

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Институт электронного обучения  
Специальность 220201 «Управление и информатика в технических системах»  
Кафедра Кафедра Автоматики и компьютерных систем

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера Simatic S7-200</b>

УДК 681.51.075:004

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8101	Скрынченко Александр Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АИКС	Скороспешкин В. Н.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В. Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Е. С.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой АИКС	Фадеев А. С.	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Институт электронного обучения  
Специальность 220201 «Управление и информатика в технических системах»  
Кафедра Кафедра Автоматики и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_  
(Дата)      Фадеев А. С.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

дипломной работы (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	Ф.И.О.
гр. 3-8101	Скрынченко Александр Владимирович

Тема работы:

<b>Программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера Simatic S7-200</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	15.04.2016 г. №2917/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на</i></p>	<p>- лабораторный стенд на базе промышленного контроллера SIMATIC S7 – 200 CPU 224XP - коммуникационный процессор CP 243-1IT - лабораторный стенд “Подготовка технической воды” - программный пакет STEP7 Micro/WIN</p>
---	---

<p><i>окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Технические характеристики контроллеров SIMATIC S7-200, типовые структуры автоматизированных информационно-управляющих систем, построенных на базе контроллеров .  2. Характеристика программного пакета STEP7 Micro/WIN и языки программирования контроллера SIMATIC S7- 200  3. Программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера Simatic S7 – 200  4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.  5. Социальная ответственность.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Слайд 1. Название темы.  Слайд 2. Цель и задачи.  Слайд 3. Состав контроллера.  Слайд 4. Характеристики контроллера.  Слайд 5. Языки программирования.  Слайд 6. Библиотека инструкций языка LAD.  Слайд 7. S7-200 с CP 243-2 в качестве ведущего устройства в сети AS-Interface.  Слайд 8. S7-200 в качестве ведомого устройства в сети MPI.  Слайд 9. Структурная схема лабораторного стенда.  Слайд 10. Методическое обеспечение.  Слайд 11. Содержание методических указаний по выполнению лабораторных работ.  Слайд 12. Программное обеспечение.  Слайд 13. Фрагмент программы управления кодовым замком на языке LAD.  Слайд 14. Фрагмент программы управления стендом подготовки технической воды на языке FBD.  Слайд 15. Линейный график выполнения работ по разработке проекта.  Слайд 16. Заключение.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Конотопский В. Ю. Доцент кафедры Менеджмента, к.э.н.</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Невский Е. С. Ассистент кафедры ЭБЖ</p>

<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.03.16

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>Ф.И.О.</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры АИКС	Скороспешкин В.Н	к.т.н.		01.03.14

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>Ф.И.О.</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
гр. 3-8101	Скрынченко Александр Владимирович		01.03.14

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3 - 8101	Скрынченко Александр Владимирович

<b>Институт</b>	Институт электронного обучения	<b>Кафедра</b>	Автоматики и компьютерных систем
<b>Уровень образования</b>	Специалист	<b>Направление/специальность</b>	Управление и информатика в технических системах

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	...
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	...
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	...

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	...
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	...
3. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	...
4. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	...
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	...

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>«Портрет» потребителя</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности ИР</i>
3. <i>Матрица SWOT</i>
4. <i>Модель Кано</i>
5. <i>ФСА диаграмма</i>
6. <i>Оценка перспективности нового продукта</i>
7. <i>График разработки и внедрения ИР</i>
8. <i>Инвестиционный план. Бюджет ИП</i>
9. <i>Основные показатели эффективности ИП</i>
10. <i>Риски ИП</i>

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский В. Ю.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3 - 8101	Скрынченко Александр Владимирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8101	Скрынченко Александр Владимирович

<b>Институт</b>	Институт электронного обучения	<b>Кафедра</b>	Кафедра Автоматики и компьютерных систем
<b>Уровень образования</b>	Специалист	<b>Направление/специальность</b>	Управление и информатика в технических системах

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

*1. Производственная безопасность:*

Основным источником электромагнитных излучений при разработке проекта в лаборатории АСУ ТП являются видеодисплейный терминал (так же является источником электростатического поля), системный блок ПЭВМ, а так же электрооборудование (контроллер, электропроводка, сетевой фильтр, вторичные источники питания, коммутационная аппаратура, стенд с мнемосхемой). Напряженность электромагнитного потока не должна превышать норм установленных СанПин 2.2.2/2.4.1340-03.

Шум во время работы с контроллером может исходить от кулеров ПЭВМ, стенда «Подготовка технической воды» и от коммутационной аппаратуры. Превышение уровня допустимых значений шума на рабочем месте отрицательно сказывается на работоспособности. Становится сложно воспринимать речь и происходит раздражение центральной нервной системы. Уровень звука и уровни звукового давления не должны превышать значений, установленных в ГОСТ 12.1.003–83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

Не следует работать с ПЭВМ, контроллером Simatic S7-200 и другим электрооборудованием в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), при наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусам электрооборудования. Таким образом, работа может проводиться только в помещениях без

	<p>повышенной опасности, и возможность поражения током может быть только при прикосновении непосредственно с элементами этих конструкций .</p> <p>Программно – методическое обеспечение по выполнению лабораторных работ разрабатывается для обучения студентов кафедры АиКС НИ ТПУ. По результатам выполнения данных работ студенты должны получить навыки программирования контроллера Simatic S7-200 на языках LAD и FBD. Таким образом, при разработке программно – методического обеспечения очень важно не допустить грубых ошибок, как в программной части работы, так и в теоретических разделах.</p> <p>При разработке программ для управления различными автоматизированными процессами с помощью промышленного контроллера Simatic S7-200 необходимо пользоваться лицензионным программным обеспечением.</p> <p>Взломанные программные продукты могут работать не корректно и содержать не полный объем функционала. Программы, написанные в таких пакетах, могут содержать скрытые ошибки.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>Контроллер Simatic S7-200 может применяться для управления технологическими процессами на предприятиях химических отраслей, связанных с выпуском продукции, при производстве которой используются опасные химические вещества, попадание которых в атмосферу может повлиять на экологическую обстановку в различных масштабах местности. Разработчики программ для управления такими объектами должны иметь высокую квалификацию и концентрацию внимания.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>При неправильной эксплуатации электрооборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением контроллера, ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования.</p> <p>Необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного и организационного плана.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности является Конституция – основной закон государства. Законы и иные правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить Конституции РФ. При разработке данного проекта должны соблюдаться следующие законы, стандарты, правила и нормы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»</li> <li>• ГОСТ 12.1.003–83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».</li> <li>• ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность»</li> </ul>

	<p>При разработке данного проекта использовалось рабочее место оператора, состоящее из стенда, компьютерного стола, компьютера и дисплея. Ширина стола 700 мм, высота 750 мм, высота монитора 450 мм, что удовлетворяет требованиям установленным СанПин 2.2.2/2.4.1340-03.</p>
--	---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	14.05.2016
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Е. С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8101	Скрынченко Александр Владимирович		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Институт электронного обучения  
Направление подготовки 220201 «Управление и информатика в технических системах»  
Уровень образования Специалист  
Кафедра Автоматики и компьютерных систем  
Период выполнения осенний/весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Дипломная работа
------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.06.2016 г.	Основная часть	75
20.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
28.05.2016 г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АИКС	Скороспешкин В.Н.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой АИКС	Фадеев А. С.	д.т.н.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 102 страницы текста, 22 рисунка, 14 таблиц, 14 литературных источников, 13 приложений.

Цель работы — разработка программно-методического обеспечения для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-200.

Для изучения контроллера используется лабораторный комплекс, имеющий в своем составе контроллер SIMATIC S7-200 на базе процессора CPU 224XP, коммуникационный процессор CP 243-1 IT, персональный компьютер с ОС Windows XP SP3. Программное обеспечение создавалось в системе программирования контроллеров STEP7 Micro/WIN.

Результатами выполнения данной ВКР являются программное обеспечение и методические указания по выполнению пяти лабораторных работ.

Разработанное программно - методическое обеспечение предназначено для выполнения лабораторных работ по учебному курсу «Автоматизированные информационно – управляющие системы» для студентов Томского политехнического университета, обучающихся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	16
1 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТРОЛЛЕРОВ SIMATIC S7- 200, ТИПОВЫЕ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ПОСТРОЕННЫХ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ	17
1.1 Назначение, состав и технические характеристики .....	17
1.1.1 Общие сведения.....	17
1.1.2 Отличительные особенности семейства SIMATIC S7-200.....	17
1.1.3 Состав семейства.....	17
1.1.4 Конструкция .....	17
1.1.5 Центральные процессоры.....	20
1.2 Сигнальные модули .....	22
1.2.1 Модули ввода-вывода дискретных сигналов .....	22
1.2.2 Модули ввода-вывода аналоговых сигналов .....	23
1.3 Функциональные модули .....	24
1.4 Коммуникационные интерфейсы .....	26
1.5 Типовые структуры автоматизированных информационно-управляющих систем, построенных на базе SIMATIC S7-200 .....	33
1.5.1 Встроенные порты RS 485.....	26
1.5.2 Промышленные сети.....	37
1.5.3 Модемная связь .....	39
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА STEP7 Micro/ WIN И ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КОНТРОЛЛЕРА SIMATIC S7-200 .....	41
2.1 Краткая характеристика пакета STEP7 Micro/ WIN.....	41
2.2 Язык программирования LAD .....	43
2.3 Язык программирования FBD.....	44
2.4 Язык программирования STL .....	46
3 ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЛЕРА SIMATIC S7 – 200.....	48

3.1	Лабораторный стенд для изучения контроллера .....	48
3.2	Методические указания по выполнению лабораторной работы «Назначение, состав, технические характеристики контроллера» .....	50
3.3	Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций» .....	53
3.3.1	Методические указания по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций» .....	53
3.3.2	Программное обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций» .....	75
3.4	Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций» .....	58
3.4.1	Методические указания по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций» .....	59
3.4.2	Программное обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций» .....	62
3.5	Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды» .....	64
3.5.1	Методические указания по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды» .....	26
3.5.2	Программное обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды» .....	68

3.6 Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды» .....	69
3.6.1 Методические указания по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды» .....	69
3.6.2 Программное обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды» .....	75
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	75
4.1 Организация и планирование работ .....	75
4.1.1 Продолжительность этапов работ .....	75
4.1.2 Расчет накопления готовности проекта .....	80
4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта .....	81
4.2.1 Расчет затрат на материалы .....	75
4.2.2 Расчет заработной платы .....	75
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	83
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию .....	83
4.2.5 Расчет амортизационных расходов .....	85
4.2.6 Расчет прочих расходов.....	86
4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки .....	86
4.2.8 Расчет прибыли .....	87
4.2.9 Расчет НДС .....	87
4.2.10 Цена разработки ВКР.....	88
4.3 Оценка экономической эффективности проекта .....	88
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	89
5.1 Производственная безопасность.....	90
5.1.1 Электромагнитные излучения .....	90
5.1.2 Шум .....	91

5.1.3 Опасность поражения электрическим током .....	92
5.1.4 Недостоверность информации при разработке программно-методического обеспечения.....	93
5.1.5 Программное обеспечение .....	94
5.2 Экологическая безопасность.....	95
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	98
CONCLUSION .....	100
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ А Методические указания по выполнению лабораторной работы «Назначение, состав, технические характеристики контроллера Simatic S7-200» (Документ Word (*.docx) на CD-диске) .....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Методические указания по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций» (Документ Word (*.docx) на CD-диске).....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ В Методические указания по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций» (Документ Word (*.docx) на CD-диске).....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Методические указания по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды» (Документ Word (*.docx) на CD-диске) .....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Методические указания по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды» (Документ Word (*.docx) на CD-диске) .....	103
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Листинг программы управления кодовым замком с тремя кнопками на языке LAD .....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Листинг программы управления кодовым замком с четырьмя кнопками на языке LAD.....	106

ПРИЛОЖЕНИЕ И Листинг программы управления кодовым замком с тремя кнопками на языке FBD.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ К Листинг программы управления кодовым замком с четырьмя кнопками на языке FBD.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ Л Листинг программы – примера управления стандом подготовки технической воды на языке LAD .....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ М Листинг программы управления стандом подготовки технической воды на языке LAD.....	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Н Листинг программы – примера управления стандом подготовки технической воды на языке FBD .....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ П Листинг программы управления стандом подготовки технической воды на языке FBD .....	122

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время фирма Siemens, работающая в области электротехники, электроники, энергетического оборудования, транспорта, медицинского оборудования и светотехники, а также специализированных услуг в различных областях промышленности, транспорта и связи, нашла широкое распространение в России для построения АСУ ТП. В широкий спектр продукции микропроцессорной техники фирмы Siemens входят контроллеры семейства SIMATIC S7, а именно S7 – 200, S7 – 300, S7 – 400, S7 – 1200, S7 – 1500.

Целью данной ВКР является разработка программно-методического обеспечения для изучения промышленного микропроцессорного контроллера SIMATIC S7-200 на языках LAD и FBD для студентов, обучающихся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Для достижения данной цели решены следующие задачи.

- 1 Изучена система программирования STEP7 Micro/WIN, языки программирования LAD, FBD.

- 2 Разработан лабораторный практикум по изучению программирования контроллеров SIMATIC S7-200 и составлены методические указания по выполнению пяти лабораторных работ.

# **1 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТРОЛЛЕРОВ SIMATIC S7-200, ТИПОВЫЕ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ПОСТРОЕННЫХ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ**

## **1.1 Назначение, состав и технические характеристики**

### **1.1.1 Общие сведения**

Программируемые логические контроллеры семейства SIMATIC S7-200, показанные на рисунке 1, являются идеальным средством для построения эффективных систем автоматического управления при минимальных затратах на приобретение оборудования и разработку системы. Контроллеры способны работать в реальном масштабе времени и могут быть использованы как для построения узлов локальной автоматике, так и систем распределенного ввода-вывода с организацией обмена данными через PPI или MPI интерфейс, промышленные сети PROFIBUS-DP, Industrial Ethernet или AS-Interface, системы модемной связи [1].



Рисунок 1 - Контроллеры семейства Simatic S7-200

### **1.1.2 Отличительные особенности семейства SIMATIC S7-200**

Отличительными особенностями являются:

- время выполнения 1К логических инструкций не превышает 0.22 мс;
- наличие скоростных счетчиков внешних событий;
- наличие быстродействующих входов аппаратных прерываний;
- возможность наращивания количества обслуживаемых входов-выходов (за исключением систем на основе CPU 221);
  - наличие импульсных выходов (широотно или частотно-импульсная модуляция);
  - потенциометры аналогового задания цифровых параметров;
  - часы реального времени (встроенные или устанавливаемые в виде съемного модуля);
  - мощный набор инструкций языка программирования;
  - один или два порта RS 485 универсального назначения;
  - функции ведущего устройства AS-Interface, обеспечиваемые коммуникационным модулем CP 243-2;
  - функции ведомого устройства PROFIBUS DP, обеспечиваемые коммуникационным модулем EM 277;
  - функции обмена данными через Industrial Ethernet, поддерживаемые коммуникационным процессором CP 243-1 и CP 243-1 IT;
  - дружественная оболочка программирования STEP 7 Micro/ WIN;
  - трехуровневая парольная защита программ пользователя;
  - возможность работы с устройствами человеко-машинного интерфейса [1].

### **1.1.3 Состав семейства**

Программируемые контроллеры S7-200 выпускаются в виде двух семейств:

- SIMATIC S7-200 для эксплуатации в стандартных промышленных условиях с диапазоном рабочих температур от 0 до +55°C.

- SIPLUS S7-200 для эксплуатации в тяжелых промышленных условиях с диапазоном рабочих температур от -25 до +70°C.

В общем случае контроллеры S7-200 объединяют в своем составе:

- Несколько типов центральных процессоров, отличающихся объемами памяти, количеством и видом встроенных входов-выходов, количеством встроенных коммуникационных портов, набором встроенных функций, возможностями расширения системы.

- Широкий спектр модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов.

- Коммуникационные модули, обеспечивающие возможность подключения к ASInterface, сети PROFIBUS DP (только ведомое устройство) и Industrial Ethernet.

- Модемы EM 241 и MD 720-2.

- Модуль позиционирования EM 253.

#### **1.1.4 Конструкция**

Основными элементами конструкции (рисунок 2) являются следующие:

1 – защитная крышка терминального блока для подключения внешних цепей;

2 – светодиоды индикации состояний входных дискретных сигналов;

3 – защитная крышка интерфейса внутренней шины, органов управления и настройки;

4 – светодиоды индикации состояний и режимов работы центрального процессора;

5 – отсек для установки опциональных модулей (памяти, батареи и часов);

6 – встроенный порт;

- 7 – светодиоды индикации состояний выходных дискретных сигналов;
- 8 – плоский кабель внутренней шины контроллера;
- 9 – защелка для фиксации модуля на профильной шине DIN;
- 10 – соединитель для подключения к гнезду внутренней шины контроллера;
- 11 – отверстие для крепление модуля винтами.

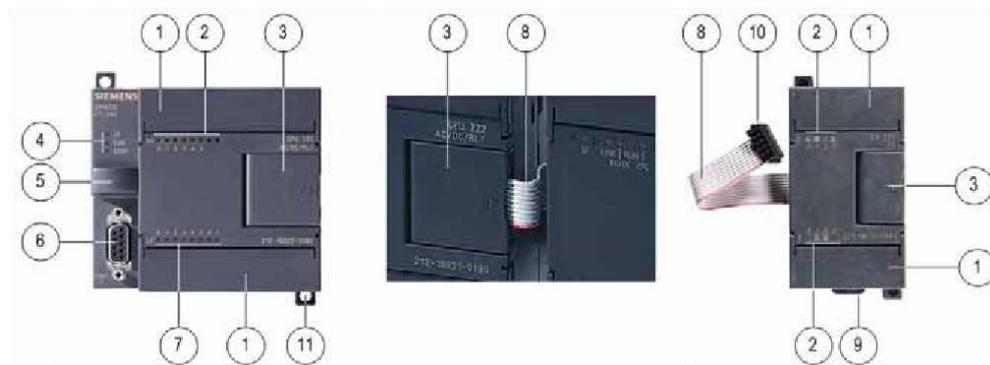


Рисунок 2 - Конструкция контроллера S7-200

### 1.1.5 Центральные процессоры

Центральные процессоры S7-200, снабжены встроенным блоком питания напряжением  $\approx 24\text{В}$  для питания входных цепей контроллеров. В зависимости от модификации центрального процессора выходной ток блока питания может составлять 180, 280 или 400мА. Если мощности этих блоков питания недостаточно, то совместно с контроллерами S7-200 могут быть использованы внешние блоки питания семейства SITOP power.

Все центральные процессоры, за исключением CPU 221, позволяют производить подключение модулей расширения. CPU 222 позволяет подключать до 2, CPU 224, CPU 224XP и CPU 226 - до 7 модулей расширения. При необходимости модули контроллера могут располагаться в два ряда. Связь между рядами выполняется интерфейсным кабелем длиной 0.8 м.

Допускается горизонтальная и вертикальная установка контроллеров (определяется ориентацией профильной шины). В последнем случае диапазон рабочих температур должен быть снижен до 45 °С.

Во входных каскадах дискретных входов центральных процессоров и модулей ввода дискретных сигналов применяются транзисторные оптроны с встречно параллельным включением светодиодов. Это обеспечивает гальваническое разделение внешних и внутренних цепей модуля, а также позволяет использовать для питания группы входов напряжение любой полярности.

В выходных каскадах дискретных выходов гальваническое разделение внешних и внутренних цепей обеспечивается оптроном или электромагнитным реле. Технические данные центрального процессора CPU 224 XP приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Общие технические данные процессора CPU 224 XP

<b>Центральный процессор</b>	<b>CPU 224 XP</b>
Объем памяти программ, КБ (вкл/выкл редактирование в режиме RUN)	12/16
Объем памяти данных, КБ	10
Время выполнения инструкций	0,2 мкс
Количество дискретных вводов/выводов	14/10
Количество аналоговых вводов/выводов	2/1
Арифметика с плавающей точкой	поддерживается
ПИД- регулирование	поддерживается ,8 контуров
Скоростной счет, кГц	4*30+2*200
Импульсные выходы, кГц	2*100 только в модулях с транзисторными выходными каскадами
Количество таймеров/счетчиков/флагов	256/256/256
Часы	встроенные
Время хранения данных при отключении питания	100часов / 200 дней
Количество встроенных портов RS 485	2

## Продолжение таблицы 1

Количество встроенных входов /выходов	14 DI + 10DQ 2 AI + 1AQ
Количество модулей расширения	7
Встроенный блок питания 24 В	280мА
Коммуникационный интерфейс	PPI/ MPI/ свободно программируемые порта
Сетевая поддержка	есть

## 1.2 Сигнальные модули

### 1.2.1 Модули ввода вывода дискретных сигналов

Модули ввода-вывода дискретных сигналов, показанные на рисунке 3, предназначены для увеличения количества входов и выходов, обслуживаемых одним центральным процессором. Для этой цели могут быть использованы:

- модули ввода дискретных сигналов EM 221;
- модули вывода дискретных сигналов EM 222;
- модули ввода-вывода дискретных сигналов EM 223.



Рисунок 3 – Модули ввода-вывода дискретных сигналов

Модули ввода дискретных сигналов выполняют преобразование входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы. Модули вывода дискретных сигналов – преобразование внутренних логических сигналов контроллера в его выходные дискретные сигналы. Модули выпускаются в пластиковых корпусах, которые могут монтироваться на 35-мм

профильную рейку DIN с креплением защелками или на плоскую поверхность с креплением винтами. Второй вариант крепления рекомендуется для установок с повышенными вибрационными и ударными нагрузками. Подключение к соседним модулям производится с помощью плоского кабеля, который вмонтирован в каждый модуль. Внешние цепи подключаются через съемные терминальные блоки, оснащенные контактами под винт. Терминальные блоки закрыты защитными изолирующими крышками. Применение съемных терминальных блоков позволяет производить замену модулей без демонтажа их внешних цепей. На лицевой панели модулей расположены светодиоды индикации состояний внешних цепей.

### **1.2.2 Модули ввода-вывода аналоговых сигналов**

Модули ввода-вывода аналоговых сигналов, показанные на рисунке 4, выполняют аналого-цифровое преобразование входных аналоговых сигналов контроллера, а также цифро-аналоговое преобразование внутренних цифровых величин контроллера и формирование его выходных аналоговых сигналов. В системе ввода-вывода S7-200 могут применяться:

- модули ввода аналоговых сигналов EM 231;
- модули вывода аналоговых сигналов EM 232;
- модули ввода-вывода аналоговых сигналов EM 235.



Рисунок 4 - Модули ввода-вывода аналоговых сигналов

Модули выпускаются в пластиковых корпусах, которые могут устанавливаться на профильную шину DIN 35x7.5 мм с креплением защелками или на плоскую поверхность с креплением винтами. Второй вариант крепления рекомендуется для установок с повышенными вибрационными и ударными нагрузками.

