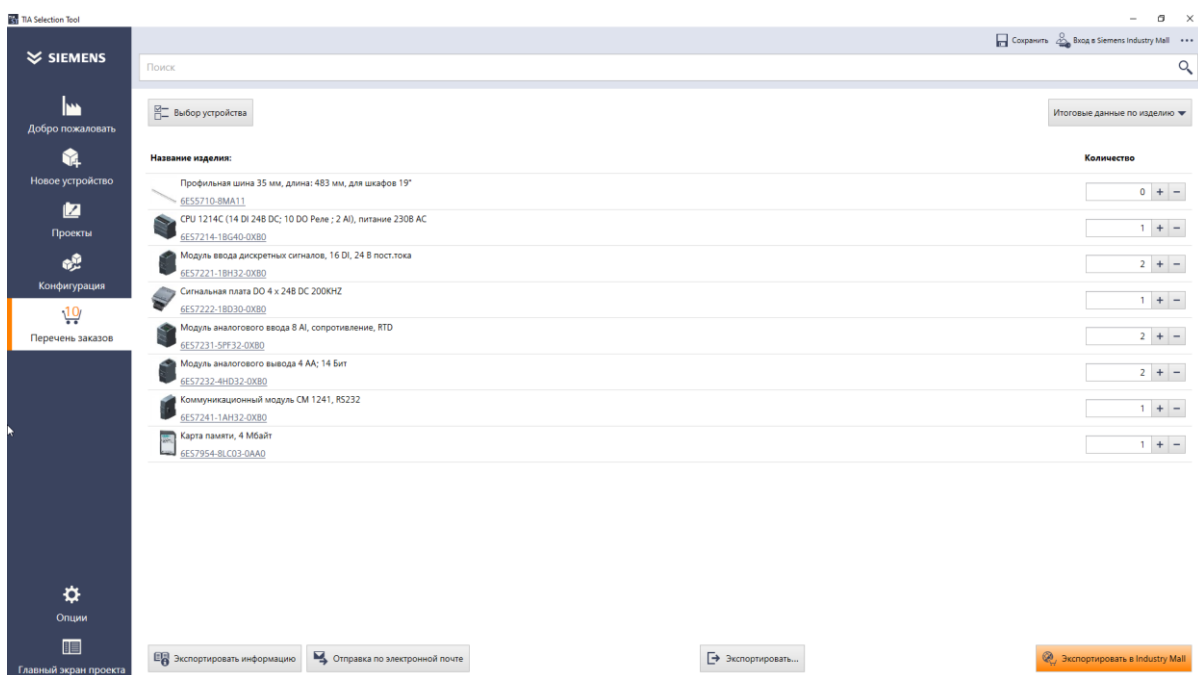


Рисунок 6D

Таблица 6 - Конфигурация микропроцессорного контроллера SIMATIC S7-1200

Технические характеристики	Заказной номер	Ед. изм.	Кол-во
Профильная шина 35 мм, длина: 483 мм, для шкафов 19"	6ES5710-8MA11	шт.	1
CPU 1214C (14 DI 24В DC; 10 DO Реле; 2 AI),	6ES7214-1BG40-0XB0	шт.	1
Модуль ввода дискретных сигналов, 16 DI, 24 В пост. тока	6ES7221-1BH32-0XB0	шт.	2
Сигнальная плата DO изиром x 24В DC 200KHZ	6ES7222-1BD30-0XB0	шт.	1
Модуль аналогового ввода 8 AI, сопротивление, RTD	6ES7231-5PF32-0XB0	шт.	2
Модуль аналогового вывода 4 AA; 14 Бит	6ES7232-4HD32-0XB0	шт.	2
Коммуникационный модуль CM 1241, RS232	6ES7241-1AH32-0XB0	шт.	1

## 6.1 Siemens Simatic S7-1200

Контроль и управление оборудованием осуществляется Siemens Simatic S7-1200 CPU 1214C (14 DI 24В DC; 10 DO Реле ; 2 AI).

Контроллер имеет пакет программного обеспечения для программирования не ниже STEP 7 V17. Питание датчика 24Вольта. Максимальное число модулей на систему: 3 коммуникационных модуля, 1 сигнальный слот, 8 сигнальных модулей. Число цифровых входов-14. Число цифровых выходов- 10, реле. [9]

А также 2 аналоговых входа [9]

Тип интерфейса: PROFINET [9]

Физические параметры интерфейсов: RJ 45 (Ethernet) [10]

Протоколы: контроллер PROFINET IO [10]

Устройство ввода-вывода PROFINET [10]

Связь: SIMATIC [10]

Открытая связь IE [10]

Интернет-сервер [10]

MODBUS [10]