Подключение к соседним модулям производится с помощью плоского кабеля, который вмонтирован в каждый модуль. Внешние цепи подключаются через съемные терминальные блоки, оснащенные контактами под винт. Терминальные блоки закрыты защитными изолирующими крышками. Применение съемных терминальных блоков позволяет производить замену модулей без демонтажа их внешних цепей. Под нижней защитной крышкой расположен не только терминальный блок, но и DIP переключатели выбора пределов измерений, а также потенциометры настройки параметров модуля. На лицевой панели расположены светодиоды индикации состояний модулей.

### 1.3 Функциональные модули

Функциональные модули, рисунок 5, позволяют разгрузить центральный процессор контроллера от выполнения ресурсоемких задач, к которым можно отнести счет, позиционирование, автоматическое регулирование и другие.



Рисунок 5 - Модуль позиционирования EM 253

Рассмотрим модуль позиционирования EM 253.

Общие сведения:

- Решение задач позиционирования по одной оси.

- Управление работой приводов с шаговыми двигателями.
- Широкие функциональные возможности.
- Установка параметров и выполнение пуско-наладочных работ с помощью специального мастера, встроенного в STEP7 Micro/WIN от V3.2 и выше.

- Компактный пластиковый корпус формата модулей S7-200.

Конструкция EM 253 характеризуется следующими показателями:

- 12 светодиодов индикации состояний модуля;
- 4 импульсных выхода для управления позиционированием;
- 5 дискретных входов;
- 2 аналоговых выхода.

Модуль устанавливается на стандартную 35мм профильную рейку DIN и подключается к соседнему модулю с помощью гибкого кабеля. Питание =24В подключается к модулю через терминалы с винтовыми зажимами. Параметры настройки сохраняются в памяти центрального процессора.

### **Функции**

- Формирование импульсов управления, следующих с частотами от 12Гц до 200кГц.
- Интерфейс 5В датчиков позиционирования или датчиков позиционирования с интерфейсом RS422.
- Позиционирование с использованием абсолютных или относительных координат.
- Ручное управление операциями позиционирования.
- До 25 профилей позиционирования с использованием до 4 скоростей перемещения.
- Интегрированные функции переключения скоростей движения (2-скоростной режим).

- Компенсация при изменениях направления движения.
- Выбор режима работы с установкой до 4 контрольных точек.

Для управления модулем EM 253 используется 8 бит (Q-биты), позволяющие задавать необходимые режимы позиционирования. Эти биты, не связаны с физическими выходами контроллера.

## Программирование и конфигурирование

Все параметры и режимы работы модуля задаются из среды специального мастера пакета программ STEP7 Micro/WIN. Параметры настройки сохраняются в памяти центрального процессора, что позволяет выполнять замену EM 253 без повторного конфигурирования модуля.

### 1.4 Коммуникационные интерфейсы

Коммуникационный процессор CP 243-1 IT представлен на рисунке 6.

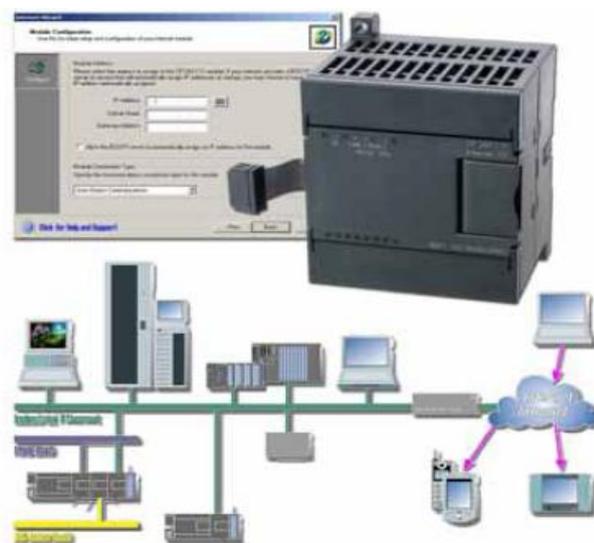


Рисунок 6 - Коммуникационного процессора CP 243-1 IT

## Характеристики коммуникационного процессора CP 243-1 IT

- Подключение программируемых контроллеров S7-200 с центральными процессорами CPU 22х к сети Industrial Ethernet:
  - 10/100 Мбит/с;
  - дуплексный/ полудуплексный режим работы;
  - гнездо RJ 45;
  - ТСР/IP.
- Проектирование, дистанционное программирование и обслуживание из среды STEP7-Micro/WIN через Industrial Ethernet (загрузка и считывание программ, считывание состояний и т.д.).
  - Организация связи между центральными процессорами через Industrial Ethernet (клиент + сервер, 8 S7-соединений + 1PG-соединение).
    - IT-функции связи:
      - Web-функции;
      - функции электронной почты;
      - функции FTP-клиента с программно управляемым обменом данными (например, DOS, UNIX, LINUX, встроенные системы);
      - FTP-сервер (File Transfer Protocol) с памятью 8 Мбайт для хранения файловой системы;
      - Использование S7-OPC для дальнейшей обработки данных программируемого контроллера компьютерными приложениями.

### Назначение

- Коммуникационный процессор для подключения программируемых контроллеров S7-200 к Industrial Ethernet.

- Поддержка функций дистанционного проектирования, программирования и диагностики SIMATIC S7-200 из среды STEP 7-Micro/WIN через Industrial Ethernet.
- Организация обмена данными через Industrial Ethernet между S7-200 и другими системами управления с поддержкой S7-функций связи.
- Решение простых задач визуализации с использованием Web-технологий, передача сообщений по каналам электронной почты с использованием протокола FTP.
- Управление файловой системой CP 243-1 IT со стороны центрального процессора S7-200. Использование файловой системы для накопления и обмена данными с компьютерами на основе HTML и JAVA-Applets.
- Хранение больших объемов данных в памяти CP 243-1 IT, в том числе и технической документации.
- Дистанционное диагностирование и обслуживание S7-200 с CP 243-1 IT через телефонные каналы связи или через Internet с использованием стандартного Web-браузера.
- Обеспечение доступа компьютерных приложений к данным S7-200 через S7-OPC, выполнение компьютерной обработки и архивирования данных.

### **Преимущества**

- Обеспечение доступа к защищенным паролем данным S7-200 с помощью стандартного Web-браузера, снижение затрат на приобретение дополнительного программного обеспечения для клиентов.
- Недорогой вариант организации хранения и накопления оперативных и статистических данных, хранения документации в виде HTML документов.
- Простой обмен данными между программируемыми контроллерами и компьютерами с использованием протокола FTP.

- Передача сообщений электронной почты по каналам локальных или всемирных сетей.
- Экономия времени и затрат, быстрое и комфортабельное проектирование, программирование и обслуживание S7-200 через локальную сеть из одного пункта.
- Организация обмена данными между S7-200 и S7-200/ S7-300/ S7-400 через Industrial Ethernet, применение S7-200 в комплексных структурах управления.
- Экономичные решения для построения комплексных систем с объединением всех систем автоматизации через Ethernet.
- Простой ввод в эксплуатацию и комфортабельная диагностика с использованием программного обеспечения STEP7-Micro/WIN.
- Открытый обмен данными с компьютерными приложениями через OPC.

## **Конструкция**

CP 243-1 IT является модулем программируемого контроллера S7-200 и характеризуется следующими показателями:

- компактный пластиковый корпус;
- терминальный блок с контактами под винт для подключения цепи питания  $=24V$ ;
- светодиоды индикации состояний коммуникационного процессора;
- монтаж на 35 мм стандартную профильную шину DIN или на плоскую поверхность с креплением винтами;
- гнездо RJ45 для подключения к Ethernet (10/100 Мбит/с, дуплексный/ полудуплексный режим, автоматическое определение и автоматическая настройка на скорость передачи данных в сети).

## **Функции**

- CP 243-1 IT обеспечивает автономное обслуживание задач обмена данными через Industrial Ethernet.
- Обмен данными базируется на использовании транспортного протокола TCP/IP.
- Для контроля состояния соединений задаются контрольные времена доставки сообщений для всех активных и пассивных партнеров по связи.
- CP 243-1 IT позволяет производить обмен данными через Industrial Ethernet между S7-200 и программируемыми контроллерами S7-200/ S7-300/ S7-400.
- Через S7-OPC сервер обеспечивается доступ к данным S7-200 со стороны компьютерных приложений, поддерживающих функции OPC клиента.
- Через CP 243-1 IT может устанавливаться связь между S7-200 и пакетом STEP7- Micro/WIN.

## **IT функции связи**

- Web-сервер Обеспечение доступа к HTML-странице с компьютера, оснащенного стандартным Web-браузером.
- Web-страницы:
  - контроль состояния S7-200: поддержка функций дистанционной диагностики и редактирования переменных;
  - проектирование HTML страниц с использованием любых инструментальных средств HTML.
- Электронная почта (E-mail). Передача заранее определенных текстовых сообщений по каналам электронной почты. В текстовые сообщения могут включаться значения переменных.
- FTP-связь. Центральный процессор S7-200 способен передавать данные в компьютеры в виде файлов, считывать файлы из памяти

компьютеров, удалять файлы из памяти компьютеров (выполнять функции клиента). FTP связь позволяет организовать обмен данными с компьютерами, оснащенными множеством существующих операционных систем.

## Конфигурирование

Конфигурирование коммуникационного процессора CP 243-1 IT выполняется из среды STEP7 Micro/WIN от v3.2 SP3 и выше. Данные о конфигурации сохраняются в памяти центрального процессора S7-200. Последнее обстоятельство позволяет производить замену коммуникационного процессора без повторного конфигурирования системы. CP 243-1 IT поставляется с предварительно установленным уникальным MAC адресом. Изменить этот адрес нельзя.

Технические данные коммуникационного процессора CP 243-1 IT приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические данные CP 243-1 IT

Коммуникационный процессор	CP 243-1 IT
Скорость передачи данных	10/100 Мбит/с
Автоматическое определение скорости передачи	Поддерживается
Объем памяти: • для хранения операционной системы, Flash-EEPROM • для хранения файловой системы, Flash-EEPROM • SDRAM	8 Мбайт 8 Мбайт 16 Мбайт
Гарантированное количество циклов перезаписи Flash-EEPROM	1 000 000
Интерфейсы: • 10BaseT, 100BaseTX • подключения цепи питания	Гнездо RJ45 3-полюсный терминальный блок с контактами под винт
Напряжение питания	=24 В ± 5%

Продолжение таблицы 2

Потребляемый ток: • от внутренней шины контроллера • от источника питания =24В	55 мА 60 мА
Потребляемая мощность	1.75 Вт
Диапазон температур: • хранения и транспортировки • рабочий: - при горизонтальной установке - при вертикальной установке	-40 ... +70°C 0 ... +55°C 0 ... +40°C
Относительная влажность, не более	95% при +25°C
Конструкция: • габариты в мм • масса	71.2 x 80 x 62 150 г
Максимальное количество коммуникационных соединений	8 S7-соединений (XPUT/XGET и READ/WRITE) + 1 соединение со STEP 7 Micro/WIN 32
Максимальное количество IT-соединений	1 x FTP-сервер; 1 x FTP-клиент; 1 x Email-клиент; 4 HTTP соединения
Время старта/ рестарта	Около 10с
Объем данных пользователя: • в режиме клиента • в режиме сервера	До 212 байт на XPUT/XGET До 222 байт на XGET или READ, до 212 байт на XPUT или WRITE
Максимальный размер E-mail сообщения	1024 символов
Файловая система: • длина пути, включая размер файла и имя привода • длина имени файла • глубина вложения папок	До 254 символов До 99 символов До 49 уровней
Порты сервера: • HTTP • канал FTP команд • каналы данных FTP сервера • установка S7-соединений • каналы данных S7-сервера	80 21 3100 ... 3199 102 3000 ... 3008

## **1.5 Типовые структуры автоматизированных информационно-управляющих систем, построенных на базе SIMATIC S7-200**

Программируемые контроллеры S7-200 позволяют использовать для организации связи:

- Встроенные порты RS 485 центральных процессоров.
- Коммуникационные процессоры и модули:
  - CP 243-1 для организации обмена данными через промышленную сеть Industrial Ethernet.
  - CP 243-1 IT для организации обмена данными через промышленную сеть Industrial Ethernet и Internet.
  - EM 277 для подключения к сети PROFIBUS DP и выполнения функций ведомого DP устройства.
  - CP 243-2 для подключения к сети AS-Interface и выполнения функций ведущего сетевого устройства.
- Модемы:
  - EM 241 для организации обмена данными через телефонные линии связи или подключения к сети MODBUS.
  - MD 720-3 для организации GPRS связи.
  - Внешние модемы, подключаемые через встроенный порт RS 485 центрального процессора.

### **1.5.1 Встроенные порты RS 485**

Все модели центральных процессоров S7-200 оснащены одним или двумя встроенными портами RS 485. Каждый встроенный порт имеет универсальное назначение и может использоваться в следующих режимах:

С поддержкой на уровне операционной системы контроллера:

- порт PPI (Point to Point Interface);
- порт MPI (Multi Point Interface).

С поддержкой на уровне программы пользователя:

- свободно программируемый порт;
- USS порт;
- порт ведомого устройства MODBUS RTU.

## **PPI интерфейс**

PPI (Point To Point Interface) интерфейс, представленный на рисунке 7 может быть использован для подключения программатора, устройств человеко-машинного интерфейса, других контроллеров S7-200. Каналы связи выполняются витой парой. Максимальная скорость обмена данными может достигать 187.5Кбит/с. На основе PPI интерфейса могут создаваться простейшие сетевые структуры, объединяющие в своем составе программируемые контроллеры S7-200, программатор, компьютер, а также устройства человеко-машинного интерфейса. Управление обменом данными из программы пользователя выполняется с помощью инструкций NETR/NETW. В такой сети каждый программируемый контроллер S7-200 выступает в роли равноправного партнера по связи, способного генерировать запросы к другим сетевым станциям или отвечать на их запросы. Общее количество станций в одной PPI сети может достигать 31.



Рисунок 7 - PPI интерфейс

## МРІ интерфейс

Контроллеры S7-200 способны осуществлять обмен данными через МРІ интерфейс со скоростью до 187.5 Кбит/с. Связь может осуществляться с контроллерами SIMATIC S7-400, SIMATIC S7-300, SIMATIC C7, системами компьютерного управления SIMATIC WinAC, панелями операторов SIMATIC, программаторами и компьютерами. В сети МРІ контроллеры SIMATIC S7-200 могут выполнять только функции пассивных устройств, которые не способны формировать запросы к другим станциям, но способны отвечать на их запросы. МРІ интерфейс изображен на рисунке 8.



Рисунок 8 - МРІ интерфейс

## Свободно программируемый порт

Этот режим позволяет поддерживать обмен данными с использованием протокола ASCII. Управление обменом данными из программы пользователя осуществляется с помощью инструкций XMT/ RCV. Подключение к устройствам с интерфейсом RS 232 допускается выполнять через RS 232/PPI кабель. Максимальная скорость передачи информации может достигать 38.4 Кбит/с. Свободно программируемый режим, рисунок 9, может быть использован:

- для организации связи с устройствами, оснащенными последовательным интерфейсом;

- для организации модемной связи с использованием внешнего модема;
- для организации непосредственной связи между двумя контроллерами S7-200.



Рисунок 9 - Свободно программируемый порт

### USS порт

USS протокол, согласно рисунку 10, позволяет выполнять обмен данными между программируемым контроллером SIMATIC S7-200 и преобразователями частоты серий MICROMASTER или SINAMICS. Для поддержки USS протокола STEP7 Micro/WIN должен быть дополнен пакетом Instruction Library. Этот пакет включает в свой состав библиотеку программных блоков, позволяющих управлять обменом данными через порт 0 с поддержкой USS протокола. К одному контроллеру допускается подключать до 30 преобразователей частоты. Скорость обмена данными не превышает 19.2 Кбит/с.



Рисунок 10 - USS порт

## Порт ведомого устройства MODBUS RTU

Порт 0 центрального процессора S7-200 может быть использован для подключения программируемого контроллера к сети MODBUS RTU и выполнения функций ведомого сетевого устройства. Набор программных блоков, используемых для организации обмена данными, включен в состав библиотек пакета Instruction Library.

### 1.5.2 Промышленные сети

#### AS-Interface

Центральные процессоры S7-200 (за исключением CPU 221) способны выполнять функции ведущего устройства AS-Interface. Подключение к AS-Interface показано на рисунке 11. Оно производится с помощью коммуникационного процессора CP 243-2. CP 243-2 позволяет подключать через AS-Interface до 62 дискретных или до 31 аналогового ведомого устройства. С их помощью один центральный процессор способен обслуживать до 248 дискретных входов, до 186 дискретных выходов или до 124 аналоговых каналов ввода-вывода. Для конфигурирования CP 243-2 в состав STEP7 Micro/WIN включен специальный мастер.



Рисунок 11 - AS-Interface

## PROFIBUS DP

Наличие интерфейса PROFIBUS DP, представленного на рисунке 12, позволяет использовать контроллеры S7-200 в распределенных системах управления реального времени и обеспечивает возможность сетевого обмена данными со скоростью до 12 Мбит/с. Подключение к сети PROFIBUS DP выполняется через коммуникационный модуль EM 277 (за исключением CPU 221). В сети PROFIBUS DP программируемые контроллеры S7-200 способны выполнять только функции интеллектуальных ведомых устройств.



Рисунок 12 - PROFIBUS DP

## Industrial Ethernet

Подключение программируемых контроллеров SIMATIC S7-200 к сети Industrial Ethernet показано на рисунке 13 производится через коммуникационный процессор CP 243-1 или CP 243-1 IT (за исключением CPU 221). Процессор обеспечивает поддержку протокола TCP/IP и способен передавать данные со скоростью 10/100 Мбит/с. С его помощью может производиться обмен данными с другими программируемыми контроллерами и компьютерами. Для организации обмена данными с компьютерными приложениями необходимо наличие S7-OPC сервера. Дополнительно модуль CP 243-1 IT содержит встроенный Web сервер и позволяет производить обмен

данными с S7-200 через Internet. Обеспечивается возможность дистанционного программирования и диагностирования контроллеров S7-200 через сеть Industrial Ethernet и Internet с программатора/ компьютера, оснащенного пакетом программ STEP7 Micro/WIN от v3.2 SP1 и выше. Доступ к данным Web сервера модуля CP 243-1 IT может осуществляться с помощью стандартного Web браузера.

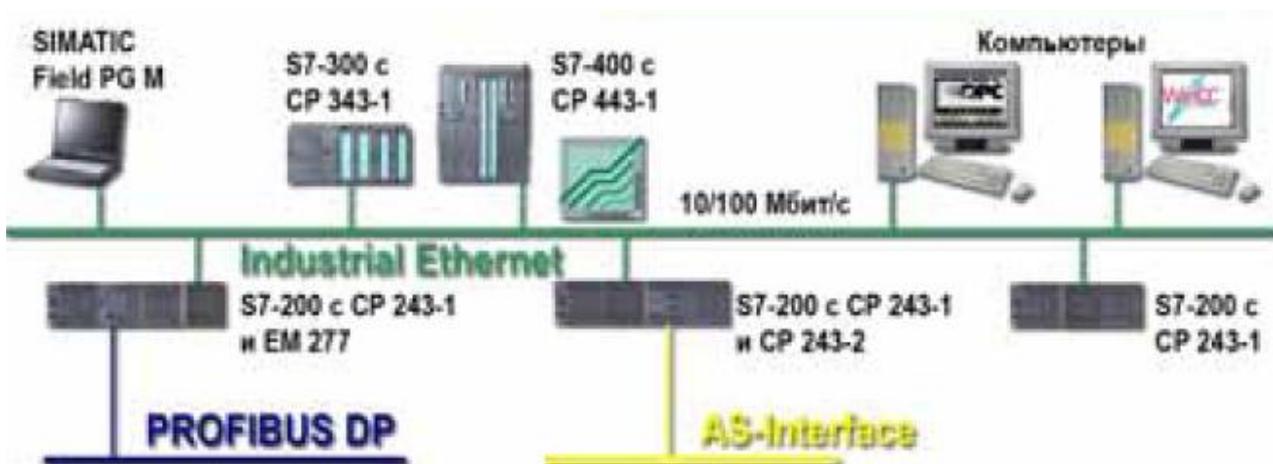


Рисунок 13 - Industrial Ethernet

### 1.5.3 Модемная связь

#### Модемная связь на базе модуля EM 241

Со всеми центральными процессорами CPU 22x за исключением CPU 221 может быть использован модем EM 241. Применение этого модема позволяет:

- Выполнять дистанционное программирование и отладку программ центральных процессоров CPU 22x с удаленного компьютера, оснащенного модемом и программным обеспечением STEP7 Micro/WIN от V3.2.
- Поддерживать работу S7-200 в режиме ведущего или ведомого устройства сети MODBUS.
- Осуществлять передачу SMS сообщений.
- Устанавливать связь между удаленными CPU 22x.

## **Беспроводная связь на основе SINAUT Micro**

Система SINAUT Micro позволяет создавать распределенные системы автоматизации на базе программируемых контроллеров S7-200, поддерживающих обмен данными с компьютерной станцией управления через GSM/GPRS сети. Обмен данными с компьютерными приложениями выполняется через OPC сервер. Различные модификации OPC серверов позволяют устанавливать и выполнять мониторинг 8, 64 или 256 соединений с удаленными станциями S7-200. Через OPC сервер удаленные станции S7-200 способны выполнять обмен данными между собой.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА STEP7 Micro/WIN И ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КОНТРОЛЛЕРА SIMATIC S7- 200

### 2.1 Краткая характеристика пакета STEP7 Micro/WIN

Для программирования всех типов центральных процессоров SIMATIC S7-200 может быть использовано программное обеспечение STEP7 Micro/WIN. Окно программы STEP7 Micro/WIN представлено на рисунке 14. Пакет позволяет выполнять все операции по программированию контроллеров SIMATIC S7-200, конфигурированию и настройке их параметров, решать задачи конфигурирования и программирования сетевых конфигураций с S7-200, устройств человеко-машинного интерфейса (TD 200 и TD 200C), систем регулирования и позиционирования и т.д.

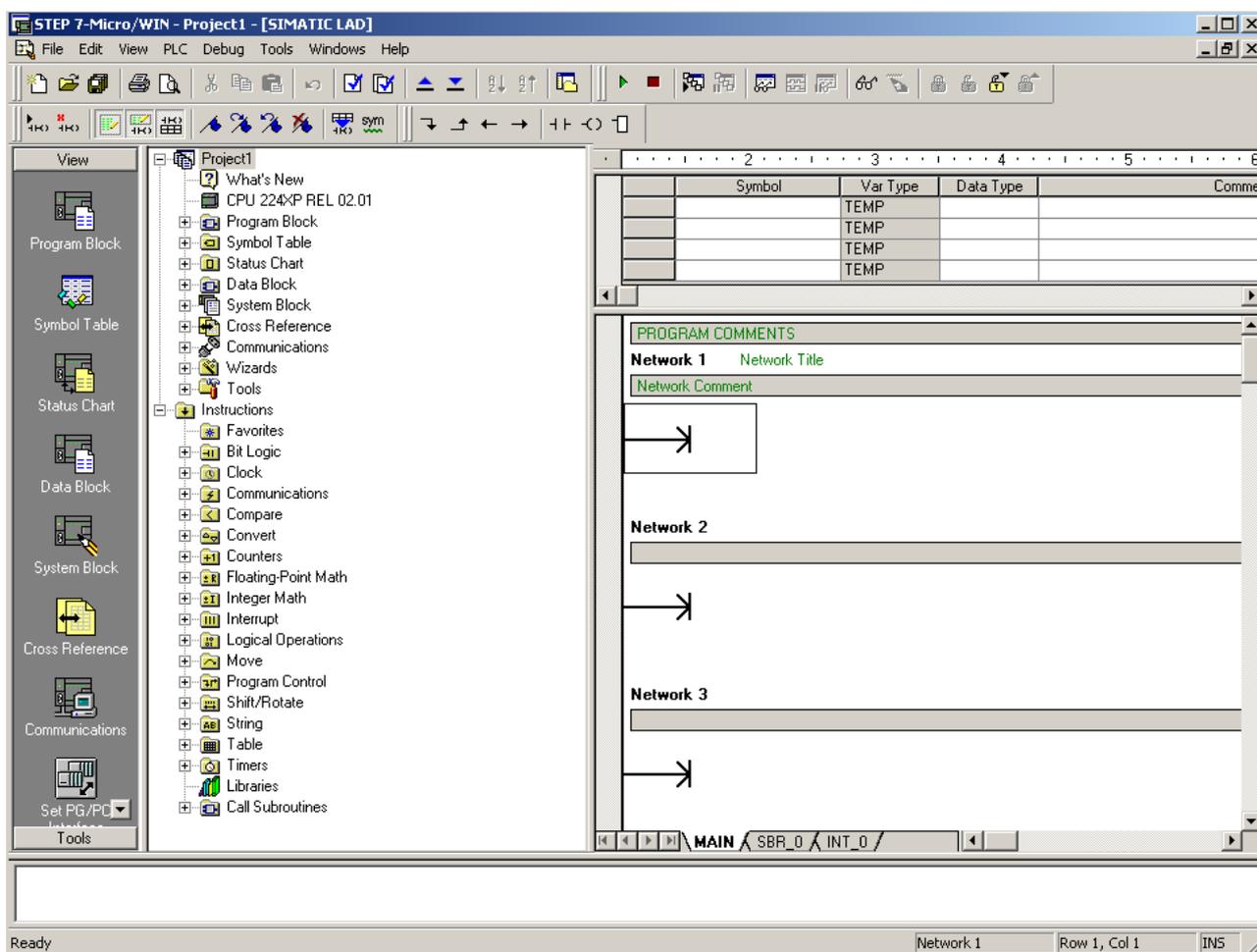


Рисунок 14 - Окно программы STEP7 Micro/WIN

Разработка программ выполняется на языках LAD (Ladder Diagram диаграммы лестничной логики), STL (Statement List – список инструкций) и FBD (Function Block Diagram – диаграммы функциональных блоков).

Для всех типов центральных процессоров существует возможность:

- выполнять программное определение времени фильтрации дискретных и аналоговых входных сигналов;
- выполнять программное определение объемов данных, сохраняемых при сбоях в питании контроллера;
- производить определение состояний выходов, в которое они переводятся при “зависании” программы;
- использовать при написании программ абсолютную и символьную адресацию;
- использовать для отладки программ таблицу состояний;
- редактировать программы с использованием перекрестных ссылок;
- использовать в процессе написания и отладки программы мощную систему интерактивной помощи.

Если программирование выполняется с компьютера, то для организации связи с контроллером необходим RS 232/PPI или USB/PPI адаптер.

Кроме того, программирование может выполняться с программаторов или компьютеров, оснащенных коммуникационными процессорами CP 5512 или CP 5611. Связь с контроллером в этом случае устанавливается через MPI интерфейс. Скорость обмена данными может достигать 187.5 Кбит/с.

Контроллеры, оснащенные коммуникационными процессорами CP 243-1/CP 243-1IT, допускают дистанционное программирование через Industrial Ethernet с компьютера, оснащенного интерфейсом подключения к Ethernet.

## 2.2 Язык программирования LAD

Редактор цепных логических схем LAD отображает программу в виде графического представления, имеющего сходство с электрической монтажной схемой. Цепные логические схемы позволяют программе имитировать протекание электрического тока от источника напряжения через ряд логических условий на входах, которые в свою очередь, активизируют логические условия на выходах.

LAD-программа включает в себя расположенную слева шину, находящуюся под напряжением, которая является источником потока сигнала. Замкнутые контакты позволяют потоку сигнала протекать через эти контакты к следующему элементу, а разомкнутые контакты препятствуют протеканию потока сигнала. Логика подразделяется на сегменты. Программа выполняется сегмент за сегментом слева направо и сверху вниз [1].

На рисунке 15 показан пример программы в виде цепной логической схемы.

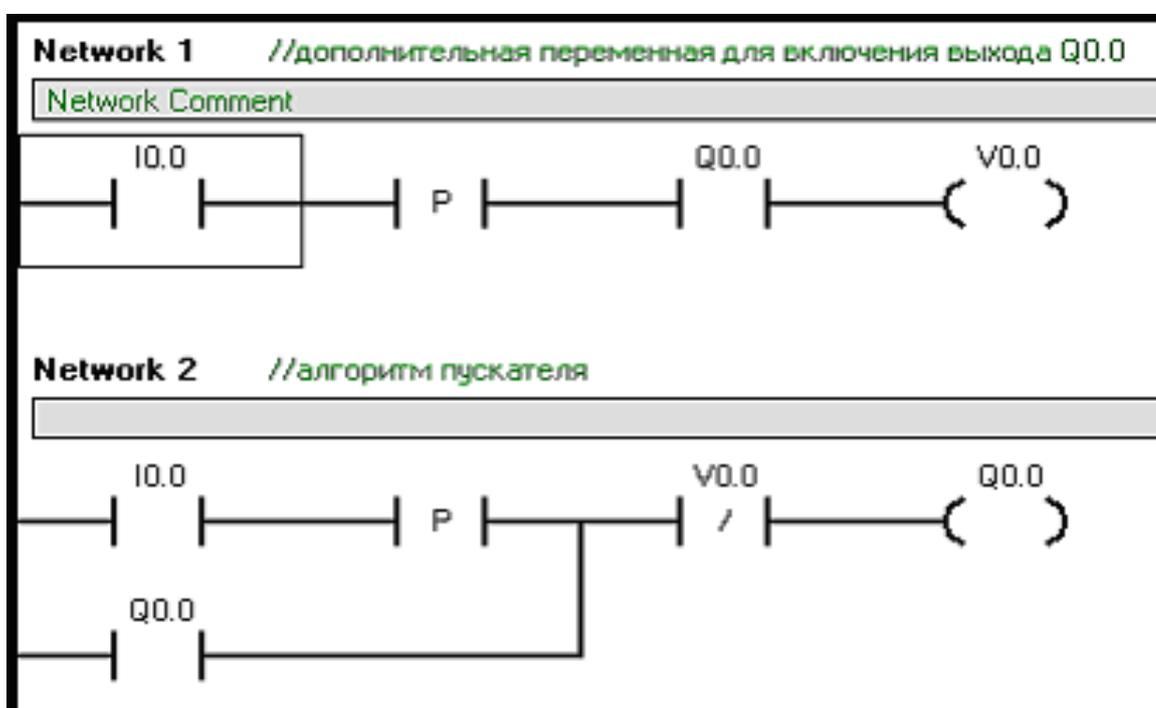


Рисунок 15 - Пример программы на языке LAD

Различные команды представляются графическими символами, имеющими три основные формы:

Контакты представляют логические состояния входов, например: выключателей, кнопок или внутренних условий.

Катушки обычно представляют логические результаты выходов, например: ламп, пускателей электродвигателей, промежуточных реле или внутренних выходных условий.

Блоки представляют дополнительные команды, например: таймеры, счетчики или математические команды.

При выборе редактора LAD принимать во внимание нужно следующее:

- Цепная логическая схема проста в использовании для начинающих программистов.
- Графическое представление легко понимается и популярно во всем мире.
- Редактор LAD можно использовать и с системой команд SIMATIC, и с системой команд IEC 1131–3.
- Для отображения программы, созданной при помощи редактора SIMATIC LAD, всегда можно использовать редактор STL [1].

### **2.3 Язык программирования FBD**

Редактор функционального плана FBD отображает программу в виде графического представления, напоминающего обычные логические схемы. Нет никаких контактов и катушек, как в редакторе LAD, но имеются эквивалентные команды, представленные в виде блоков. На рисунке 16 показан пример программы в виде функционального плана [1].

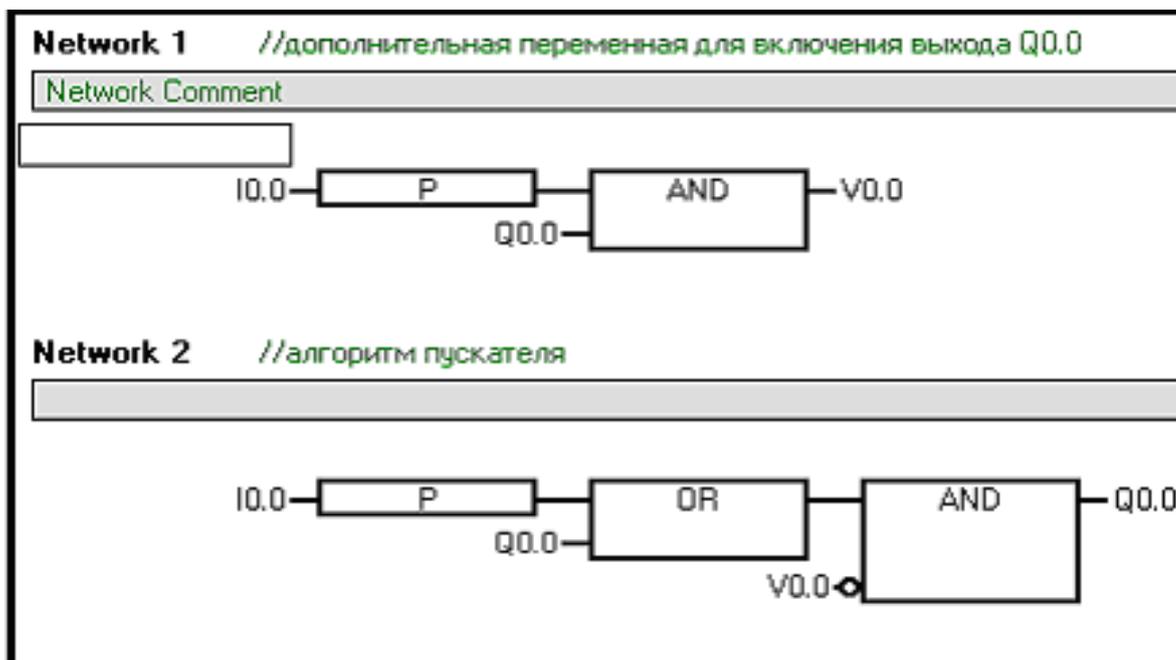


Рисунок 16 - Пример программы на языке FBD

FBD не использует понятия левой и правой токовой шины; поэтому понятие «поток сигнала» выражает аналогичное понятие потока управления через логические блоки FBD. По этой причине путь состояния «1» через элементы FBD называется потоком сигнала. Происхождение потока сигнала и место назначения его выхода ставятся в соответствие непосредственному операнду. Логика программы вытекает из связей между функциональными блоками, обозначающими команды т.е. выход одной команды (например, блок логического И (AND)) может быть использован для разблокирования другой команды (например, таймера), формируя необходимую логику управления. Эта концепция позволяет решать широкий спектр задач управления.

При выборе редактора FBD принимать во внимание нужно следующее:

- Графическое представление функционального плана хорошо отражает процесс выполнения программы.
- Редактор FBD можно использовать и с системой команд SIMATIC, и с системой команд IEC 1131–3.
- Для отображения программы, созданной при помощи редактора SIMATIC FBD, всегда можно использовать редактор LAD и STL [1].

## 2.4 Язык программирования STL

Редактор STL отображает программу на языке, имеющем текстовую основу. Редактор STL дает возможность создавать программы управления, вводя мнемонические обозначения команд. В редакторе STL можно создавать программы, которые невозможно создать в редакторе LAD или FBD. Это объясняется тем, что, используя STL, вы программируете на "родном языке" S7-200, а не в графическом редакторе, в котором имеются некоторые ограничения, чтобы можно было правильно изображать схемы соединений. Как показано на рисунке 17, программирование в текстовом редакторе очень похоже на программирование на языках ассемблера, что упрощает программирование циклов и условных переходов посредством своих команд языка высокого уровня. В STL логика управления реализуется с помощью логического стека. В STL вводятся команды для обработки стековых операций [1].

<b>Network 1</b> //дополнительная переменная для включения выхода Q0.0		
Network Comment		
LD	I0.0	//включаем вход
EU		//положительный фронт
A	Q0.0	//И включаем выход
=	V0.0	//включение импульсов
<b>Network 2</b> //алгоритм пускателя		
LD	I0.0	//нагрузка на вход
EU		//положительный фронт
O	Q0.0	//ИЛИ выход
AN	V0.0	//И-НЕ импульс
=	Q0.0	//вывод на выход

Рисунок 17 - Пример программы на языке STL

На его основе можно создать гибкие процедуры обработки данных. Язык сконструированного текста является основным для программирования последовательных шагов. Кроме этого, он имеет «выходы» во все остальные

языки, что делает его универсальным в применении разными категориями пользователей.

При выборе редактора STL необходимо учитывать следующее:

- STL лучше всего подходит опытным программистам.
- STL иногда позволяет решать проблемы, которые вы не можете достаточно легко решить при помощи редактора LAD или FBD.
- Использовать редактор STL только с системой команд SIMATIC.
- Можно использовать редактор STL для просмотра или редактирования программы, созданной с помощью редактора LAD или FBD [1].

### **3 ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО КОНТРОЛЛЕРА SIMATIC S7 – 200**

Разработанное программно – методическое обеспечение включает в свой состав методические указания по выполнению пяти лабораторных работ, целью которых является изучение промышленного контроллера SIMATIC S7-200, а также получение практических навыков составления программ на языках LAD и FBD, с применением наиболее распространенных инструкций. Программное обеспечение состоит из четырех программ, используемых при выполнении лабораторных работ.

Полный текст методических указаний представлен в приложениях А, Б, В, Г, Д.

Методические указания содержат описание контроллера Siemens SIMATIC S7 - 200, основные приемы программирования в системе STEP7 – Micro/WIN, примеры решения учебных задач, список вопросов для самопроверки, требования к оформлению отчета о лабораторной работе.

#### **3.1 Лабораторный стенд для изучения контроллера**

Для выполнения лабораторной работы, используется учебный стенд, расположенный в лаборатории АСУ ТП, кафедры автоматизации и компьютерных систем. Структурная схема стенда изображена на рисунке 18. Он имеет следующую конфигурацию: контроллер SIMATIC S7-200, имеющий в своем составе центральный процессор CPU 224XP и устройство ввода-вывода дискретных сигналов, коммуникационный процессор CP 243 – 1 IT, преобразователь интерфейсов USB/PP1, персональный компьютер с установленной системой программирования STEP7-Micro/WIN, стенд “Подготовка технической воды”. На рисунке 19 изображен внешний вид контроллера.

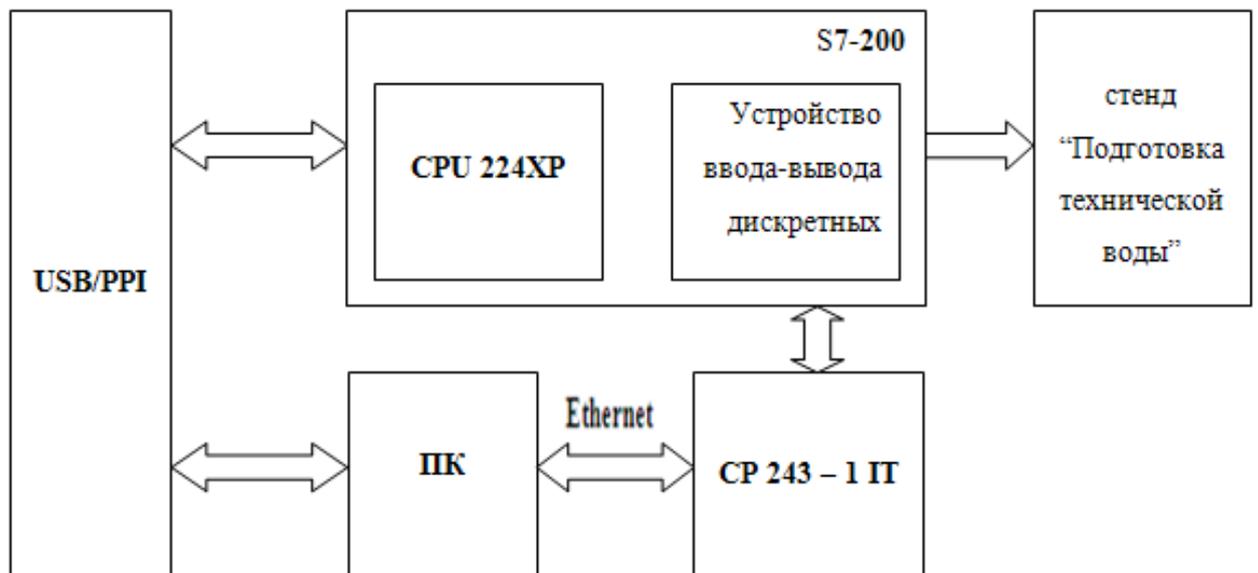


Рисунок 18 – Структурная схема лабораторного стенда

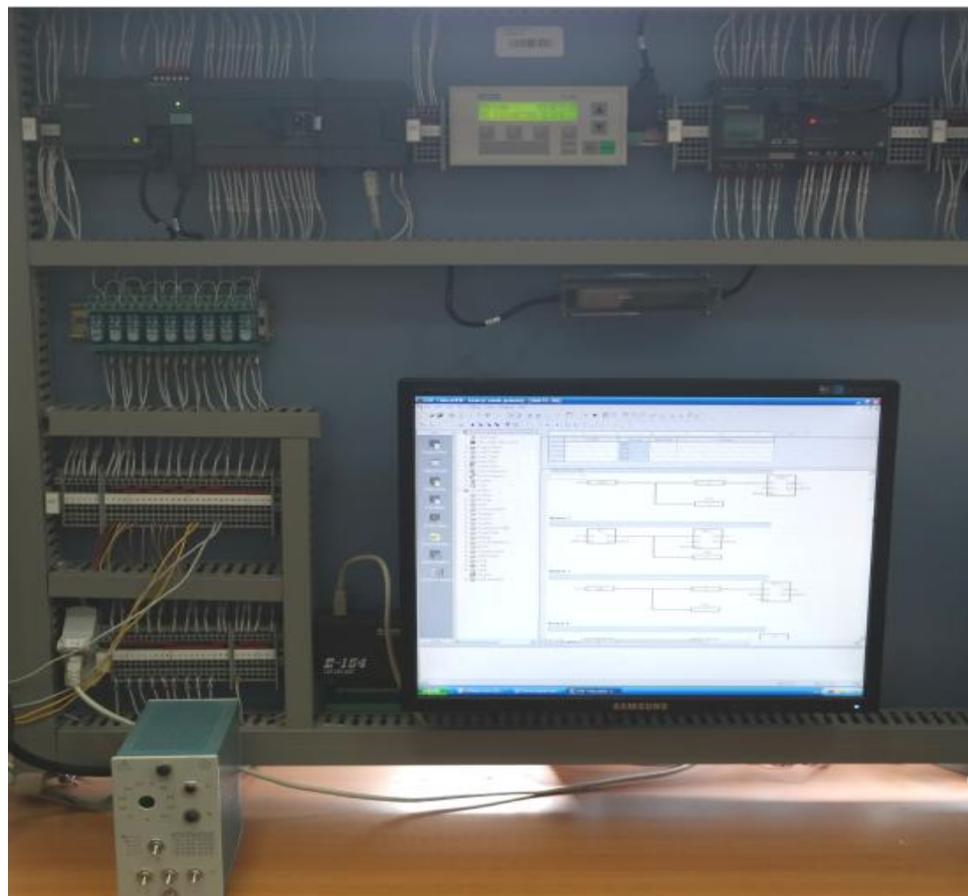


Рисунок 19 – Лабораторный стенд на базе контроллера SIMATIC S7-200

На рисунке 20 изображен стенд “Подготовка технической воды”.

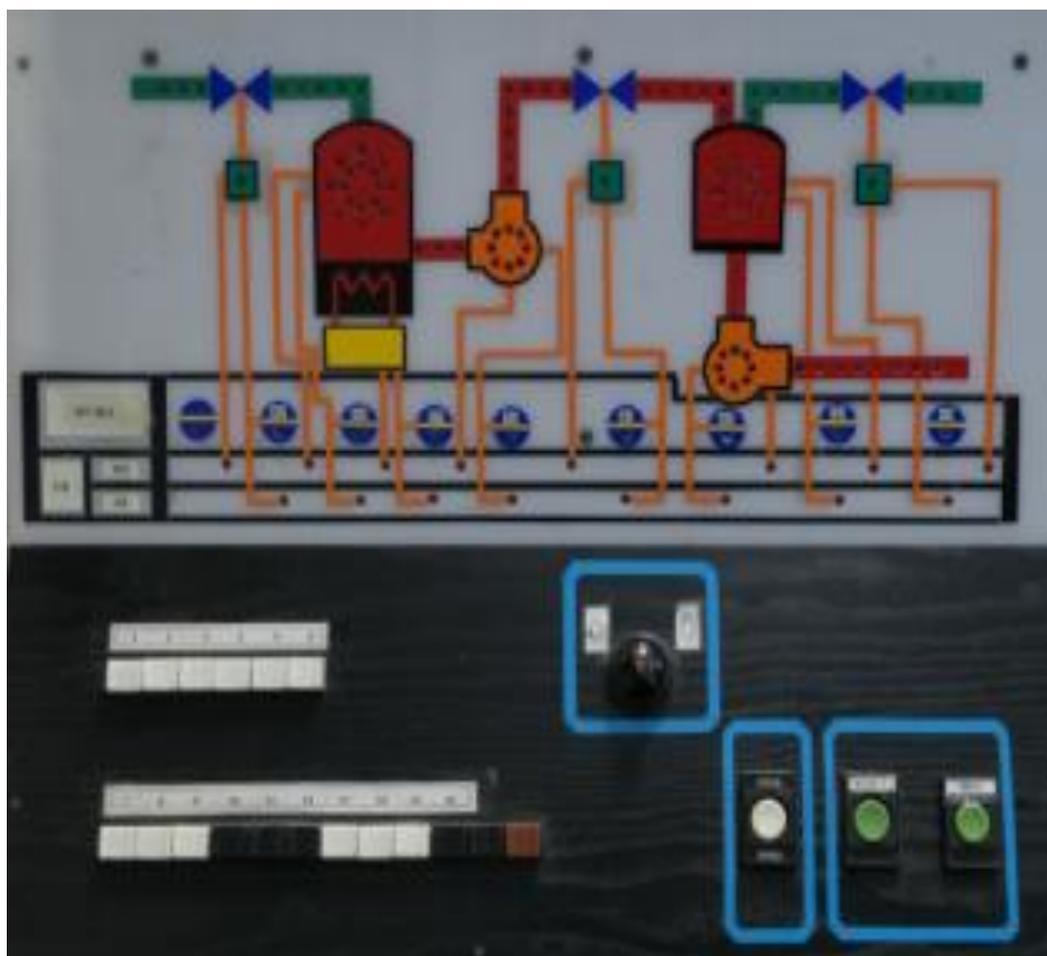


Рисунок 20 – Стенд “Подготовка технической воды”.