PROFIBUS: Необходимы CM 1243-5(ведущее устройство) или CM 1242-5(ведомое устройство) [10]

OPC UA [10]

Интерфейс AS-Interface: требуется CM 1243-2 [10]

Протоколы (Ethernet): TCP/IP, SNMP, LLDP [10]

Степень защиты IP: 20 [10]



Рисунок 6.1 [11]

## 6.2 Модуль ввода дискретных сигналов

Модуль ввода дискретных сигналов, 16 DI, 24 В посттока [12]

Для связи между контроллером и датчиками. [12]



Рисунок 6.2 [12]

### 6.3 Сигнальная плата

Сигнальная плата DO 4 x 24В DC 200КHZ [13]

24 вольта постоянный ток 200 кГц [13]

Маркировка CE [13]

Допуски: CSA, UL, FM, KC [13]

cULus [13]

RCM (ранее C-TICK) [13]



Рисунок 6.3 [13]

## 6.4 Модуль аналогового ввода

Модуль аналогового ввода 8 AI, сопротивление, RTD [14]



Рисунок 6.4 [14]

Модуль аналогового вывода 4 AA; 14 Бит

Номинальное значение- 24V

Число аналоговых выходов 4, ток или напряжение

Длина провода; Экранированные, макс.: 100м, экранировано, витая пара

Диагностика, аварийные сигналы: да

Диагностика

## 6.5 Контроль питания

Контроль напряжения питания, обрыв провода, короткое замыкание. [15]

Класс защиты IP20 [15]

Маркировка CE [15]

Допуски: CSA, UL, FM, KC [15]

cULus [15]

RSM (ранее C-TICK) [15]



Рисунок 6.5 [15]

SIMATIC S7-1200, КОММУНИКАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ CM 1241, RS232, 9-ПОЛЮСНЫЙ РАЗЪЁМ SUB D (РОЗЕТКА), СВОБОДНО-ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ПОРТ С ПОДДЕРЖКОЙ ТЕЛЕГРАММ [15]

Номинальное значение 24V постоянный ток [15]

Интерфейсы: число интерфейсов- 1 [15]

Тип шины RS 232C [15]

Встроенный драйвер протокола [15]

Свободный порт [15]

ASCII (доступно в качестве функции библиотеки) [15]

Ведущее устройство Modbus RTU [15]

Подчиненное устройство Modbus RTU [15]

Степень защиты IP20 [15]

Маркировка CE [15]

Допуски: CSA, UL, FM, KC [15]

RCM [15]

cULus [15]

Для исключения выхода из работы во время отключения основного питания, для рабочего места предусматривается источник бесперебойного питания, способный обеспечить работу АРМа на пару часов полноценной работы. [15]



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

При выполнении проекта была исследована автоматизированная система управления процессом производства опары.

В ходе выполнения проекта:

- Разработана схема
- Определены места установки измерительного оборудования
- Определены параметры системы приготовления
- Выполнен выбор приборов для системы

Проект позволит точнее применять рецептуры производства хлеба и производить необходимые корректировки в рецептуре. При анализе технических средств автоматизации были рассмотрены и выбраны современные средства контрольно-измерительных приборов. Также был рассмотрен средний и верхний уровень автоматизации. Для данных уровней был подобран современный комплекс технических средств.

Данное оборудование проходит стадию наладки и готовится к вводу в эксплуатацию.

После введения оборудования в работу будет произведен анализ его работы. Основными параметрами которого будет являться экономия сырья и качество получаемого продукта. Это позволит рассмотреть рациональность усовершенствования ранее установленных производственных линий приготовления опары.

## KOKKUVÕTE

Projekti elluviimise käigus uuriti juuretise tootmise protsessi automatiseeritud juhtimissüsteemi.

Projekti käigus töötati välja ja paigaldati:

- Skeem
- Mõõteseadmete paigalduskohad
- Määratletud küpsetussüsteemi parameetrid
- Süsteemi kinnitusdetailide valimine

Projekt võimaldab täpsemalt rakendada leivatootmise retsepte ja teha retseptis vajalikke muudatusi. Automatiseerimise tehniliste vahendite analüüsimisel lähtuti ja valiti kaasaegsed mõõteriistad. Arvesse võeti ka automatiseerimise keskmist ja ülemist taset.

Nende tasemete jaoks valiti välja kaasaegne tehniliste vahendite komplekt.

Seda seadet reguleeritakse ja valmistatakse ette kasutuselevõtuks.

Pärast seadmete kasutuselevõttu viiakse läbi selle töö analüüs. Mille peamised parameetrid on tooraine kokkuhoid ja saadud toote kvaliteet. See võimaldab kaaluda varem loodud juuretise tootmisliinide täiustamise põhjuseid.

## **SUMMARY**

During the implementation of the project, an automated control system for the process of sourdough production was investigated.