### **3.2 Методические указания по выполнению лабораторной работы «Назначение, состав, технические характеристики контроллера Simatic S7-200»**

В настоящем разделе приводится краткое описание содержания выполняемой лабораторной работы. Полный текст методических указаний по выполнению лабораторной работы содержится в приложении А и представлен в электронном виде на диске.

Основные разделы методических указаний:

#### *1 Цель работы*

Изучение назначения, состава, технических характеристик и конструкции контроллера SIMATIC S7-200»

## *2 Назначение*

В данном разделе описывается назначение и функциональные возможности контроллера SIMATIC S7-200.

## *3 Состав*

В данном разделе приводится состав семейства SIMATIC S7-200, состав CPU и назначение входящих в него устройств, а так же модельный ряд CPU с описанием технических характеристик всех центральных процессоров. Раздел состоит из 3 подразделов.

## *4 Сигнальные модули*

В данном разделе представлены семейства модулей расширения контроллера, с описанием назначения, выполняемых функций, состава семейств. Раздел состоит из 3 подразделов.

## *5 Типовые структуры автоматизированных информационно-управляющих систем, построенных на базе SIMATIC S7-200*

В данном разделе приведены типовые структуры автоматизированных информационно – управляющих систем, построенных на базе SIMATIC S7-200. Так же описываются способы организации связи, функции соединений и скорости обмена данными.

## *6 Обработка программ в CPU S7-200*

В данном разделе описаны принцип обработки программы в CPU и основные элементы программы.

## *7 Типы данных и способы адресации SIMATIC S7-200*

В данном разделе описаны способы адресации областей памяти контроллера SIMATIC S7-200, а так же типы данных, с которыми он работает.

## *8 Задание*

Изучить теоретические материалы методического указания и ответить на контрольные вопросы.

## *9 Содержание отчета*

1. Титульный лист
2. Цель работы.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Примеры применения контроллера SIMATIC S7-200.

## *10 Контрольные вопросы*

1. Состав CPU SIMATIC S7-200?
2. Технические характеристики CPU 224XP?
3. Перечислите модули расширения контроллера?
4. Функции коммуникационного процессора CP 243-1 IT?
5. Организация связи через встроенные порты RS 485 центрального процессора.
6. Какие задачи в течении цикла сканирования выполняет CPU?
7. Перечислите области памяти, к которым может обращаться контроллер.

### **3.3 Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций»**

Настоящее программно – методическое обеспечение было разработано в ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы и содержит методические указания по выполнению лабораторной работы: «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций», а так же программное обеспечение, в котором приведены листинг программы – примера и листинг программы, алгоритм которой приведен в задании, с описаниями их работы.

#### **3.3.1 Методические указания по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций»**

В данном разделе приводится краткое описание выполняемой лабораторной работы. Полный текст методических указаний по выполнению лабораторной работы содержится в приложении Б и представлен в электронном виде на диске.

Основные разделы методических указаний:

##### *1 Цель работы*

Изучение промышленного контроллера SIMATIC S7-200, приобретение навыков составления программ на языке программирования LAD в среде программирования STEP7-Micro/WIN.

##### *2 Описание лабораторного стенда*

В данном разделе приведен внешний вид лабораторного стенда на базе контроллера SIMATIC S7-200, его структурная схема и описание конфигурации.

### *3 Характеристики ПЛК SIMATIC S7-200*

В данном разделе описаны состав контроллера SIMATIC S7-200 и назначение его элементов, Так же приводится описание режимов работы контроллера и способы организации связи между центральным процессором и компьютером.

### *4 Описание программного пакета STEP7- Micro/WIN*

В данном разделе содержится краткое описание назначения и возможностей программного пакета STEP7-Micro/WIN. Раздел состоит из 4 подразделов.

### *5 Инструкции языка LAD, используемые при выполнении лабораторной работы*

В данном разделе описывается принцип представления языка LAD и приводится описание команд, используемых при выполнении лабораторной работы. Раздел состоит из 7 подразделов.

### *6 Пример программы*

Данный раздел содержит:

- описание работы программы – примера для управления кодовым замком, с применением алгоритмических функций и алгоритм решения;

- описание байтов специальной памяти SMB28 и SMB29, их применения в программе, а так же способа их настройки;
- краткое описание создания программы.

### *7 Загрузка программы в контроллер*

В данном разделе описаны проверка программы на наличие ошибок и действия для загрузки программы в контроллер. Раздел состоит из 2 подразделов.

### *8 Проверка выполнения программы*

В данном разделе просматривается работоспособность программы в режиме **Start Program Status**.

### *9 Задание*

В данном разделе описывается задание для самостоятельного решения. Задание состоит из 2 частей:

1. Составить программу для управления кодовым замком, имеющим четырехзначную комбинацию PIN – кода.
2. Проверить ход выполнения программы.

### *10 Методические указания по выполнению задания*

1. Составить программу согласно примеру.

При подготовке программы добавить кнопку S4 и присвоить ей арифметическую операцию «вычитание целых чисел». Рассчитать комбинацию PIN – кода, соответствующую порядку выполнения арифметических операций,

при котором результат вычислений будет равен значению, присвоенному байту SMB29. При расчете PIN – кода определить значение для ввода в SMB28.

2. Скомпилировать программу и загрузить в контроллер.
3. Проверить работу программы согласно алгоритму.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчёт.

### *11 Содержание отчета*

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Описание лабораторного стенда.
4. Листинг программы.
5. Расчеты PIN-кода.
6. Скриншоты программы, в режиме **Start Program Status**.
7. Ответы на контрольные вопросы.
8. Вывод.

### *12 Контрольные вопросы*

1. Конфигурация контроллера SIMATIC S7-200 и функции элементов, входящих в его состав.
2. Принцип представления языка LAD.
3. С переменными, какого типа могут оперировать арифметические функции, используемые при выполнении лабораторной работы?
4. Что такое SMB28 и SMB29?

### **3.3.2 Программное обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций»**

В данном разделе содержатся листинг программы – примера и листинг программы, разработанной по заданию, с описаниями их работы.

Пример программы создан на языке LAD и предназначен для управления кодовым замком. Алгоритм программы – примера: замок открывается при наборе трехзначного PIN – кода, имеющего комбинацию «231». Открытие имитируется включением выходного сигнала с адресом Q1.0. При ошибке набора должен включиться выходной сигнал с адресом Q1.1. Для сброса сигнала ошибки использовать кнопку Cancel, имеющую адрес I0.5. При открытии, замок должен сбрасываться по таймеру. Листинг программы представлен в приложении Е.

#### **Алгоритм решения**

Присвоить каждой кнопке пульта конкретное арифметическое действие с переменной MW0, имеющей первоначальное значение, равное 0:

- кнопка S1(Si) – прибавляет к содержимому памяти MW0 число 8;
- кнопка S2(Rk) – умножает содержимое памяти MW0 на 2;
- кнопка S3(K) – делит содержимое памяти MW0 на 5.

Результат сохранять в той же переменной памяти. При вводе PIN – кода контролировать число нажатий (трехзначный код), с помощью счетчика. По окончании ввода PIN – кода результат последовательного выполнения арифметических операций с переменной MW0 сравнить с числом 21, которое задается байтом специальной памяти SMB29. Если результат сравнения «Истина», замок открывается (включается выходной сигнал с адресом Q1.0), и по истечении заданного времени (например 2 секунды) замок сбрасывается в исходное состояние (отключается выходной сигнал с адресом Q1.0, обнуляются счетчик и ячейка памяти MB0). Если результат сравнения «ложь», то

срабатывает ошибка (включается выходной сигнал с адресом Q1.1). Сброс ошибки произвести нажатием кнопки Cancel. Кнопка Cancel, так же, сбрасывает замок в исходное состояние.

В программе использованы байты специальной памяти SMB28 и SMB29. Байт SMB28 хранит значение, введенное аналоговым потенциометром, имеющим номер 0. Это значение необходимо записать в переменную MW0 перед выполнением операции умножения целых чисел. Байт SMB29 хранит значение, введенное аналоговым потенциометром, имеющим номер 1. Это значение будет сравниваться с результатом арифметических операций.

Алгоритм программы, разработанной по заданию: замок открывается при наборе четырехзначного PIN – кода, имеющего комбинацию «2314». Открытие имитируется включением выходного сигнала с адресом Q1.0. При ошибке набора должен включиться выходной сигнал с адресом Q1.1. Для сброса сигнала ошибки использовать кнопку Cancel, имеющую адрес I0.5. При открытии, замок должен сбрасываться по таймеру. Листинг программы представлен в приложении Ж.

Алгоритм решения аналогичен алгоритму решения программы – примера, но т. к. используется 4 кнопки, необходимо добавить кнопку S4(I) и присвоить ей арифметическую операцию «вычитание целых чисел».

### **3.4 Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций»**

Настоящее программно – методическое обеспечение было разработано в ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы и содержит методические указания по выполнению лабораторной работы: «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций», а так же программное обеспечение, в котором приведены листинг программы – примера и листинг программы, алгоритм которой приведен в задании, с описаниями их работы.

### **3.4.1 Методические указания по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций»**

В данном разделе приводится краткое описание выполняемой лабораторной работы. Полный текст методических указаний по выполнению лабораторной работы содержится в приложении В и представлен в электронном виде на диске.

Основные разделы методических указаний:

#### *1 Цель работы*

Изучение промышленного контроллера SIMATIC S7-200, приобретение навыков составления программ на языке программирования FBD в среде программирования STEP7-Micro/WIN.

#### *2 Описание лабораторного стенда*

В данном разделе приведен внешний вид лабораторного стенда на базе контроллера SIMATIC S7-200, его структурная схема и описание конфигурации.

#### *3 Характеристики ПЛК SIMATIC S7-200*

В данном разделе описаны состав контроллера SIMATIC S7-200 и назначение его элементов, Так же приводится описание режимов работы контроллера и способы организации связи между центральным процессором и компьютером.

#### *4 Описание программного пакета STEP7- Micro/WIN*

В данном разделе содержится краткое описание назначения и возможностей программного пакета STEP7 Micro/WIN. Раздел состоит из 4 подразделов.

#### *5 Инструкции языка FBD, используемые при выполнении лабораторной работы*

В данном разделе описывается принцип представления языка FBD и приводится описание команд, используемых при выполнении лабораторной работы. Раздел состоит из 7 подразделов.

#### *6 Пример программы*

Данный раздел содержит:

- описание работы программы – примера для управления кодовым замком, с применением алгоритмических функций и алгоритм решения;
- описание байтов специальной памяти SMB28 и SMB29, их применения в программе, а так же способа их настройки;
- краткое описание создания программы.

#### *7 Загрузка программы в контроллер*

В данном разделе описаны проверка программы на наличие ошибок и действия для загрузки программы в контроллер. Раздел состоит из 2 подразделов.

#### *8 Проверка выполнения программы*

В данном разделе просматривается работоспособность программы в режиме **Start Program Status**.

### *9 Задание*

В данном разделе описывается задание для самостоятельного решения.

Задание состоит из 2 частей:

1. Составить программу для управления кодовым замком, имеющим четырехзначную комбинацию PIN – кода.
2. Проверить ход выполнения программы.

### *10 Методические указания по выполнению задания*

1. Составить программу согласно примеру.

При подготовке программы добавить кнопку S4 и присвоить ей арифметическую операцию «вычитание целых чисел». Рассчитать комбинацию PIN – кода, соответствующую порядку выполнения арифметических операций, при котором результат вычислений будет равен значению, присвоенному байту SMB29. При расчете PIN – кода определить значение для ввода в SMB28.

2. Скомпилировать программу и загрузить в контроллер.
3. Проверить работу программы согласно алгоритму.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Составить отчёт.

### *11 Содержание отчета*

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Описание лабораторного стенда.
4. Листинг программы.

5. Расчеты PIN-кода.
4. Скриншоты программы, в режиме **Start Program Status**.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Вывод.

### *12 Контрольные вопросы*

1. Конфигурация контроллера SIMATIC S7-200 и функции элементов, входящих в его состав.
2. Принцип представления языка FBD.
3. С переменными, какого типа могут оперировать арифметические функции, используемые при выполнении лабораторной работы?
4. Что такое SMB28 и SMB29?

### **3.4.2 Программное обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций»**

В данном разделе содержатся листинг программы – примера и листинг программы, разработанной по заданию, с описаниями их работы.

Пример программы создан на языке FBD и предназначен для управления кодовым замком. Алгоритм программы – примера: замок открывается при наборе трехзначного PIN – кода, имеющего комбинацию «231». Открытие имитируется включением выходного сигнала с адресом Q1.0. При ошибке набора должен включиться выходной сигнал с адресом Q1.1. Для сброса сигнала ошибки использовать кнопку Cancel, имеющую адрес I0.5. При открытии, замок должен сбрасываться по таймеру. Листинг программы представлен в приложении И.

## Алгоритм решения

Присвоить каждой кнопке пульта конкретное арифметическое действие с переменной MW0, имеющей первоначальное значение, равное 0:

- кнопка S1(Si) – прибавляет к содержимому памяти MW0 число 8;
- кнопка S2(Rk) – умножает содержимое памяти MW0 на 2;
- кнопка S3(K) – делит содержимое памяти MW0 на 5.

Результат сохранять в той же переменной памяти. При вводе PIN – кода контролировать число нажатий (трехзначный код), с помощью счетчика. По окончании ввода PIN – кода результат последовательного выполнения арифметических операций с переменной MW0 сравнить с числом 21, которое задается байтом специальной памяти SMB29. Если результат сравнения «Истина», замок открывается (включается выходной сигнал с адресом Q1.0), и по истечении заданного времени (например 2 секунды) замок сбрасывается в исходное состояние (отключается выходной сигнал с адресом Q1.0, обнуляются счетчик и ячейка памяти MB0). Если результат сравнения «ложь», то срабатывает ошибка (включается выходной сигнал с адресом Q1.1). Сброс ошибки произвести нажатием кнопки Cancel. Кнопка Cancel, так же, сбрасывает замок в исходное состояние.

В программе использованы байты специальной памяти SMB28 и SMB29. Байт SMB28 хранит значение, введенное аналоговым потенциометром, имеющим номер 0. Это значение необходимо записать в переменную MW0 перед выполнением операции умножения целых чисел. Байт SMB29 хранит значение, введенное аналоговым потенциометром, имеющим номер 1. Это значение будет сравниваться с результатом арифметических операций.

Алгоритм программы, разработанной по заданию: замок открывается при наборе четырехзначного PIN – кода, имеющего комбинацию «2314». Открытие имитируется включением выходного сигнала с адресом Q1.0. При ошибке набора должен включиться выходной сигнал с адресом Q1.1. Для сброса сигнала ошибки использовать кнопку Cancel, имеющую адрес I0.5. При

открытии, замок должен сбрасываться по таймеру. Листинг программы представлен в приложении К.

Алгоритм решения аналогичен алгоритму решения программы – примера, но т. к. используется 4 кнопки, необходимо добавить кнопку S4(I) и присвоить ей арифметическую операцию «вычитание целых чисел».

### **3.5 Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды»**

Настоящее программно – методическое обеспечение было разработано в ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы и содержит методические указания по выполнению лабораторной работы: «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды», а так же программное обеспечение, в котором приведены листинг программы – примера и листинг программы, алгоритм которой приведен в задании, с описаниями их работы.

#### **3.5.1 Методические указания по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды»**

В данном разделе приводится краткое описание выполняемой лабораторной работы. Полный текст методических указаний по выполнению лабораторной работы содержится в приложении Г и представлен в электронном виде на диске.

Основные разделы методических указаний:

##### *1 Цель работы*

Изучение промышленного контроллера SIMATIC S7-200, приобретение навыков составления программ на языке программирования LAD в среде программирования STEP7-Micro/WIN.

## *2 Описание лабораторного стенда*

В данном разделе приведен внешний вид лабораторного стенда на базе контроллера SIMATIC S7-200, его структурная схема и описание конфигурации.

## *3 Характеристики ПЛК Simatic S7-200*

В данном разделе описаны состав контроллера SIMATIC S7-200 и назначение его элементов, Так же приводится описание режимов работы контроллера и способы организации связи между центральным процессором и компьютером.

## *4 Описание программного пакета STEP7- Micro/WIN*

В данном разделе содержится краткое описание назначения и возможностей программного пакета STEP7 Micro/WIN. Раздел состоит из 4 подразделов.

## *5 Инструкции языка LAD, используемые при выполнении лабораторной работы*

В данном разделе описывается принцип представления языка LAD и приводится описание команд, используемых при выполнении лабораторной работы. Раздел состоит из 3 подразделов.

## *6 Пример программы*

Данный раздел содержит описание алгоритма работы программы – примера для управления стандом подготовки технической воды, а так же краткое описание создания программы.

## *7 Загрузка программы в контроллер*

В данном разделе описаны проверка программы на наличие ошибок и действия для загрузки программы в контроллер. Раздел состоит из 2 подразделов.

## *8 Проверка выполнения программы*

В данном разделе просматривается работоспособность программы в режиме **Start Program Status**, а так же через таблицу состояния переменных **Status Chart** и график состояний входов и выходов **Trend view**.

## *9 Задание*

В данном разделе описывается задание для самостоятельного решения. Задание состоит из 2 частей:

1. Составить программу управления стандом подготовки технической воды на языке LAD по следующему алгоритму:
  - включение с помощью кнопки «пуск»;
  - включение исполнительных механизмов с задержкой 8 секунд между включениями в следующем порядке: клапан 1, мешалка 1, нагреватель, клапан 2, насос 1, клапан 3, мешалка 2, насос 2;
  - включение звукового сигнала в течение 1 секунды перед включением каждого исполнительного механизма;

- задержка 2 секунды между звуковым сигналом и включением исполнительного механизма;
  - выключение с помощью кнопки «СТОП».
2. Проверить ход выполнения программы.

### *10 Методические указания по выполнению задания*

1. Составить программу согласно алгоритму.

При подготовке программы необходимо использовать таблицу символов, изображенную на рисунке 21.

			Symbol	Address	Comment
1			Вход1	I0.0	Кнопка включения процесса
2			Вход2	I0.1	Кнопка выключения процесса
3			Триггер_SR	M0.0	Запуск/Остановка процесса
4			Меркер1	M0.1	Меркер состояния триггера
5			Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал
6			Выход1	Q0.0	Клапан 1
7			Выход2	Q0.1	Нагреватель
8			Выход3	Q0.2	Мешалка 1
9			Выход4	Q0.3	Насос 1
10			Выход5	Q0.4	Клапан 2
11			Выход6	Q0.5	Клапан 3
12			Выход7	Q0.6	Мешалка 2
13			Выход8	Q0.7	Насос 2

Рисунок 21 – Таблица символов для выполнения задания.

2. Скомпилировать программу и загрузить в контроллер.
3. Запустить программу с кнопочного пульта кнопкой Si и проверить ход её выполнения. Кнопка Rk предназначена для останова программы.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчёт.

### *11 Содержание отчета*

1. Титульный лист.
2. Цель работы.

3. Описание лабораторного стенда.
4. Листинг программы.
5. Скриншоты программы, в режиме **Start Program Status**, таблицы состояния переменных **Status Chart** и графика состояний входов и выходов **Trend view**.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

### *12 Контрольные вопросы*

1. Конфигурация контроллера SIMATIC S7-200 и функции элементов, входящих в его состав.
2. Принцип представления языка LAD.
3. По какому параметру различаются таймеры TON (On-Delay Timer)?

### **3.5.2 Программное обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды»**

В данном разделе содержатся листинг программы – примера и листинг программы, алгоритм которой приведен в задании, с описаниями их работы.

Алгоритм программы – примера следующий: запуск процесса нажатием кнопки с адресом I0.0, с последующим включением на 2 секунды звукового сигнала, имеющего адрес Q1.0, и включением, с задержкой 3 секунды после отключения звонка, насоса №1, с адресом Q0.3; отключение процесса осуществить нажатием кнопки с адресом I0.1. Для наблюдения за ходом выполнения процесса необходимо включить стенд «Подготовка технической воды» кнопкой «ВКЛ». Листинг программы представлен в приложении Л.

Алгоритм программы разработанной по заданию:

- включение с помощью кнопки «пуск»;

- включение исполнительных механизмов с задержкой 8 секунд между включениями в следующем порядке: клапан 1, мешалка 1, нагреватель, клапан 2, насос 1, клапан 3, мешалка 2, насос 2;
- включение звукового сигнала в течение 1 секунды перед включением каждого исполнительного механизма;
- задержка 2 секунды между звуковым сигналом и включением исполнительного механизма;
- выключение с помощью кнопки «стоп».

Листинг программы представлен в приложении М.

### **3.6 Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды»**

Настоящее программно – методическое обеспечение было разработано в ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы и содержит методические указания по выполнению лабораторной работы: «Создание программы на языке FBD, для управления стендом подготовки технической воды», а так же программное обеспечение, в котором приведены листинг программы – примера и листинг программы, алгоритм которой приведен в задании, с описаниями их работы.

#### **3.6.1 Методические указания по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды»**

В данном разделе приводится краткое описание выполняемой лабораторной работы. Полный текст методических указаний по выполнению лабораторной работы содержится в приложении Д и представлен в электронном виде на диске.

Основные разделы методических указаний:

## *1 Цель работы*

Изучение промышленного контроллера SIMATIC S7-200, приобретение навыков составления программ на языке программирования FBD в среде программирования STEP7-Micro/WIN.

## *2 Описание лабораторного стенда*

В данном разделе приведен внешний вид лабораторного стенда на базе контроллера SIMATIC S7-200, его структурная схема и описание конфигурации, а так же внешний вид лабораторного стенда «Подготовка технической воды».

## *3 Характеристики ПЛК SIMATIC S7-200*

В данном разделе описаны состав контроллера SIMATIC S7-200 и назначение его элементов, Так же приводится описание режимов работы контроллера и способы организации связи между центральным процессором и компьютером.

## *4 Описание программного пакета STEP7- Micro/WIN*

В данном разделе содержится краткое описание назначения и возможностей программного пакета STEP7-Micro/WIN. Раздел состоит из 4 подразделов.

## *5 Инструкции языка FBD, используемые при выполнении лабораторной работы*

В данном разделе описывается принцип представления языка FBD и приводится описание команд, используемых при выполнении лабораторной работы. Раздел состоит из 3 подразделов.

### *6 Пример программы*

Данный раздел содержит описание алгоритма работы программы – примера для управления стендом подготовки технической воды, а так же краткое описание создания программы.

### *7 Загрузка программы в контроллер*

В данном разделе описаны проверка программы на наличие ошибок и действия для загрузки программы в контроллер. Раздел состоит из 2 подразделов.

### *8 Проверка выполнения программы*

В данном разделе просматривается работоспособность программы в режиме **Start Program Status**, а так же через таблицу состояния переменных **Status Chart** и график состояний входов и выходов **Trend view**.

### *9 Задание*

В данном разделе описывается задание для самостоятельного решения. Задание состоит из 2 частей:

1. Составить программу управления стендом подготовки технической воды на языке FBD по следующему алгоритму:
  - включение с помощью кнопки «пуск»;

- включение исполнительных механизмов с задержкой 8 секунд между включениями в следующем порядке: клапан 1, мешалка 1, нагреватель, клапан 2, насос 1, клапан 3, мешалка 2, насос 2;
- включение звукового сигнала в течение 1 секунды перед включением каждого исполнительного механизма;
- задержка 2 секунды между звуковым сигналом и включением исполнительного механизма;
- выключение с помощью кнопки «СТОП».

2. Проверить ход выполнения программы.

### *10 Методические указания по выполнению задания*

1. Составить программу согласно алгоритму.

При подготовке программы необходимо использовать таблицу символов, изображенную на рисунке 22.

			Symbol	Address	Comment
1			Вход1	I0.0	Кнопка включения процесса
2			Вход2	I0.1	Кнопка выключения процесса
3			Триггер_SR	M0.0	Запуск/Остановка процесса
4			Меркер1	M0.1	Меркер состояния триггера
5			Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал
6			Выход1	Q0.0	Клапан 1
7			Выход2	Q0.1	Нагреватель
8			Выход3	Q0.2	Мешалка 1
9			Выход4	Q0.3	Насос 1
10			Выход5	Q0.4	Клапан 2
11			Выход6	Q0.5	Клапан 3
12			Выход7	Q0.6	Мешалка 2
13			Выход8	Q0.7	Насос 2

Рисунок 22 – Таблица символов для выполнения задания.

2. Скомпилировать программу и загрузить в контроллер.
3. Запустить программу с кнопочного пульта кнопкой Si и проверить ход её выполнения. Кнопка Rk предназначена для останова программы.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчёт.

## *11 Содержание отчета*

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Описание лабораторного стенда.
4. Листинг программы.
5. Скриншоты программы, в режиме **Start Program Status**, таблицы состояния переменных **Status Chart** и графика состояний входов и выходов **Trend view**.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

## *12 Контрольные вопросы*

1. Конфигурация контроллера SIMATIC S7-200 и функции элементов, входящих в его состав.
2. Принцип представления языка FBD.
3. По какому параметру различаются таймеры TON (On-Delay Timer)?

### **3.6.2 Программное обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды»**

В данном разделе содержатся листинг программы – примера и листинг программы, алгоритм которой приведен в задании, с описаниями их работы.

Алгоритм программы – примера следующий: запуск процесса нажатием кнопки с адресом I0.0, с последующим включением на 2 секунды звукового сигнала, имеющего адрес Q1.0, и включением, с задержкой 3 секунды после отключения звонка, насоса №1, с адресом Q0.3; отключение процесса осуществить нажатием кнопки с адресом I0.1. Для наблюдения за ходом

выполнения процесса необходимо включить стенд «Подготовка технической воды» кнопкой «ВКЛ». Листинг программы представлен в приложении Н.

Алгоритм программы разработанной по заданию:

- включение с помощью кнопки «пуск»;
- включение исполнительных механизмов с задержкой 8 секунд между включениями в следующем порядке: клапан 1, мешалка 1, нагреватель, клапан 2, насос 1, клапан 3, мешалка 2, насос 2;
- включение звукового сигнала в течение 1 секунды перед включением каждого исполнительного механизма;
- задержка 2 секунды между звуковым сигналом и включением исполнительного механизма;
- выключение с помощью кнопки «стоп».

Листинг программы представлен в приложении П.

## **4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В данном разделе рассматриваются организация и планирование работ, оценка экономической эффективности разработки программно-методического обеспечения для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-200. Данное программно-методическое обеспечение будет применяться в процессе обучения при проведении лабораторных работ с использованием лабораторного стенда, и будет содержать необходимые краткие теоретические сведения, а также примеры задач для каждой лабораторной работы.

Цель данной работы - состоит в написании программного обеспечения, его тестировании, проведении технических экспериментов и разработке методических указаний.

### **4.1 Организация и планирование работ**

Планирование работы заключается в составлении перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определении участков каждой работы; установлении продолжительности работ; построении линейного графика. Успех проведения работы зависит от рационального распределения нагрузки по времени этапов, что позволяет более эффективно распределять и использовать ресурсы её исполнителей [6].

Предполагаемые в процессе исследования работы сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Комплекс работ по разработке проекта

<b>Этапы работы</b>	<b>Исполнители</b>	<b>Загрузка исполнителей</b>
Составление задания, подбор литературы	НР, И	НР – 50 % И – 50 %
Ознакомление с литературой и технической базой	НР, И	НР – 50 % И – 75 %
Разработка технического решения	НР, И	НР – 50 % И – 75 %

Продолжение таблицы 3

Изучение промышленного контроллера Simatic S7-200	И	И – 100 %
Исследование программного пакета STEP7 Micro/WIN	И	И – 100 %
Разработка программного обеспечения для контроллера SIMATIC S7-200	И	И – 100 %
Разработка схемы лабораторного стенда	И	И – 100 %
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	НР – 50 % И – 75 %
Редактирование и отладка программы	НР, И	НР – 25 % И – 100 %
Мероприятия по безопасности и экологичности работы	И	И – 100 %
Технико-экономическое обоснование НИР	И	И – 100 %
Составление и оформление пояснительной записки	И	И – 100 %
Разработка презентации	И	И – 100 %
Защита ВКР.	И	И – 100 %

#### 4.1.1 Продолжительность этапов работ

Продолжительность этапов работ будем определять экспертным путем. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  применим формулу:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ож}$  - трудоемкость выполнения отдельных видов работ, чел-дни;

$t_{min}$  - минимально возможная трудоемкость выполнения отдельных видов работ, чел-дни;

$t_{max}$  - максимально возможная трудоемкость выполнения отдельных видов работ, чел-дни.

При составлении плана комплекса работ используются в основном сетевые и линейные методы планирования. Поскольку данная разработка не велика по объему и не требуют большого состава исполнителей, целесообразно использовать линейный метод планирования. Для построения линейного

графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни [7].

Расчет длительности работ в рабочих днях осуществляется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (2)$$

где  $T_{рд}$  - трудоемкость работы, чел-дни;

$K_{вн}$  - коэффициент выполнения нормы ( $K_{вн}=1$ );

$K_{д}$  - коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ( $K_{д}=1,2$ ).

Для перевода рабочих дней в календарные используется следующая формула:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к}, \quad (3)$$

где  $T_{кд}$  - продолжительность выполнения работы в календарных днях;

$T_{рд}$  - продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

$T_{к}$  - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности  $T_{к}$  определяется по формуле:

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{нд}}, \quad (4)$$

где  $T_{кал}$  – календарное число дней в году ( $T_{кал} = 366$ );

$T_{вд}$ ,  $T_{нд}$  – число праздничных ( $T_{вд} = 14$ ) и выходных дней в году ( $T_{нд} = 52$ ). Таким образом, коэффициент календарности равен:

$$T_{к} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22.$$

Расчетные значения сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность - ность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Составление задания, подбор литературы	НР, И	2	3	2,4	1,44	1,44	1,76	1,76
Ознакомление с литературой и технической базой	НР, И	4	5	4,4	2,64	3,96	3,22	4,83

Продолжение таблицы 4

Разработка технического решения	НР, И	2	3	2,4	1,44	2,16	1,76	2,64
Изучение промышленного контроллера Simatic S7-200	И	4	5	4,4	-	5,28		6,44
Исследование программного пакета Step7 Micro/WIN32 и WinCC v7.0	И	5	5	5	-	6		7,32
Разработка программного обеспечения для контроллера Simatic S7-200	И	5	7	5,8	-	6,96		8,49
Разработка схемы лабораторного стенда	И	2	3	2,4	-	2,88		3,51
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	4	5	4,4	2,64	3,96	3,22	4,83
Редактирование и отладка программы	НР, И	7	10	8,2	2,46	9,84	3	12
Мероприятия по безопасности и экологичности работы	И	5	7	5,8	-	6,96		8,49
Технико-экономическое обоснование НИР	И	5	7	5,8	-	6,96		8,49
Составление и оформление пояснительной записки	И	20	22	20,8	-	24,96		30,5
Разработка презентации	И	3	4	3,4	-	4,08		4,98
Защита ВКР.	И	4	4	5	-	6		7,32
<b>ИТОГО</b>				<b>80,2</b>	<b>10,6</b>	<b>91,4</b>	<b>12,9</b>	<b>111,5</b>

Календарный план-график работ оформлен в виде линейного графика, на котором работы по теме отображены протяженными во времени отрезками, имеющими дату начала и окончания выполнения работ. Работы выделены разным цветом в зависимости от ответственных исполнителей.

Линейный график построен в виде таблицы, в которой перечислены наименования работ, исполнители, трудоемкость, длительность выполнения работ, таблица 5.

Таблица 5 – Линейный график выполнения работ

Этап №	Т <sub>пл</sub>		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
	НИ	И	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	1,76	1,76	■													
2	3,22	4,83	■													
3	1,76	2,64	■													
4		6,44		■												
5		7,32		■												
6		8,49			■											
7		3,51				■										
8	3,22	4,83				■										
9	3	12					■									
10		8,49						■								
11		8,49							■							
12		30,5								■						
13		4,98											■			
14		7,32												■		

НР - ■; И - ■.

#### 4.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом [8].

Введем обозначения:

- $TP_{общ}$  – общая трудоемкость проекта;
- $TP_i$  ( $TP_k$ ) – трудоемкость i-го (k-го) этапа проекта,  $i = \overline{1, I}$ ;
- $TP_i^H$  – накопленная трудоемкость i-го этапа проекта по его завершении;
- $TP_{ij}$  ( $TP_{kj}$ ) – трудоемкость работ, выполняемых j-м участником на i-м этапе, здесь  $j = \overline{1, m}$  – индекс исполнителя, в нашем примере  $m = 2$ .

Степень готовности определяется формулой (5):

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{общ.}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}. \quad (5)$$

Применительно к таблице 5 величины  $TP_{ij}$  ( $TP_{kj}$ ) находятся в столбцах (6,  $j = 1$ ) и (7,  $j = 2$ ).  $TP_{общ.}$  равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Расчет  $TP_i$  (%) и  $CG_i$  (%) на основе этих данных содержится в таблице 6.

Таблица 6 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этапы работы	$TP_i$ %	$CG_i$ , %
Составление задания, подбор литературы	2,82	2,82
Ознакомление с литературой и технической базой	6,47	9,29
Разработка технического решения	3,52	12,81
Изучение промышленного контроллера Simatic S7-200	5,17	17,98
Исследование программного пакета Step7 Micro/WIN32	5,88	23,86
Разработка программного обеспечения для контроллера Simatic S7-200	6,82	30,68

Продолжение таблицы 6

Разработка схемы лабораторного стенда	2,82	33,5
Проведение экспериментальных исследований	6,47	39,97
Редактирование и отладка программы	12,05	52,02
Мероприятия по безопасности и экологичности работы	6,82	58,84
Технико-экономическое обоснование НИР	6,82	65,66
Составление и оформление пояснительной записки	24,45	90,11
Разработка презентации	4,01	94,12
Защита ВКР.	5,88	100

#### 4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Затраты на выполнение проекта включают в себя все расходы, необходимые для реализации комплекса работ, составляющих содержание разработки.

Расчет сметной стоимости производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

#### 4.2.1 Расчет затрат на материалы

Данная статья отражает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта и транспортные расходы (в нашем случае они отсутствуют), см. таблицу 7.

Таблица 7 – Затраты на материалы и покупные изделия

Наименование материалов и покупных изделий	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
Носители информации (flash)	шт.	1	300	300
Бумага	уп.	1	400	400
<b>Итого:</b>				<b>700</b>

С учетом ТЗР = 5%:  $C_{\text{мат}} = 700 + 35 = 735$  руб.

#### 4.2.2 Расчет заработной платы

В этой статье расходов спланированы и учтены основная заработная плата исполнителей, непосредственно участвующих в проектировании разработки, т.е. научного руководителя и инженера. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада (МО) исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} / 24,83, \quad (6)$$

учитывающей, что в году 298 рабочих дней и следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 8. Затраты времени по каждому исполнителю, в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 4. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{ПР} = 1,1$ ;  $K_{доп.ЗП} = 1,188$ ;  $K_p = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$ . Вышеуказанное значение  $K_{доп.ЗП}$  применяется при шестидневной рабочей недели, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае  $K_{и} = 1,62$ .

Таблица 8 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	<b>23264,86</b>	936,96	10,6	1,699	<b>16874,08</b>
И	<b>14874,45</b>	599,05	91,4	1,699	<b>93025,63</b>
<b>Итого:</b>					<b>109899,7</b>

#### 4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$ . Итак, в нашем случае:  $C_{соц.} = 96\ 355,23 * 0,3 = 32\ 969,91$  руб.

#### 4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, см. таблицу 9, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого

оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}}, \quad (7)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{Э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $Ц_{\text{Э}} = 5,257$  руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4 для инженера ( $T_{\text{РД}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{РД}} * K_t, \quad (8)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{РД}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C, \quad (9)$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Таблица 9 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$ , кВт	Затраты $Э_{\text{об}}$ , руб.
Персональный компьютер	728*0,6	0,3	688,87
Стенд	10	0,1	5,257
Контроллер	100	0,1	52,57
<b>Итого:</b>			<b>746,69</b>

#### 4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (10)$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку  $C_{AM}$ . Для ПК в 2016 г. (300 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять  $F_D = 300 * 8 = 2400$  часов [9];

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для ПК примем срок амортизации 2,5 года, тогда:  $H_A = 1/2,5 = 0,4$ .

Балансовая стоимость ПК = 15 000 руб., тогда:

$$C_{AM} = \frac{0,4 * 15000 * 728 * 1}{2400} = 1820 \text{ руб.}$$

Для контроллера SIMATIC S7-200 срок амортизации 2,5 года.

$N_A = 1/2,5 = 0,4$ . Балансовая стоимость контроллера = 21 243 руб., получим:

$$C_{AM} = \frac{0,4 * 21243 * 100 * 1}{2400} = 354,05 \text{ руб.}$$

Для стенда «Подготовка технической воды» срок амортизации 2,5 года.

$N_A = 1/2,5 = 0,4$ . Балансовая стоимость контроллера = 20 000 руб., получим:

$$C_{AM} = \frac{0,4 * 20000 * 10 * 1}{2400} = 33,33 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма амортизационных расходов:

$$C_{AM} = 1820 + 354,05 + 33,33 = 2207,38 \text{ руб.}$$

#### **4.2.6 Расчет прочих расходов**

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.:

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пп}}) * 0,1. \quad (11)$$

Для нашего примера это:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч.}} &= (735 + 109\,899,7 + 32\,969,91 + 746,69 + 2\,207,38) * 0,1 = \\ &= 14\,655,86 \text{ руб.} \end{aligned}$$

#### **4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки**

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта, таблица 10.

Таблица 10 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	735
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	109 899,7
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	32 969,91
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	746,69
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	2 207,38
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	14 655,86
<b>Итого:</b>		<b>161 214,54</b>

Таким образом, затраты на разработку составили:  $C = 161\,214,54$  руб.

#### 4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере  $5 \div 20$  % от полной себестоимости проекта [6].

Таким образом прибыль составляет:

$$161\,214,54 * 0,2 = 32\,242,9 \text{ руб.}$$

#### 4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В данном проекте получаем:

$$(161\,214,54 + 32\,242,9) * 0,18 = 34\,822,34 \text{ руб.}$$

#### **4.2.10 Цена разработки ВКР**

Цена разработки ВКР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в данном случае:

$$C_{\text{ВКР}} = 161\,214,54 + 32\,242,9 + 34\,822,34 = 228\,279,78 \text{ руб.}$$

#### **4.3 Оценка экономической эффективности проекта**

Разработка данного проекта не несет в себе цели получения экономического результата.

Итогом работы является разработка программно – методического обеспечения для выполнения лабораторных работ по курсу «Автоматизированные информационно – управляющие системы» студентами, обучающимися по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» кафедры АИКС Томского политехнического университета.

Эффектом от проекта будет являться приобретение студентами навыков и умений в области автоматизации и программирования, следовательно, оценка экономической эффективности представленного проекта некорректна.

## 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной выпускной квалификационной работе производится исследование промышленного контроллера SIMATIC S7-200 фирмы Siemens.

Работы по исследованию включают в себя разработку программного обеспечения, его тестирование и проведение технических экспериментов.

Итогом работы является разработка методического пособия по изучению контроллера SIMATIC S7-200 студентами кафедры АИКС.

Весь объем работ проходит на учебном стенде в лаборатории АСУ ТП кафедры АИКС.

Учебный стенд включает в себя:

- лицевую панель, с расположенным на ней контроллером и коммутационной аппаратурой;
- стенд «Подготовка технической воды» в виде мнемосхемы технологического процесса со световой индикацией;
- персональный компьютер с установленным программным пакетом STEP7-Micro/WIN, предназначенным для разработки программ.

Таблица 11 - Анализ вредных и опасных факторов.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Разработка проекта	1. Повышенный уровень электромагнитного излучения; 2. Превышение уровней шума;	1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;	1. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность»; 2. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»; 3. СанПин 2.2.2/2.4.1340-03;

## 5.1 Производственная безопасность

### 5.1.1 Электромагнитные излучения

Основным источником электромагнитных излучений при разработке проекта в лаборатории АСУ ТП являются видеодисплейный терминал (так же является источником электростатического поля), системный блок ПЭВМ, а так же электрооборудование (контроллер, электропроводка, сетевой фильтр, вторичные источники питания, коммутационная аппаратура, стенд с мнемосхемой).

Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах согласно [3] в таблице 12.

Таблица 12 – Допустимые уровни ЭМП от ПЭВМ.

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Инструментальный контроль для оценки уровней электромагнитных полей на рабочих местах проводят:

- при вводе ПЭВМ в эксплуатацию и организации новых и реорганизации рабочих мест;
- после проведения организационно-технических мероприятий, направленных на нормализацию электромагнитной обстановки;
- при аттестации рабочих мест по условиям труда;

- по заявкам предприятий и организаций.

Если на обследуемом рабочем месте, оборудованном ПЭВМ, интенсивность электрического и/или магнитного поля в диапазоне 5 - 2000 Гц превышает значения, приведенные в таблице 2, следует проводить измерения фоновых уровней ЭМП промышленной частоты (при выключенном оборудовании). Согласно [3] Фоновый уровень электрического поля частотой 50 Гц не должен превышать 500 В/м. Фоновые уровни индукции магнитного поля не должны превышать значений, вызывающих нарушения требований к визуальным параметрам видеодисплейных терминалов (ВДТ), приведенным в таблице 13.

Таблица 13 – Визуальные параметры ВДТ, на рабочих местах.

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/кв.м
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более $\pm 20\%$
Контрастность (для монохромного режима)	3:1
Временная нестабильность изображения (мелькание)	Не должна фиксироваться
Пространственная нестабильность изображения (дрожание)	Не более $2 \cdot 10L^{-4L}$ , где L - расстояние наблюдения

### 5.1.2 Шум

Шум во время работы с контроллером может исходить от кулеров ПЭВМ, стенда «Подготовка технической воды» и от коммутационной аппаратуры. Превышение уровня допустимых значений шума на рабочем месте отрицательно сказывается на работоспособности. Становится сложно воспринимать речь и происходит раздражение центральной нервной системы. Согласно [4] уровень звука и уровни звукового давления не должны превышать значений, указанных в таблице 14.

Таблица 14 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ.

Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, ДБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Т. к. в лаборатории нет источников шума, превышающих значения, приведенные в таблице, она не граничит с помещениями, имеющими такие источники, а так же исходя из собственных ощущений, можно сделать вывод, что уровень шума на рабочем месте соответствует норме.

### 5.1.3 Опасность поражения электрическим током

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

Не следует работать с ПЭВМ, контроллером SIMATIC S7-200 и другим электрооборудованием в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), при наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусам электрооборудования. Таким образом, работа может проводиться только в помещениях без повышенной опасности, и возможность поражения током может быть только при прикосновении непосредственно с элементами этих конструкций [1].

Так как инженер-программист работает с электроприборами (дисплей, системный блок, манипулятор «мышь» и клавиатура), то в данном случае существует опасность поражения током:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ и контроллера SIMATIC S7-200;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПЭВМ и контроллера SIMATIC S7-200);
- при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в блоке питания.

#### **5.1.4 Недостоверность информации при разработке программно – методического обеспечения**

Программно – методическое обеспечение по выполнению лабораторных работ разрабатывается для обучения студентов кафедры АИКС Томского политехнического университета. По результатам выполнения данных работ студенты должны получить навыки программирования контроллера SIMATIC S7-200 на языках LAD и FBD.

Таким образом, при разработке программно – методического обеспечения очень важно не допустить грубых ошибок, как в программной части работы, так и в теоретических разделах.

При написании учебных программ необходимо быть предельно внимательным, во избежание ввода синтаксиса не соответствующего заданным алгоритмам. Так же важно не допустить ошибок, не систематического характера, которые сложно выявить. При их наличии программа может долгое время работать корректно, а затем выдать ошибку и остановиться.

Теоретические разделы содержат большой объем информации по работе с контроллером, его программированию, эксплуатационным характеристикам, а

так же описанию работы учебных программ. При их написании необходимо пользоваться достоверными источниками литературы.