In the course of the project, the following was developed and installed:

- Scheme
- Places of installation of measuring equipment
- Cooking system parameters defined
- Selecting fixtures for the system

The project will make it possible to more accurately apply bread production recipes and make the necessary adjustments in the recipe. When analyzing the technical means of automation, modern means of instrumentation were considered and selected. The middle and upper levels of automation were also considered. For these levels, a modern set of technical means was selected.

This equipment is being adjusted and is being prepared for commissioning.

After putting the equipment into operation, an analysis of its operation will be carried out. The main parameters of which will be the saving of raw materials and the quality of the resulting product. This will allow to consider the rationality of improving the previously established production lines for the preparation of sourdough

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства: Учебник. — 9-е изд.; перераб. и доп. / Под общ. ред. Л. И. Пучковой. — СПб: Профессия, 2005. — 416 с., ил.
2. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Online]  
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851474.pdf> (2001).  
(veebiartikkel)
3. Промышленная Группа «Метран». [Online]  
<https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/measurement-instrumentation/metran> (22.11.2021). (veebiartikkel)
4. Официальный сайт Siemens [Online]  
<https://mall.industry.siemens.com/goos/WelcomePage.aspx?regionUrl=/ru&language=ru> (22.11.2021). (veebiartikkel)
5. Преобразователь Метран – 2000 [Online]  
[https://www.emerson.com/documents/automation/%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%88%D1%8E%D1%80%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5-%D0%B8%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-ru-ru-4848420.pdf?\\_gl=1\\*1xjxwka\\*\\_ga\\*MTcyMDYxNzUxMS4xNjU0MTkxMzE3\\*\\_ga\\_1MGRRD9V9H\\*MTY1NDE5MTMxNi4xLjEuMTY1NDE5MTMzOC4w](https://www.emerson.com/documents/automation/%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%88%D1%8E%D1%80%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5-%D0%B8%D0%B7%D0%B3%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-ru-ru-4848420.pdf?_gl=1*1xjxwka*_ga*MTcyMDYxNzUxMS4xNjU0MTkxMzE3*_ga_1MGRRD9V9H*MTY1NDE5MTMxNi4xLjEuMTY1NDE5MTMzOC4w) (9.09.2018).  
(veebiartikkel)
6. Ампики клапаны гигиенические [Online]  
<https://www.ampika.ru/oborudovanie.html?id=14088> (22.11.2021).  
(veebiartikkel)
7. Berger, H. Automatisieren mit STEP 7 in AWL und SCL: Speicherprogrammierbare Steuerungen SIMATIC S7-200/300. Weinheim: John Wiley & Sons, 2014.  
Сигнализатор уровня [Online]  
<https://rizur.ru/catalog/signalizatory-i-datchiki-rele-urovnya/signalizator-urovnya-ultrazvukovoy-rizur-900/> (22.11.2021). (veebiartikkel)
8. TIA Selection Tool – quick, easy, smart configuration. [Online]  
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/tia/tia-selection-tool.html> (17.11.2021). (veebiartikkel)

9. Регулирование на основе SIMATIC Практическое пособие по регулированию на основе SIMATIC и SIMATIC PCS7 Юрген Мюллер с участием др.-инж. Волкер Хунгер др.-инж. Бернд-Маркус Пфайфер Перевод с немецкого со 2-го издания, 2002 г.
10. Berger, H. Automatisieren mit STEP 7 in AWL und SCL: Speicherprogrammierbare Steuerungen SIMATIC S7-300/400. Weinheim: John Wiley & Sons, 2014.  
Программируемые контроллеры S7-1200 Центральные процессоры [Online] [https://www.saa.su/Document/PLC/Simatic/cpu\\_S7-1200\\_2013.pdf](https://www.saa.su/Document/PLC/Simatic/cpu_S7-1200_2013.pdf) (23.11.2021). (veebiartikkel)
11. [https://www.automation.siemens.com/bilddb/search.aspx?objkey=P\\_ST70\\_XX\\_04845](https://www.automation.siemens.com/bilddb/search.aspx?objkey=P_ST70_XX_04845) (15.04.2022). (veebiartikkel)
12. [https://www.automation.siemens.com/bilddb/search.aspx?objkey=G\\_ST70\\_XX\\_00884](https://www.automation.siemens.com/bilddb/search.aspx?objkey=G_ST70_XX_00884) (15.04.2022). (veebiartikkel)
13. [https://www.automation.siemens.com/bilddb/search.aspx?objkey=P\\_ST70\\_XX\\_04766](https://www.automation.siemens.com/bilddb/search.aspx?objkey=P_ST70_XX_04766) (15.04.2022). (veebiartikkel)
14. PROMOTIC SCADA/HMI system. [Online] [https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-1200/03\\_S7-1200\\_2015\\_ru.pdf](https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-1200/03_S7-1200_2015_ru.pdf) (20.08.2021). (veebiartikkel)
15. <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7241-1AH32-0XB0> (15.04.2022). (veebiartikkel)