При невыполнении данных требований разработчиком проекта, студенты могут приобрести ошибочные знания. В дальнейшем эти знания могут быть применены ими при работе с контроллером Simatic S7-200 на различных производственных площадках, что может привести к таким последствиям, как:

- ошибки в работе технологического оборудования;
- выход из строя технологического оборудования;
- выход из строя контроллера и других средств автоматизации;
- несчастный случай.

### **5.1.5 Программное обеспечение**

При разработке программ для управления различными автоматизированными процессами с помощью промышленного контроллера SIMATIC S7-200 необходимо пользоваться лицензионным программным обеспечением.

Взломанные программные продукты могут работать не корректно и содержать не полный объем функционала. Программы, написанные в таких пакетах, могут содержать скрытые ошибки.

На практике программа, содержащая определенные скрытые ошибки может вызвать аппаратное прерывание. В этом случае, если в программе нет вызова блока обработки аппаратных прерываний, то контроллер перейдет в режим «STOP» и прекратит обработку программы. Если такая ситуация произойдет во время выполнения какого-либо технологического процесса, то последствия могут быть самыми разными, начиная от простоя оборудования и заканчивая несчастным случаем.

В качестве примера последствий сбоя программы можно рассмотреть технологический процесс приготовления лекарственных препаратов.

Контроллер поддерживает высокотемпературный режим в реакторе с препаратом, который длится заданное время и при этом в течении всего процесса смесь перемешивается с помощью мешалки. Сбой программы во время выполнения процесса приведет к нарушению технологии приготовления препарата, соответственно такой препарат необходимо будет утилизировать. Последствием такого сбоя станет материальный ущерб для предприятия.

## **5.2 Экологическая безопасность**

Контроллер SIMATIC S7-200 может применяться для управления технологическими процессами на предприятиях химических отраслей, связанных с выпуском продукции, при производстве которой используются опасные химические вещества, попадание которых в атмосферу может повлиять на экологическую обстановку в различных масштабах местности. Разработчики программ для управления такими объектами должны иметь высокую квалификацию и концентрацию внимания.

Ошибки в коде программ могут привести к разгерметизации технологического оборудования, и утечке вредных и опасных химических веществ в атмосферу, гидросферу и литосферу. Аварии подобного рода нередко приводят к экологическим катастрофам.

Последствия загрязнения атмосферы очевидны: образование озоновых дыр, возникновение парникового эффекта, рост процента тяжелых заболеваний.

Большинство промышленных и коммунальных выбросов, в конечном счете, оседает на поверхности литосферы и концентрируется в почве, самоочищение которой происходит очень медленно, а в районах с холодным климатом почти не происходит [2].

Типичными загрязнителями поверхностных вод гидросферы являются: фенолы, спирты, смолы, хлориды, сульфаты, натрий, кальций, аммиак, органические кислоты.

Одним из условий предупреждения аварий, вызванных человеческим фактором, является необходимость улучшения качества образовательного процесса в учебных заведениях.

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При неправильной эксплуатации электрооборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением контроллера, ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования.

Необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного и организационного плана.

Возможные причины пожара:

- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции;
- пуск оборудования после ремонта.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств [4].

### **5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности является Конституция – основной закон государства. Законы и

иные правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить Конституции РФ. При разработке данного проекта должны соблюдаться следующие законы, стандарты, правила и нормы:

- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
- ГОСТ 12.1.003–83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
- ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выпускной квалификационной работы было разработано программно-методическое обеспечение для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-200, которое включает в себя:

- Методические указания по выполнению лабораторной работы «Назначение, состав, технические характеристики контроллера».
- Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций».
- Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций».
- Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды».
- Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды».

Приведенное программно-методическое обеспечение предназначено для изучения промышленного контроллера SIMATIC S7-200, изучения системы программирования STEP7 Micro/WIN и получения практических навыков по программированию контроллеров «Siemens» в системе STEP7 Micro/WIN на языках LAD, FBD.

Программно-методическое обеспечение по выполнению лабораторных работ будет в дальнейшем использоваться студентами ТПУ, обучающимися по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» при изучении курса «Автоматизированные информационно –

управляющие системы» студентами кафедры автоматики и компьютерных систем Томского политехнического университета.

## CONCLUSION

In the final qualifying work was developed Software and methodological support for learning industrial controller SIMATIC S7-200, which includes:

- Methodical instructions for performing laboratory work “Assignment, composition, technical characteristics of the controller”.
- Software and methodological support for performing laboratory work " Development of the program in the language LAD with the use of arithmetic functions".
- Software and methodological support for performing laboratory work " Development of the program in the language FBD with the use of arithmetic functions".
- Software and methodological support for performing laboratory work " Create a program in the language LAD for controlling the stand of preparation of technical water ".
- Software and methodological support for performing laboratory work " Create a program in the language FBD for controlling the stand of preparation of technical water ".

Given software and methodological support is intended for learning industrial controller SIMATIC S7-200, learning programming system STEP 7 Micro / WIN and obtain practical skills in programming «Siemens» Controllers obtain practical skills in programming «Siemens» controllers in the STEP 7 Micro / WIN in the languages LAD, FBD.

Software and methodological support for performing laboratory works will then be used by students of TPU, studying the direction of 15.03.04 “Automation of technological processes and productions” at course studying “Automated information - control systems” students of the department of automation and Computer Systems of Tomsk polytechnic university.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Программируемый контроллер S7-200. Системное руководство. Издание 3: 2002, - 457с.
2. Митин Г.П., Хазанова О.В., Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров: Учебное пособие. – М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2005, - 136с.
3. Система автоматизации S7-200. Системное руководство: 2001, - 230с.
4. Программирование промышленных логических контроллеров SIMATIC S7. В 3 – х ч. Часть 1. Семейство S7-200: учебное пособие / И. В. Музылева. – Липецк: Издательство ЛГТУ, 2013. – 72с.
5. STEP 7-MICRO/WIN 32 В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ: сборник заданий к лабораторным работам / сост. А.М. Зюзев, К.Е. Нестеров. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 27 с.
6. Кнышова Е. Н. Экономика организации : учебник / Е. Н. Кнышова, Е. Е. Панфилова. – Москва: Форум Инфра-М, 2012. – 334 с.: ил. – Профессиональное образование.
7. Шульмин В. А. Экономическое обоснование в дипломных проектах : учебное пособие для вузов / В. А. Шульмин, Т. С. Усынина. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 192 с.
8. Голосовский С. И. Эффективность научных исследований в промышленности / С. И. Голосовский. – Москва: Экономика, 1986. – 159 с.
9. Мигуренко Р. А. Научно-исследовательская работа: учебно-методическое пособие / Р. А. Мигуренко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). – 2-е изд., стер. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 184 с.
10. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. «Электробезопасность».

11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
12. ГОСТ 12.1.003–83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
13. Баранов А.Н., Пчелинцев В.А. Пожарная безопасность: Учебное пособие. — М.: АСВ, 1997, — 176 с. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергоатомиздат, 1984, - 824 с.
14. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. — 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.: ил. — Для высших учебных заведений. —Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 333.

## **Приложение А**

**(Обязательное)**

**Методические указания выполнению лабораторной работы «Назначение, состав, технические характеристики контроллера SIMATIC S7-200»**

**(расположено в формате документ Word (\*.docx) на CD-диске)**

## **Приложение Б**

**(Обязательное)**

**Методические указания выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке LAD с применением арифметических функций»**

**(расположено в формате документ Word (\*.docx) на CD-диске)**

## **Приложение В**

**(Обязательное)**

**Методические указания выполнению лабораторной работы «Разработка программы на языке FBD с применением арифметических функций»**

**(расположено в формате документ Word (\*.docx) на CD-диске)**

## **Приложение Г**

**(Обязательное)**

**Методические указания выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке LAD для управления стендом подготовки технической воды»**

**(расположено в формате документ Word (\*.docx) на CD-диске)**

## **Приложение Д**

**(Обязательное)**

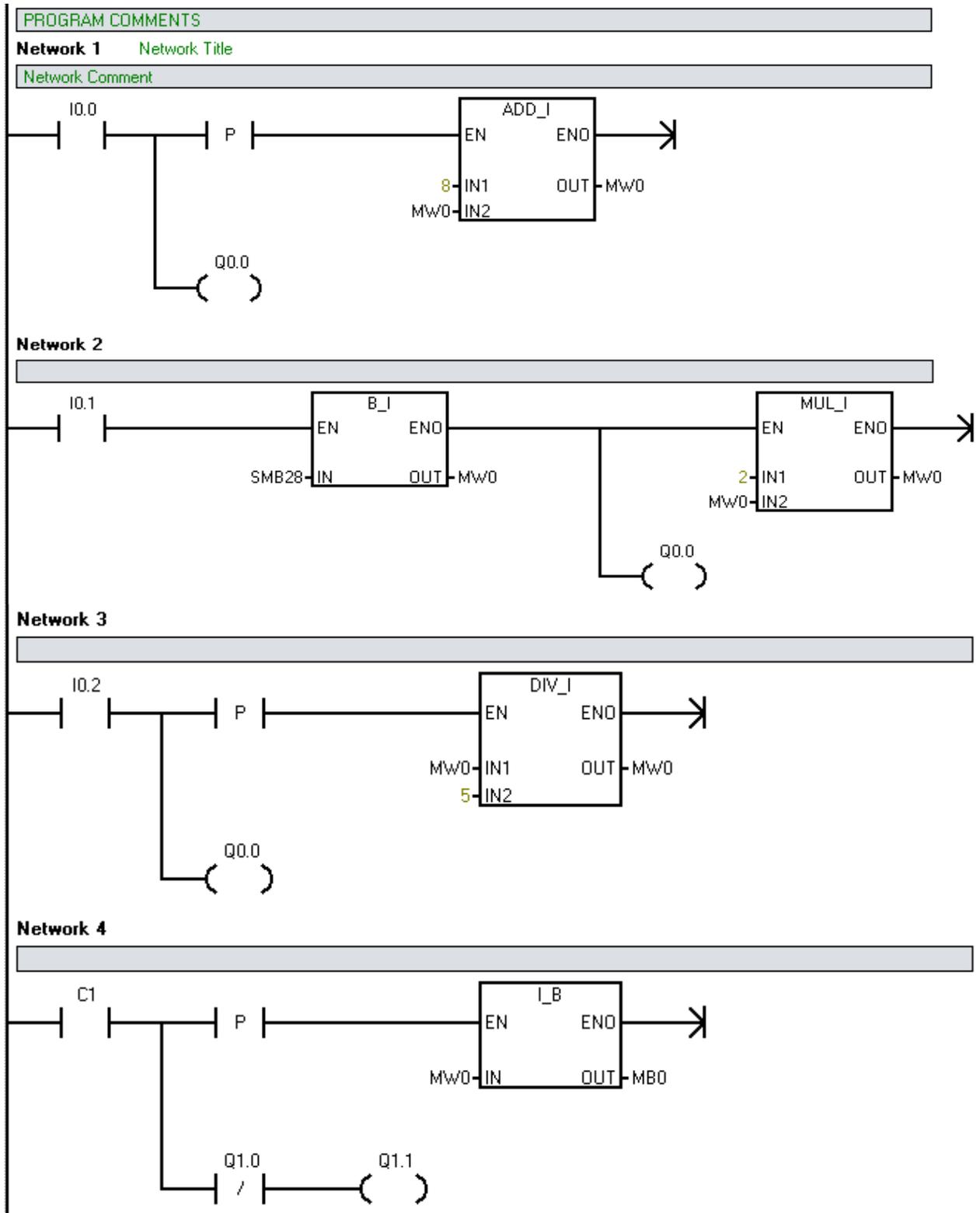
**Методические указания выполнению лабораторной работы «Создание программы на языке FBD для управления стендом подготовки технической воды»**

**(расположено в формате документ Word (\*.docx) на CD-диске)**

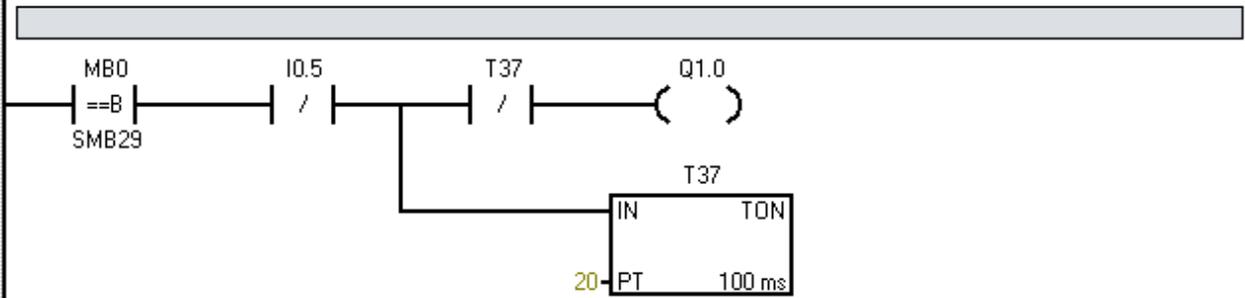
## Приложение Е

### (Обязательное)

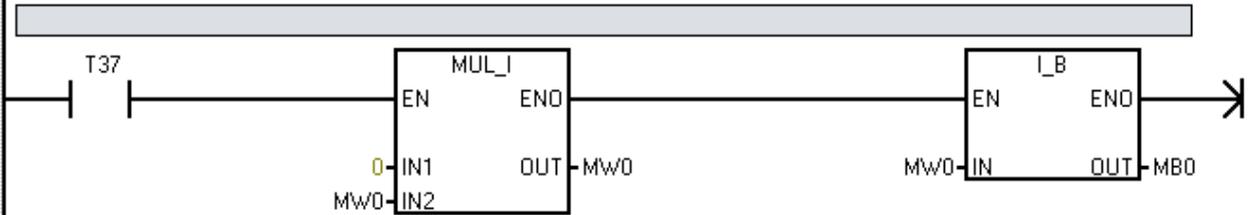
#### Листинг программы управления кодовым замком с тремя кнопками на языке LAD



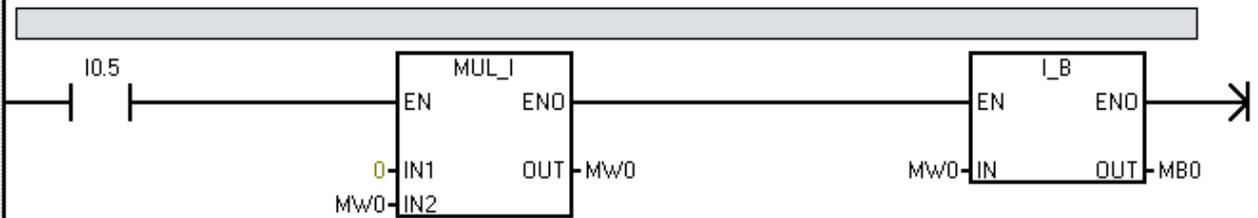
**Network 5**



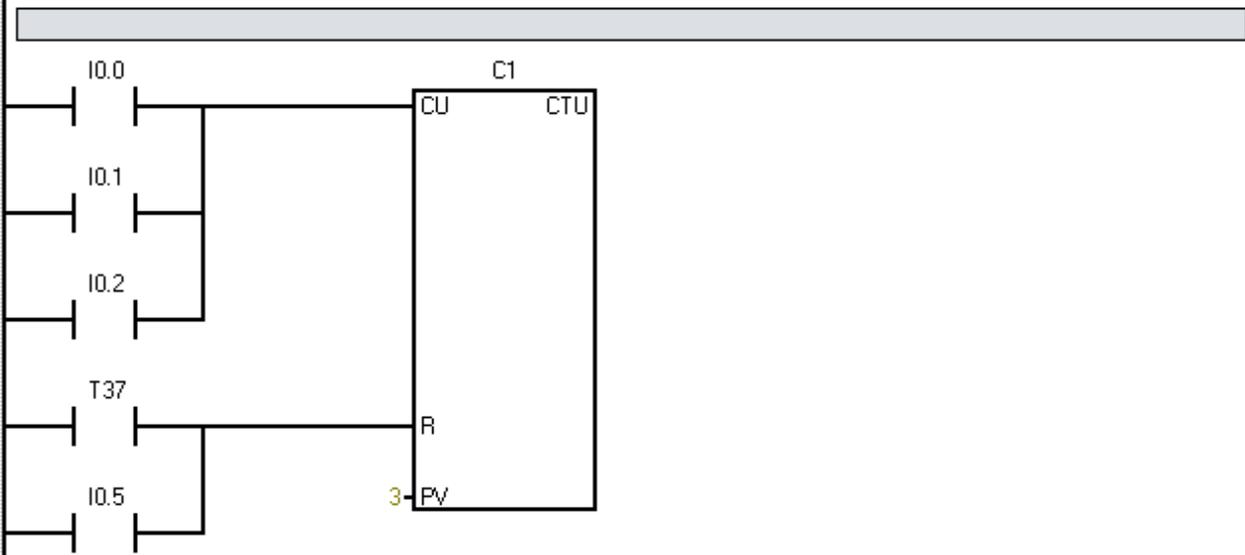
**Network 6**



**Network 7**

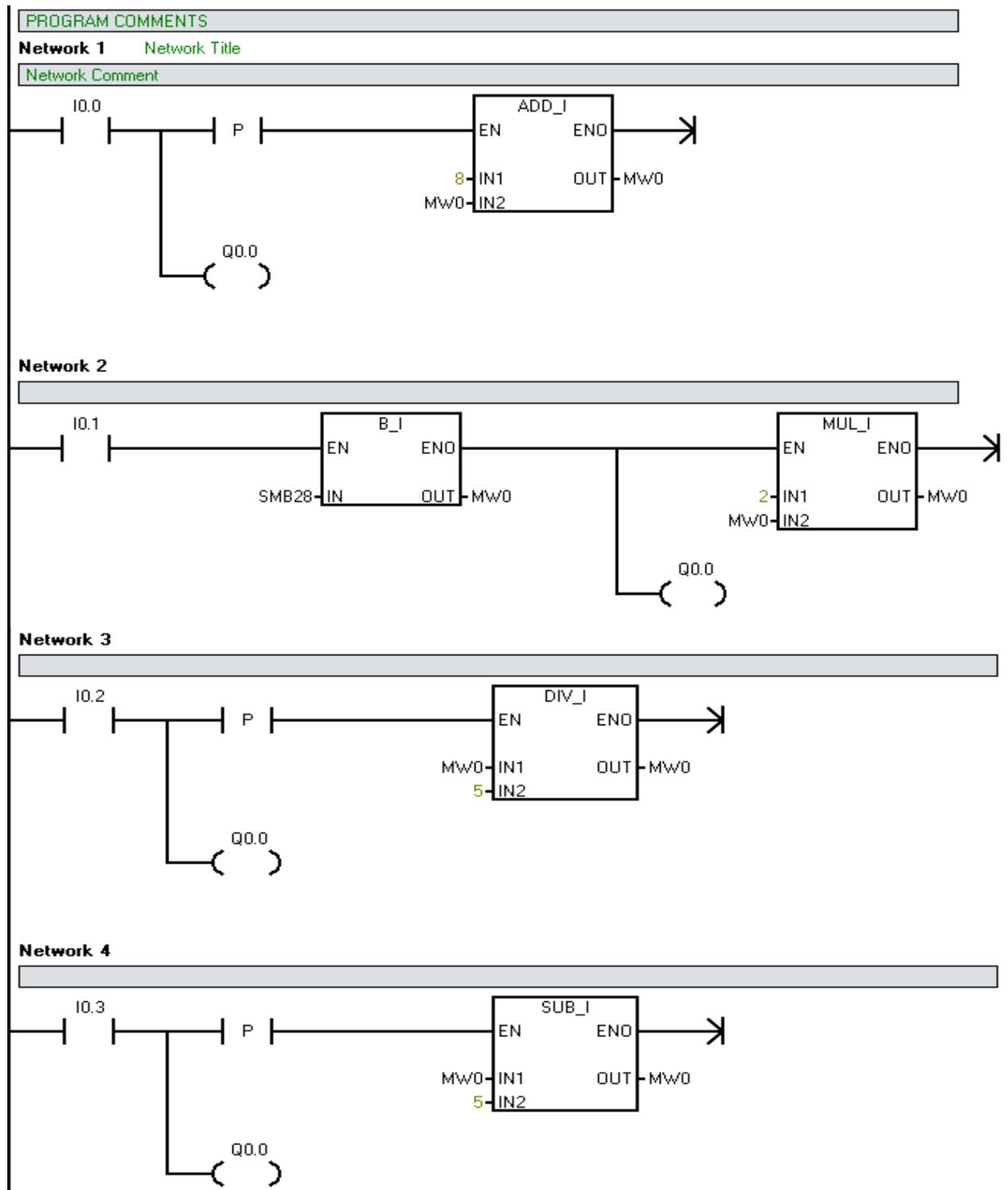


**Network 8**

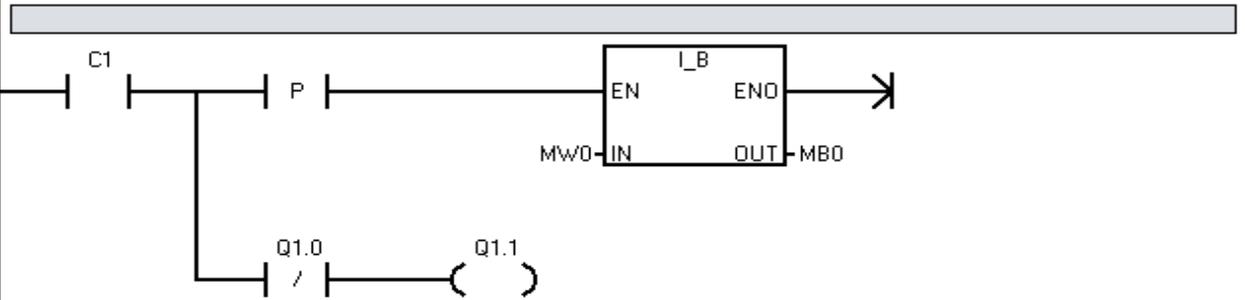


# Приложение Ж (Обязательное)

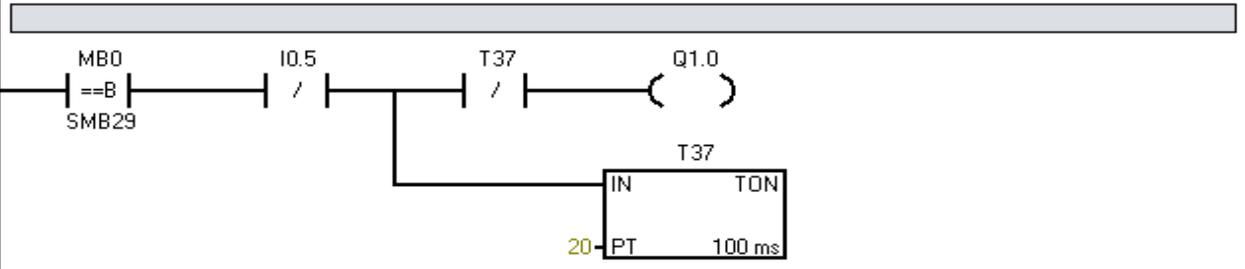
## Листинг программы управления кодовым замком с четырьмя кнопками на языке LAD



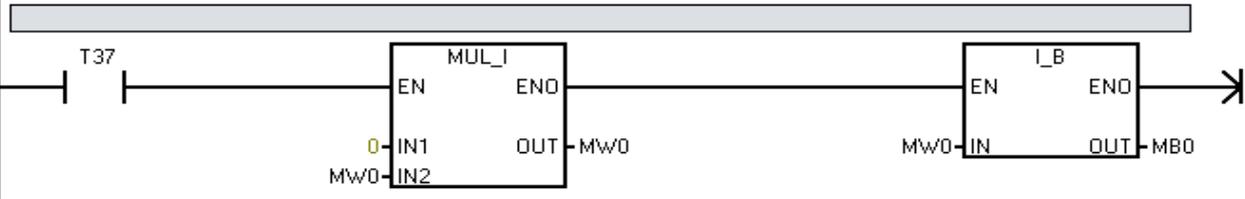
**Network 5**



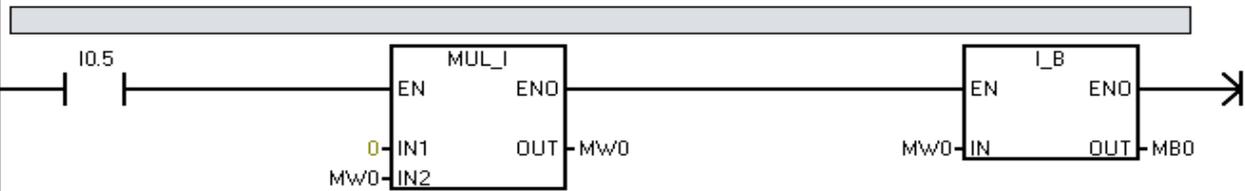
**Network 6**



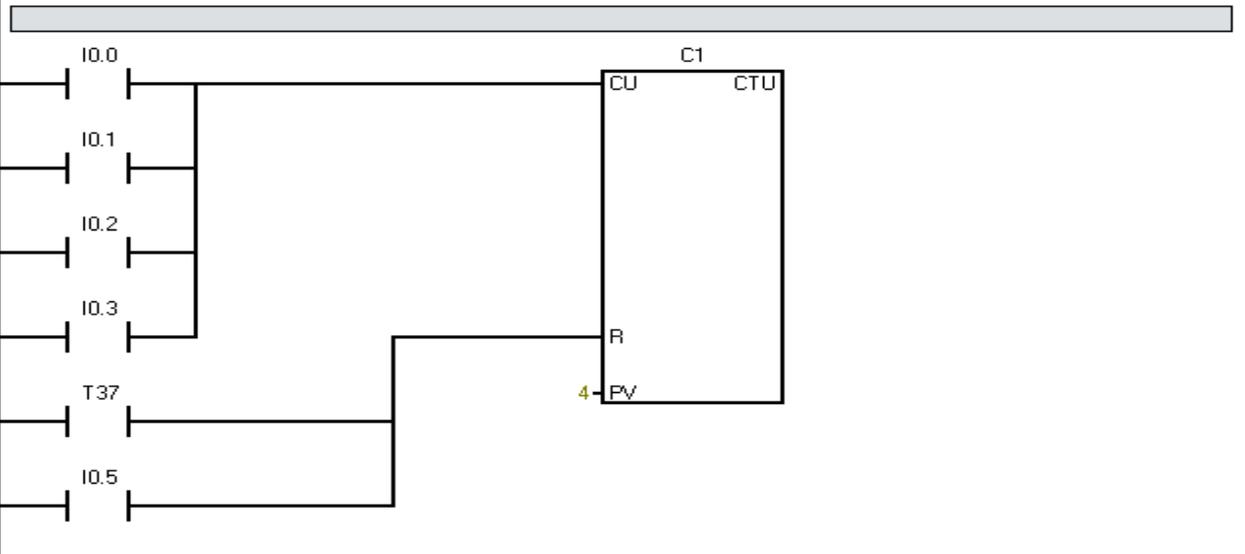
**Network 7**



**Network 8**

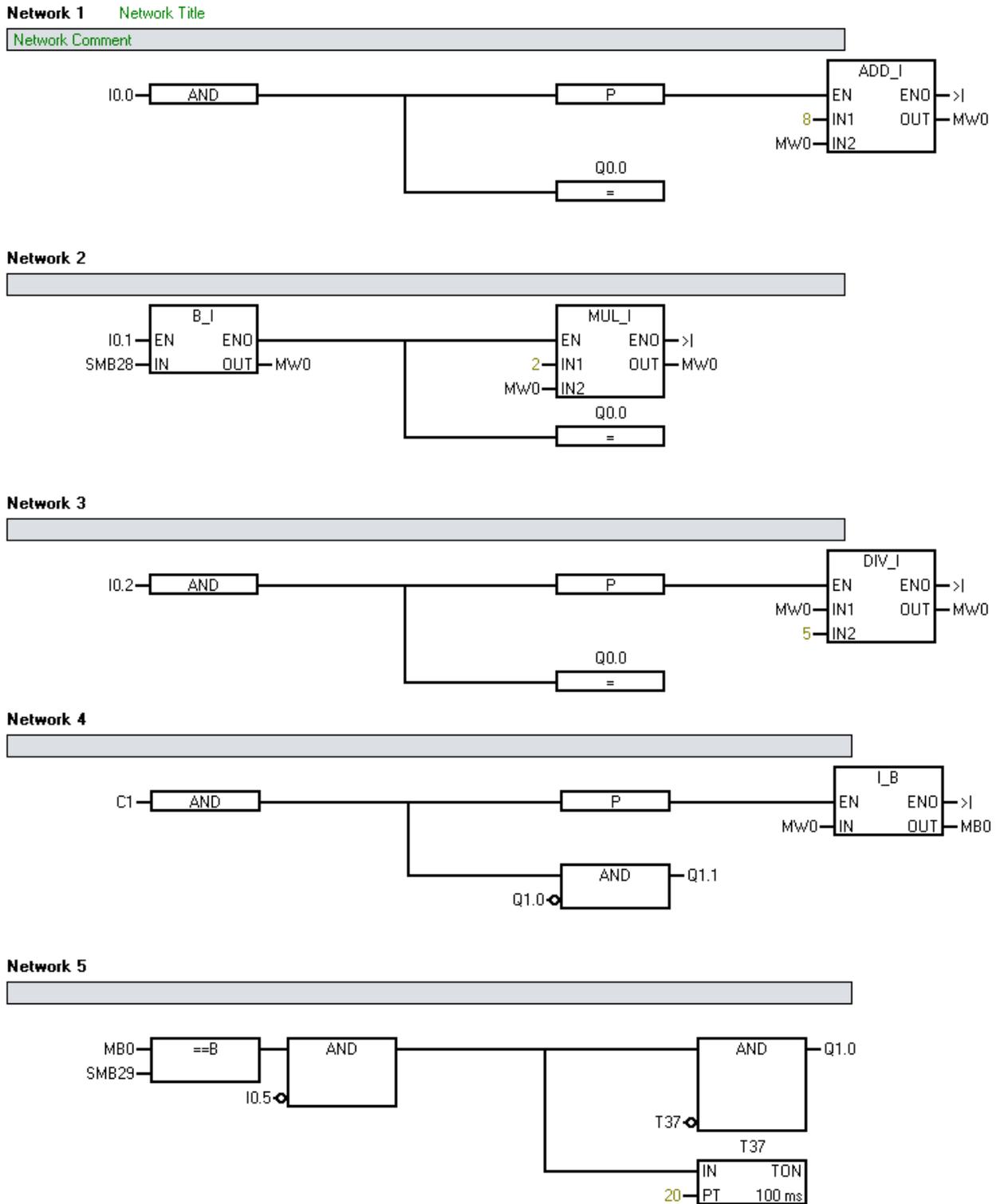


**Network 9**

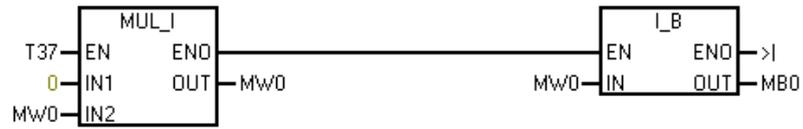


# Приложение И (Обязательное)

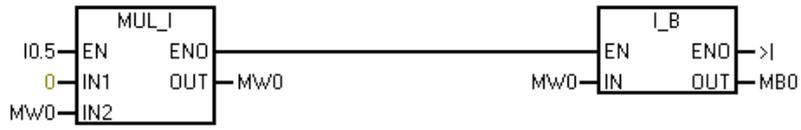
## Листинг программы управления кодовым замком с тремя кнопками на языке FBD



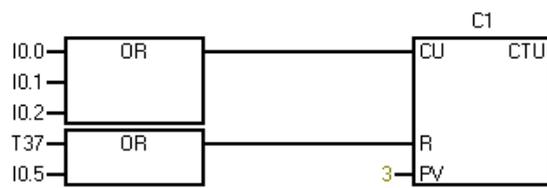
**Network 6**



**Network 7**

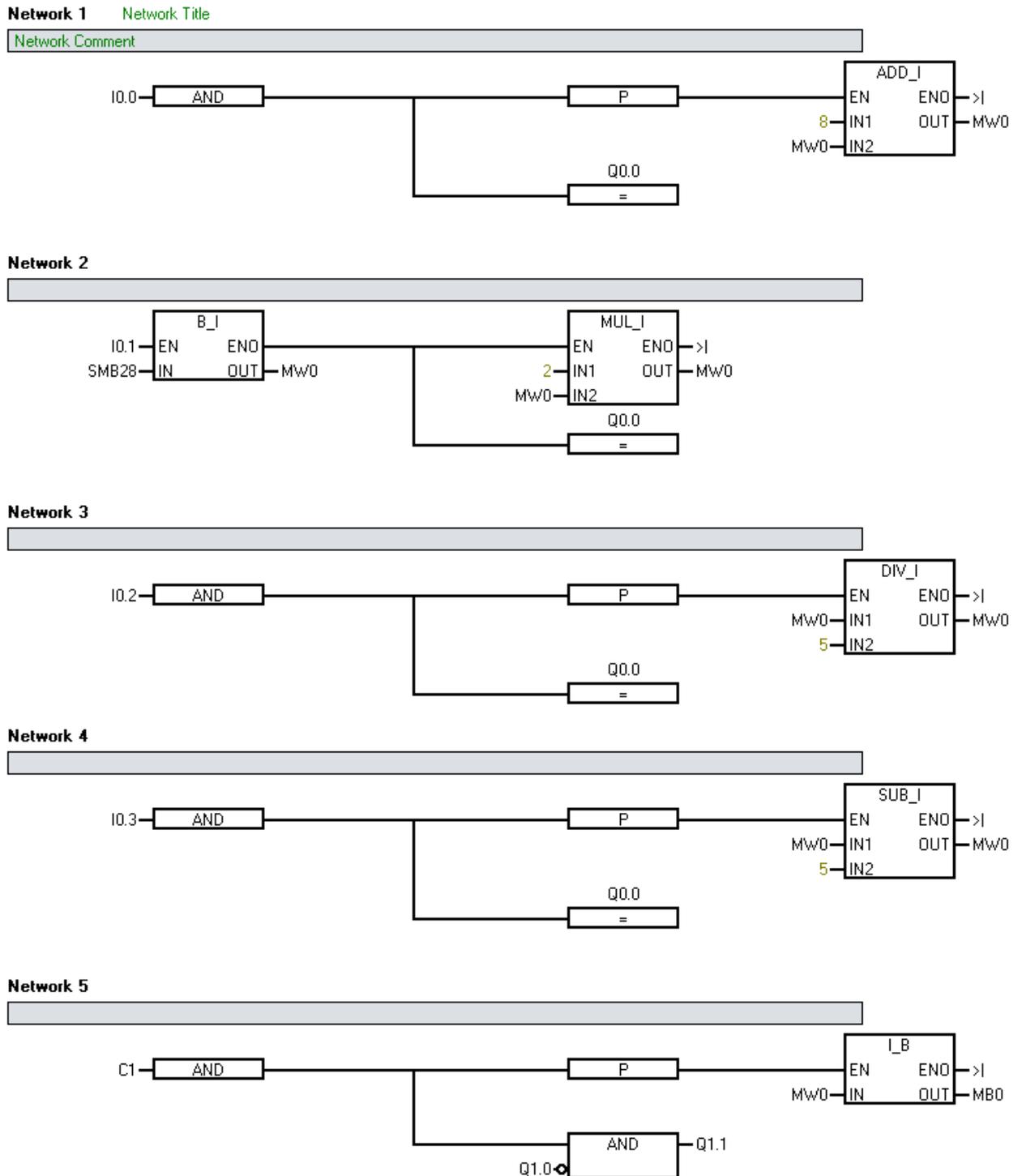


**Network 8**

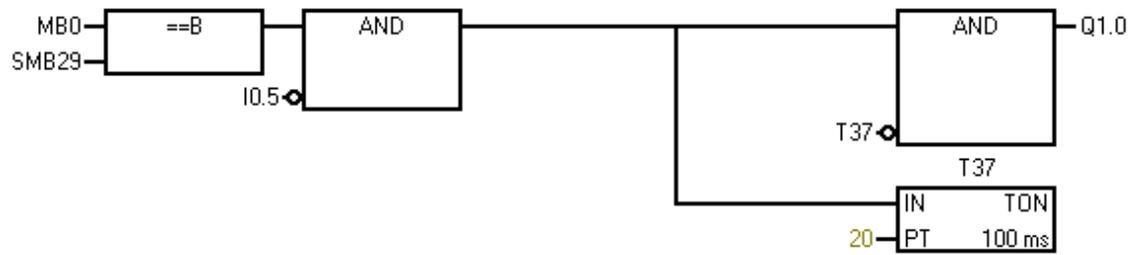


# Приложение К (Обязательное)

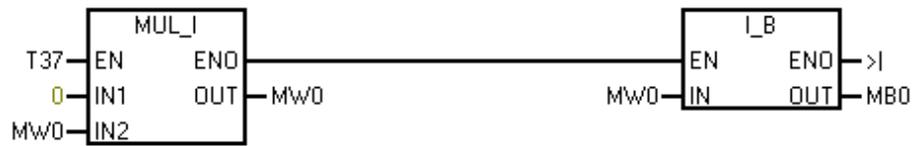
## Листинг программы управления кодовым замком с четырьмя кнопками на языке FBD



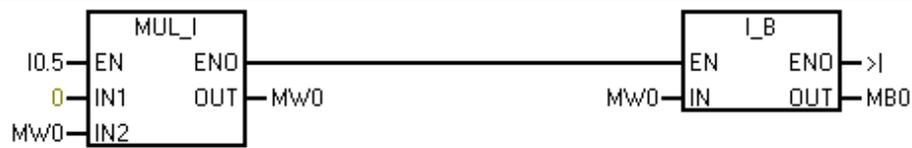
### Network 6



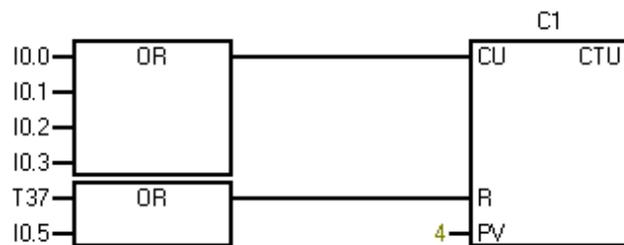
### Network 7



### Network 8

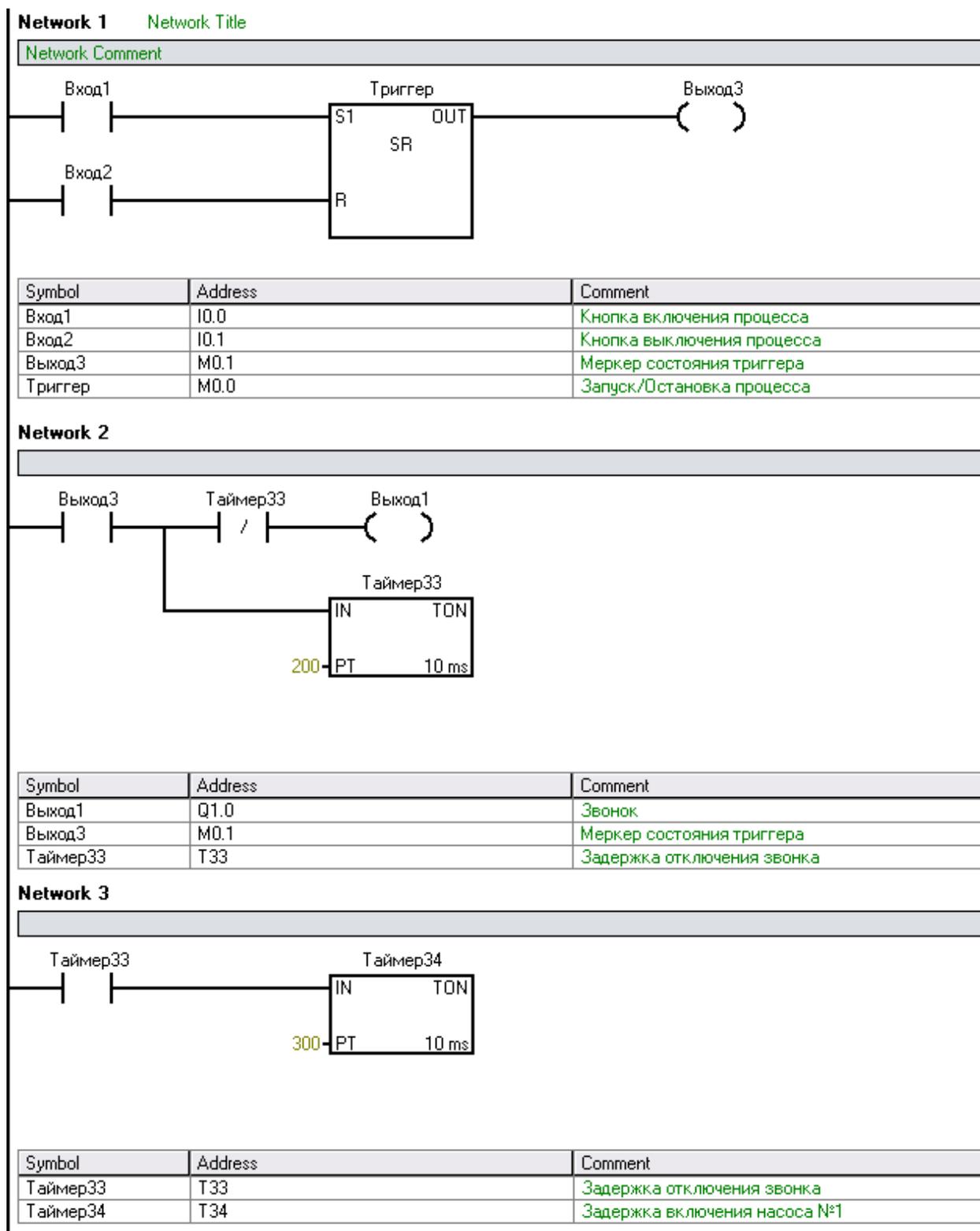


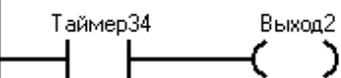
### Network 9



## Приложение Л (Обязательное)

### Листинг программы - примера управления стандом подготовки технической воды на языке LAD

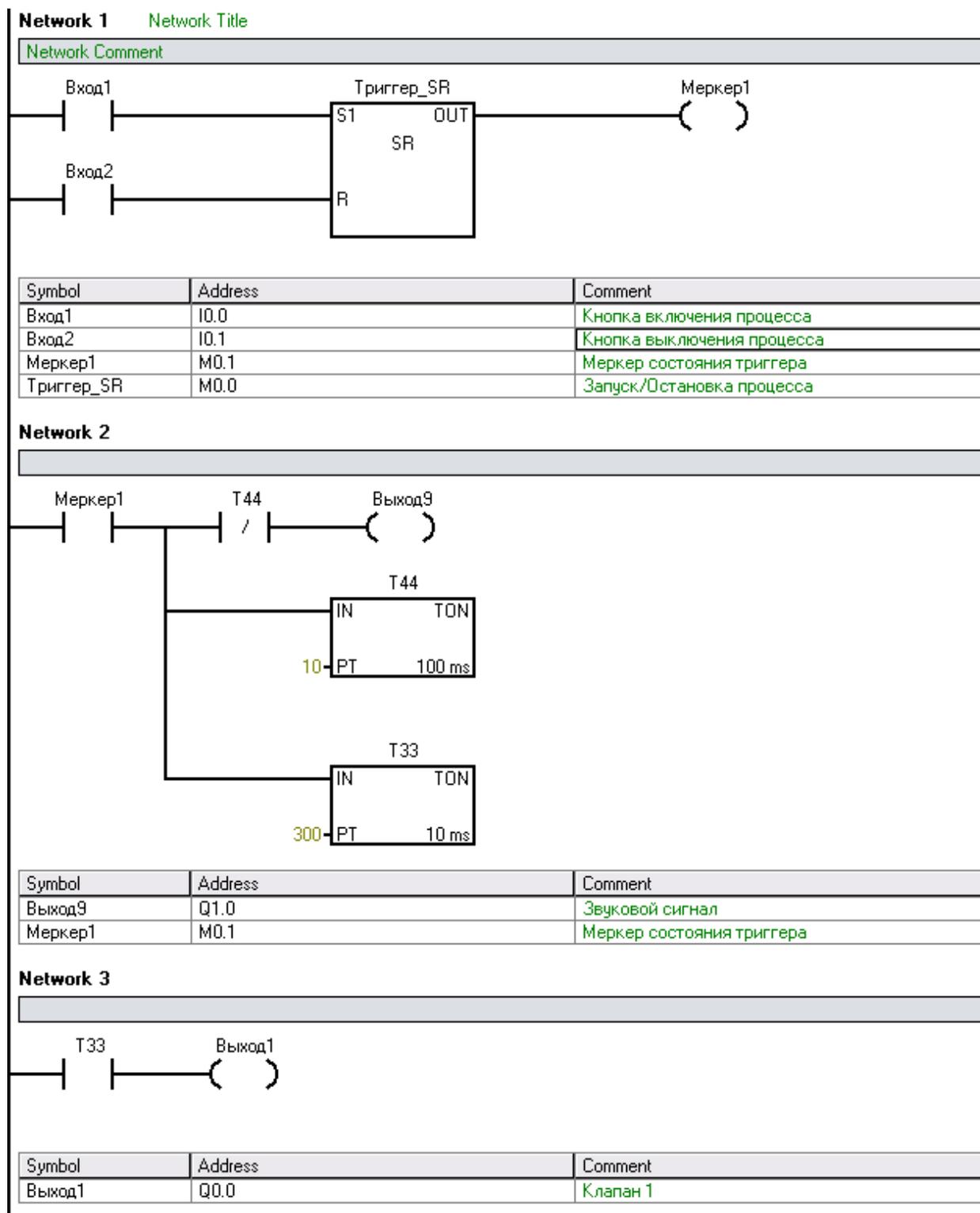


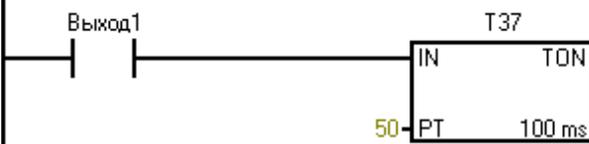
**Network 4**

Symbol	Address	Comment
Выход2	Q0.3	Насос №1
Таймер34	T34	Задержка включения насоса №1