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Схема 3.1 - Структурная схема автоматической системы

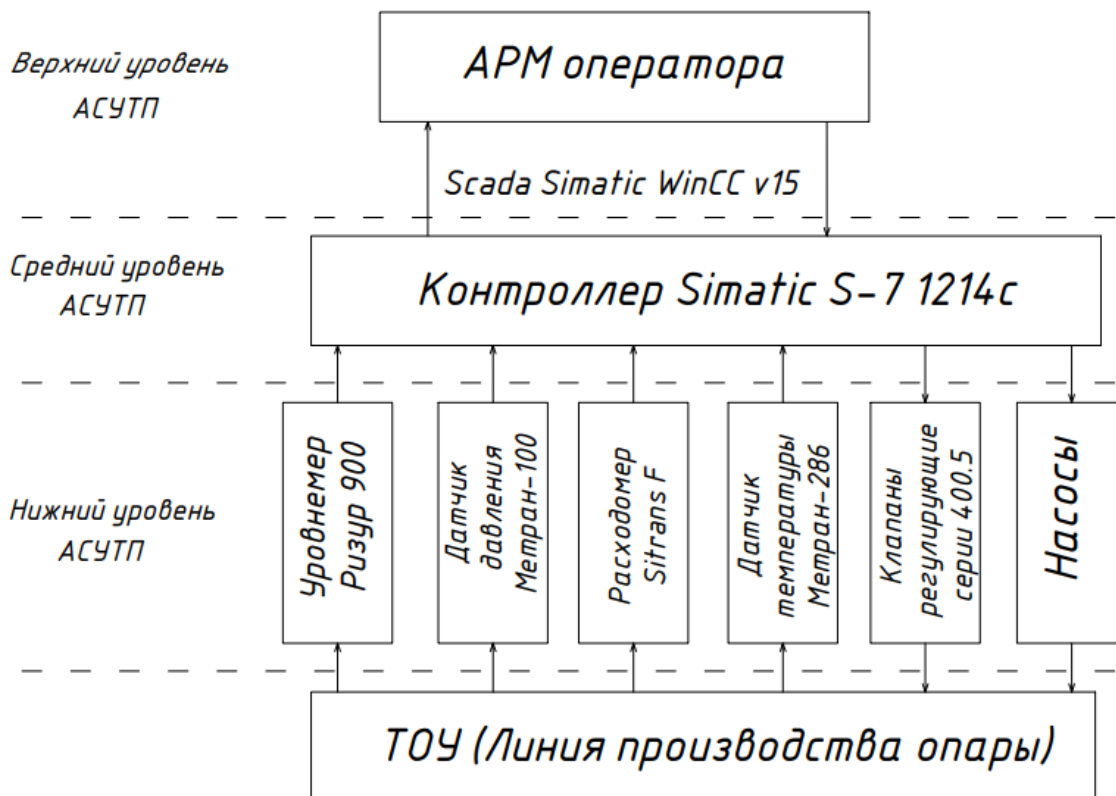


Таблица 4.1 – Технические характеристики датчика давления Метран-100 [3]

Название характеристики	Значение
1	2
Материал деталей	12X18H10T
Климатическое исполнение	У2
Пределы температуры окружающего воздуха	-50...+70 °С
Основная погрешность	0.25 %
Диапазон измерений	0...0,16 МПа
Выходной сигнал	4...20 мА

Таблица 4.2 – Технические характеристики расходомера [4]

Название характеристики	Значение
1	2
Исполнение	фланцевое
Материал фланцев	нержавеющая сталь
Диапазон температур рабочей жидкости	+4...+100 С
Расход	100 м3/ч
Давление	2,4 МПа

Таблица 4.3 – Технические характеристики датчика температуры Метран–2000 [5]

Название характеристики	Значение
1	2
Температура рабочей среды, °С	-50...+200
Давление измеряемой среды, МПа	0,1 до 16 МПа
Температура окружающей среды, °С	-55 до +85 °С
Количество чувствительных элементов	2
Погрешность, мм, не более	±0,0035 % от показания

Таблица 4.5 – Технические характеристики уровнемера Ризур 900 [7]

Название характеристики	Значение
1	2
Температура рабочей среды, °С	-196...+500
Давление рабочей среды, МПа	6,0; 10,0; 16,0; 25,0; 35,0; 45,0
Вязкость рабочей среды, Па-с	до 10
Минимальная плотность рабочей среды, кг/м3	300
Погрешность, мм, не более	2