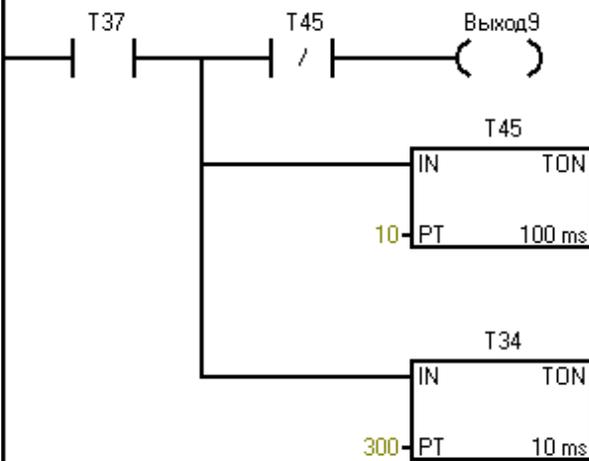
## Приложение М (Обязательное)

### Листинг программы управления стандом подготовки технической воды на языке LAD



**Network 4**

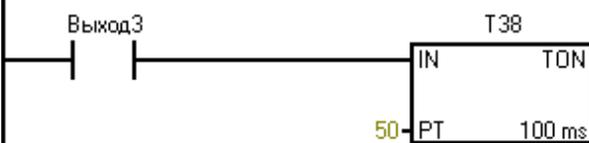
Symbol	Address	Comment
Выход1	Q0.0	Клапан 1

**Network 5**

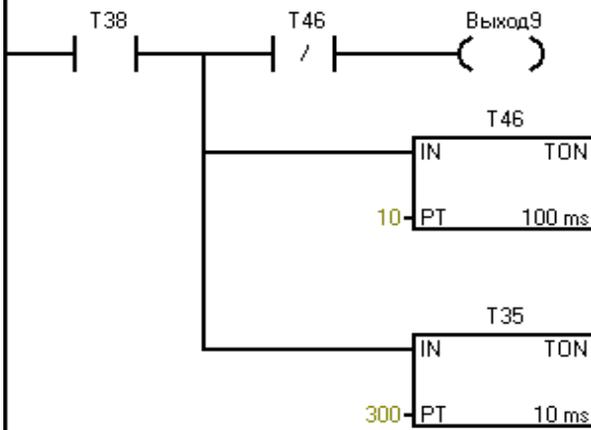
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

**Network 6**

Symbol	Address	Comment
Выход3	Q0.2	Мешалка 1

**Network 7**

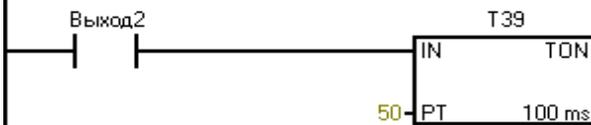
Symbol	Address	Comment
Выход3	Q0.2	Мешалка 1

**Network 8**

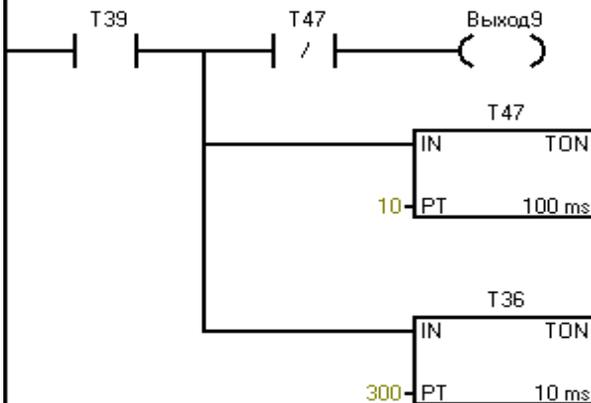
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

**Network 9**

Symbol	Address	Comment
Выход2	Q0.1	Нагреватель

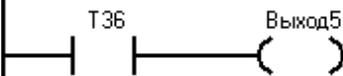
**Network 10**

Symbol	Address	Comment
Выход2	Q0.1	Нагреватель

**Network 11**

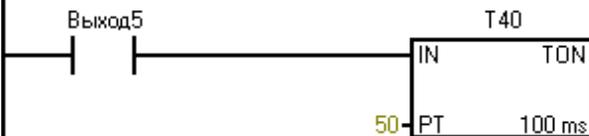
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

#### Network 12



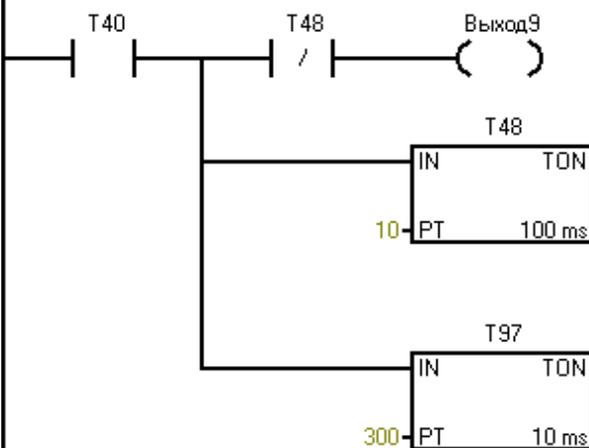
Symbol	Address	Comment
Выход5	Q0.4	Клапан 2

#### Network 13



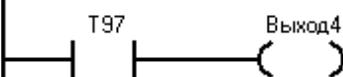
Symbol	Address	Comment
Выход5	Q0.4	Клапан 2

#### Network 14

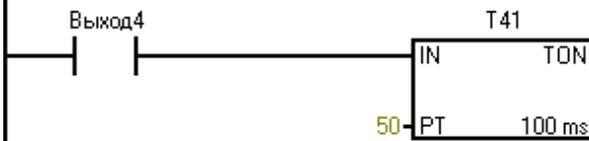


Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

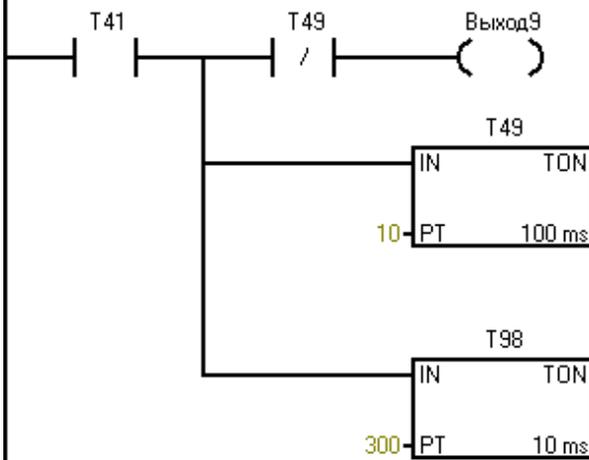
#### Network 15



Symbol	Address	Comment
Выход4	Q0.3	Насос 1

**Network 16**

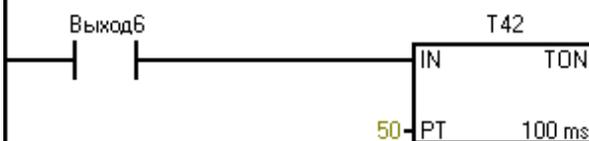
Symbol	Address	Comment
Выход4	Q0.3	Насос 1

**Network 17**

Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

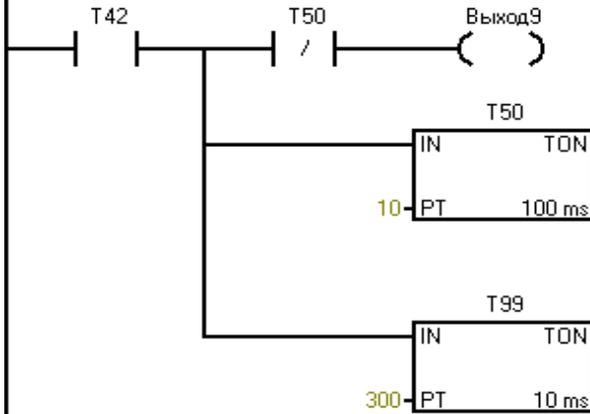
**Network 18**

Symbol	Address	Comment
Выход6	Q0.5	Клапан 3

**Network 19**

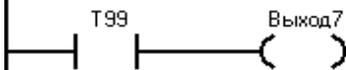
Symbol	Address	Comment
Выход6	Q0.5	Клапан 3

### Network 20



Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

### Network 21



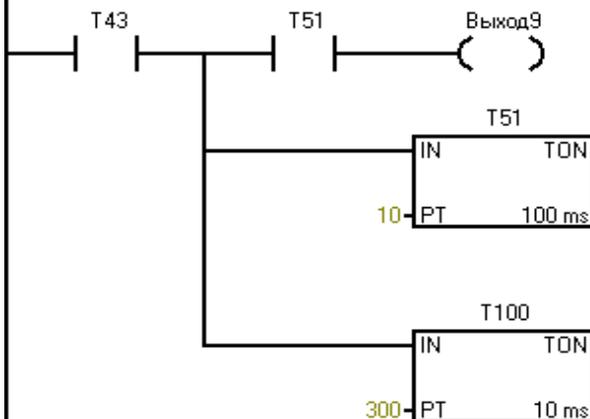
Symbol	Address	Comment
Выход7	Q0.6	Мешалка 2

### Network 22



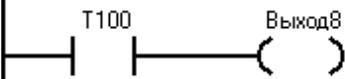
Symbol	Address	Comment
Выход7	Q0.6	Мешалка 2

### Network 23



Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

**Network 24**



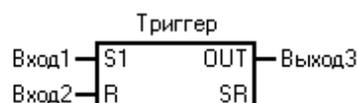
Symbol	Address	Comment
Выход8	Q0.7	Насос 2

## Приложение Н (Обязательное)

### Листинг программы - примера управления стандом подготовки технической воды на языке FBD

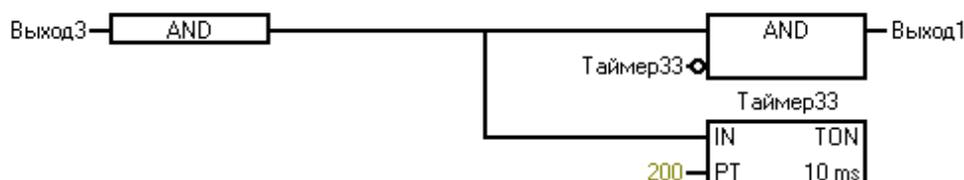
#### Network 1 Network Title

Network Comment



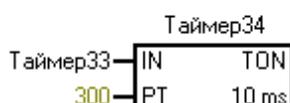
Symbol	Address	Comment
Вход1	I0.0	Кнопка включения процесса
Вход2	I0.1	Кнопка выключения процесса
Выход3	M0.1	Меркер состояния триггера
Триггер	M0.0	Запуск/Остановка процесса

#### Network 2



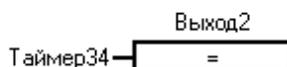
Symbol	Address	Comment
Выход1	Q1.0	Звонок
Выход3	M0.1	Меркер состояния триггера
Таймер33	T33	Задержка отключения звонка

#### Network 3



Symbol	Address	Comment
Таймер33	T33	Задержка отключения звонка
Таймер34	T34	Задержка включения насоса №1

#### Network 4



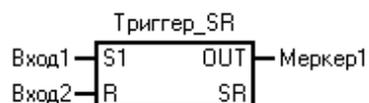
Symbol	Address	Comment
Выход2	Q0.3	Насос №1
Таймер34	T34	Задержка включения насоса №1

## Приложение П (Обязательное)

### Листинг программы управления стендом подготовки технической воды на языке FBD

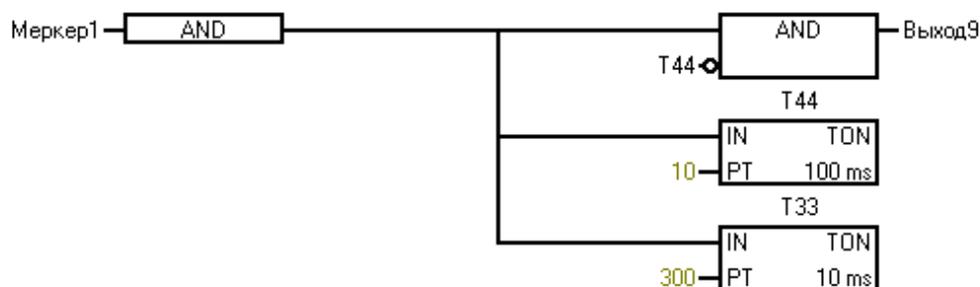
#### Network 1 Network Title

Network Comment



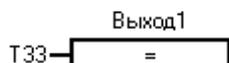
Symbol	Address	Comment
Вход1	I0.0	Кнопка включения процесса
Вход2	I0.1	Кнопка выключения процесса
Меркер1	M0.1	Меркер состояния триггера
Триггер_SR	M0.0	Запуск/Остановка процесса

#### Network 2



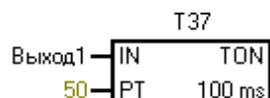
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал
Меркер1	M0.1	Меркер состояния триггера

#### Network 3



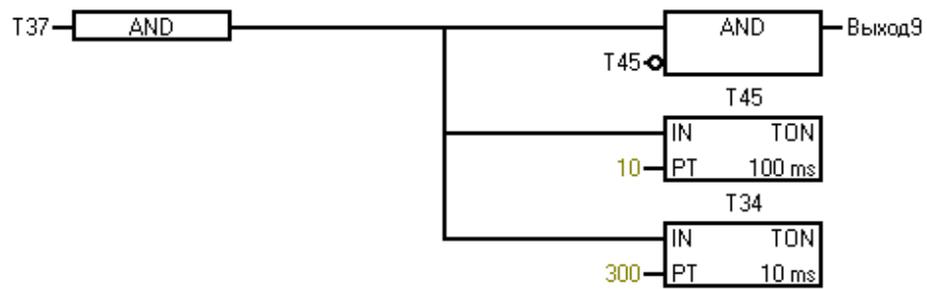
Symbol	Address	Comment
Выход1	Q0.0	Клапан 1

#### Network 4



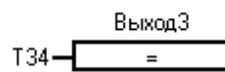
Symbol	Address	Comment
Выход1	Q0.0	Клапан 1

### Network 5



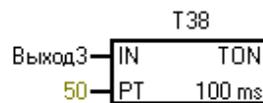
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

### Network 6



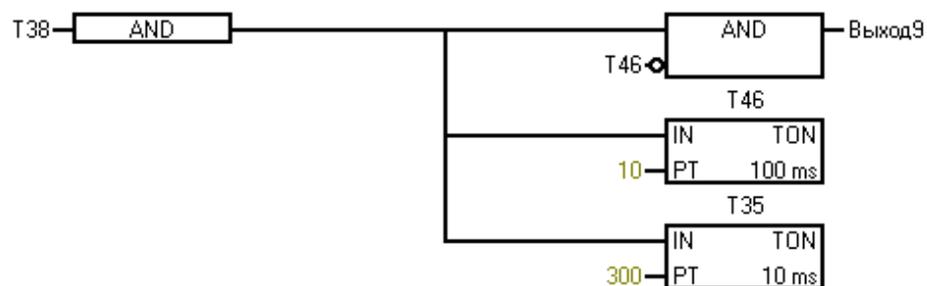
Symbol	Address	Comment
Выход3	Q0.2	Мешалка 1

### Network 7



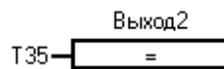
Symbol	Address	Comment
Выход3	Q0.2	Мешалка 1

### Network 8



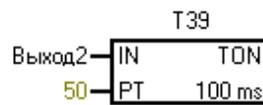
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

### Network 9



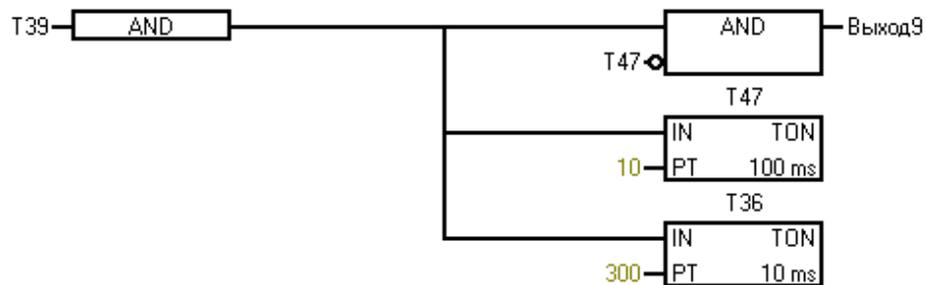
Symbol	Address	Comment
Выход2	Q0.1	Нагреватель

### Network 10



Symbol	Address	Comment
Выход2	Q0.1	Нагреватель

### Network 11



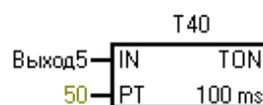
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

### Network 12



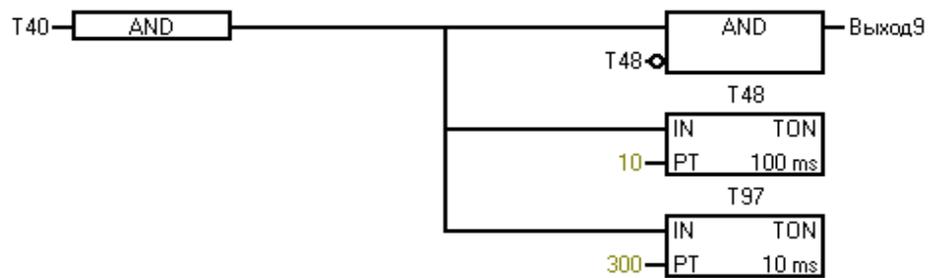
Symbol	Address	Comment
Выход5	Q0.4	Клапан 2

### Network 13



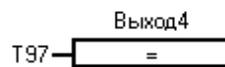
Symbol	Address	Comment
Выход5	Q0.4	Клапан 2

### Network 14



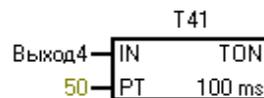
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

### Network 15



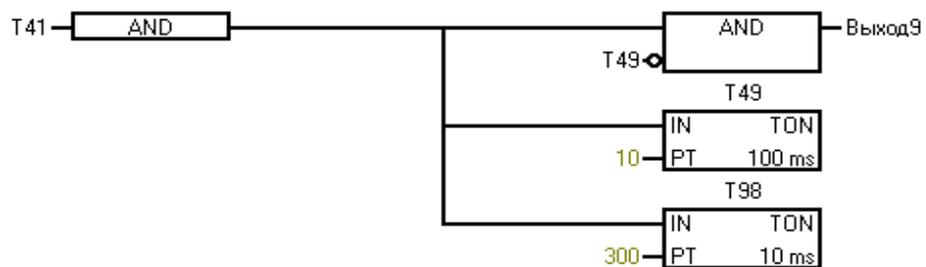
Symbol	Address	Comment
Выход4	Q0.3	Насос 1

### Network 16



Symbol	Address	Comment
Выход4	Q0.3	Насос 1

### Network 17



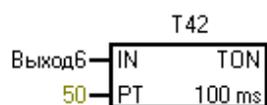
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

### Network 18



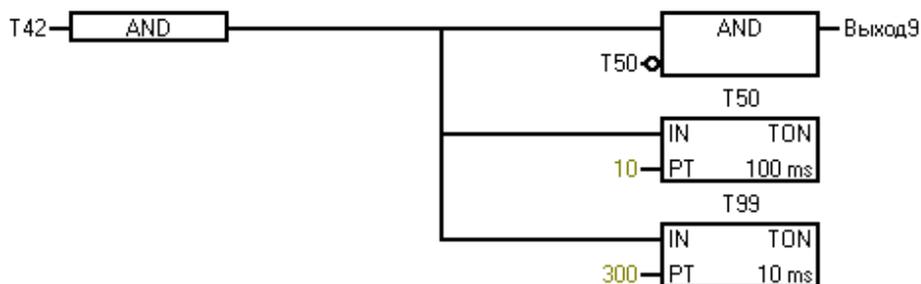
Symbol	Address	Comment
Выход6	Q0.5	Клапан 3

### Network 19



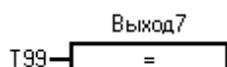
Symbol	Address	Comment
Выход6	Q0.5	Клапан 3

### Network 20



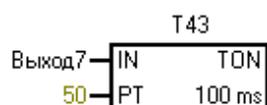
Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

### Network 21



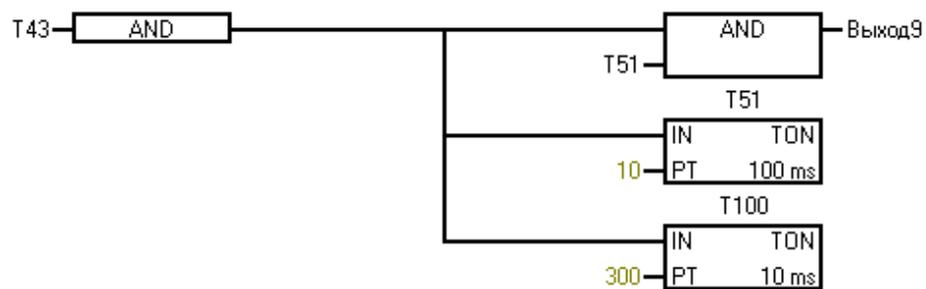
Symbol	Address	Comment
Выход7	Q0.6	Мешалка 2

### Network 22



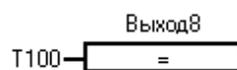
Symbol	Address	Comment
Выход7	Q0.6	Мешалка 2

### Network 23



Symbol	Address	Comment
Выход9	Q1.0	Звуковой сигнал

### Network 24



Symbol	Address	Comment
Выход8	Q0.7	Насос 2