



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

03.03.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Направление подготовки (специальность)
27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль/специализация) программы
Цифровые системы управления технологическими комплексами

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	2
Семестр	3

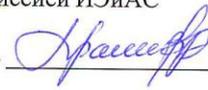
Магнитогорск
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 27.04.04 Управление в технических системах (приказ Минобрнауки России от 11.08.2020 г. № 942)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления
17.02.2021, протокол № 8

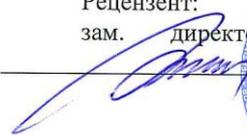
Зав. кафедрой  С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
03.03.2021 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры АСУ, канд. техн. наук  Е.С. Рябчикова

Рецензент:
зам. директора ЗАО "КонсОМ СКС" , канд. техн. наук





Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование у обучающегося способности определять общую схему системы автоматизированного управления согласно заданной структуре АСУ ТП и выполняет её реализацию с помощью цифровых систем управления;
- формирование у обучающегося способности выбирать цифровые средства контроля и регулирования технологических факторов согласно требованиям.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Цифровые системы управления входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Автоматизированное проектирование систем управления

Аппаратные средства и программное обеспечение микропроцессорных технологических контроллеров

Технологические контроллеры и средства диспетчерского управления

Математическое моделирование объектов и систем управления

Встраиваемые системы управления

Современные проблемы теории управления

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к защите и процедура защиты выпускной квалификационной работы

Производственная-преддипломная практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Цифровые системы управления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен применять средства контроля и регулирования технологических факторов при разработке и реализации системы автоматизированного управления особо сложными технологическими процессами термической и химико-термической обработки
ПК-2.1	Определяет общую схему системы автоматизированного управления согласно заданной структуре АСУ ТП и выполняет её реализацию
ПК-2.2	Выбирает средства контроля и регулирования технологических факторов согласно требованиям
ПК-2.3	Определяет эффективность реализованной системы автоматизированного и автоматического управления технологическим процессом

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 63,05 акад. часов;
- аудиторная – 60 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,05 акад. часов;
- самостоятельная работа – 117,25 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 24 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основы управления в технических системах с использованием цифровых систем управления								
1.1 Понятие цифровых систем управления. Классификация цифровых систем управления	3	2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
1.2 Основные методы решения задач управления в технических системах с использованием цифровых систем управления. Основные этапы разработки САиУ		2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
1.3 Виды обеспечения САиУ. Наука как объект компьютеризации		2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками.	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
1.4 Анализ и выбор архитектуры САиУ		2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2

1.5 Цифровые системы при создании SCADA-систем		2			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
Итого по разделу		10			25			
2. Современные методы разработки систем автоматизации с применением цифровых систем управления								
2.1 Основы программирования ПЛК ОВЕН	3	2			10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками	Устный опрос	ПК-2.1, ПК-2.2
2.2 Изучение языков программирования CoDeSys		3		6	10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками. Подготовка практической работы	Устный опрос по практической работе.	ПК-2.1, ПК-2.2
2.3 Реализация системы управления простыми объектами в CoDeSys				14	20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками. Подготовка практической работы	Устный опрос по практической работе.	ПК-2.1, ПК-2.2
2.4 Реализация системы управления технологическим процессом в CoDeSys				10		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками. Подготовка практической работы	Устный опрос по практической работе.	ПК-2.1, ПК-2.2

2.5 Визуализация системы управления технологическим процессом в CoDeSys			10	2	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Работа с электронными библиотеками. Подготовка практической работы	Устный опрос по практической работе.	ПК-2.1, ПК-2.2
2.6 Реализация системы управления сложным технологическим объектом			5	50,25	Выполнение творческого задания по индивидуальному варианту	Доклад по творческому заданию с презентацией проекта	ПК-2.1, ПК-2.2
Итого по разделу	5		45	92,25			
Итого за семестр	15		45	117,25		экзамен	
Итого по дисциплине	15		45	117,25		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Компьютерные технологии управления в технических системах» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводная лекция, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; практические работы.

Технологии проблемного обучения – практическое занятие в форме семинара и творческое домашнее задание, направленное на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

Интерактивные технологии: семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе. Изложение проблем и их совместное решение.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Шишов, О. В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации : учебник / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 365 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015321-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1025245> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления: Учебное пособие / Минаев И.Г., Самойленко В.В., Ушкур Д.Г. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 168 с.: ISBN 978-5-9596-1222-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/975920> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Затонский, А. В. Информационные технологии: разработка информационных моделей и систем : учебное пособие / А. В. Затонский. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2020. - 344 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01183-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043096> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Советов, Б. Я. Информационные технологии : учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. — 7-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 327 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00048-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449939> (дата

обращения: 17.09.2020).

3. Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления : учеб. пособие / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://new.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010325-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/973005> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Юсупов, Р. Х. Основы автоматизированных систем управления технологическими процессами: Учебное пособие / Юсупов Р.Х. - Москва :Инфра-Инженерия, 2018. - 132 с. ISBN 978-5-9729-0229-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/989081> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

5. Страшун, Ю. П. Технические средства автоматизации и управления : учебно-методическое пособие / Ю. П. Страшун. — Москва : МИСИС, 2015. — 154 с. — ISBN 978-5-87623-910-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116695> (дата обращения: 17.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Методические указания по выполнению практических заданий представлены в приложении 3.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Windows XP Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
CoDeSys	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

Российская Государственная библиотека. КATALOGИ	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	http://www.springerprotocols.com/
Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга	http://materials.springer.com/
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	http://www.springer.com/references
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH	http://zbmath.org/
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	https://www.nature.com/siteindex
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НП НЭИКОН)	https://archive.neicon.ru/xmlui/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий: компьютерный класс
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
4. Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций
Доска, мультимедийный проектор, экран
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования
Стеллажи для хранения учебно-методической документации

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Цифровые системы управления»

По дисциплине «Цифровые системы управления» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Внеаудиторная самостоятельная работа предполагает выполнение творческого домашнего задания (индивидуально или в составе группы). Аудиторная самостоятельная работа предполагает подготовку к выполнению практических работ, а также выступление на семинаре-дискуссии, где проводится обсуждение выполненного творческого задания.

При выполнении творческого задания на основании заданной технологической схемы и описания технологического процесса обучающийся должен разработать:

- технологические требования к схеме управления;
- таблицу сигналов;
- прикладную программу для ПЛК;
- визуализацию работы системы управления;
- дать описание работы прикладной программы и визуализации.

В таблицу сигналов вносятся:

- порядковый номер переменной;
- имя переменной (не должно содержать пробелов и кириллицы);
- тип переменной (дискретный, аналоговый);
- класс переменной (локальная, глобальная);
- адрес (для внутренних переменных не заполняется).

Пример заполнения таблицы параметров:

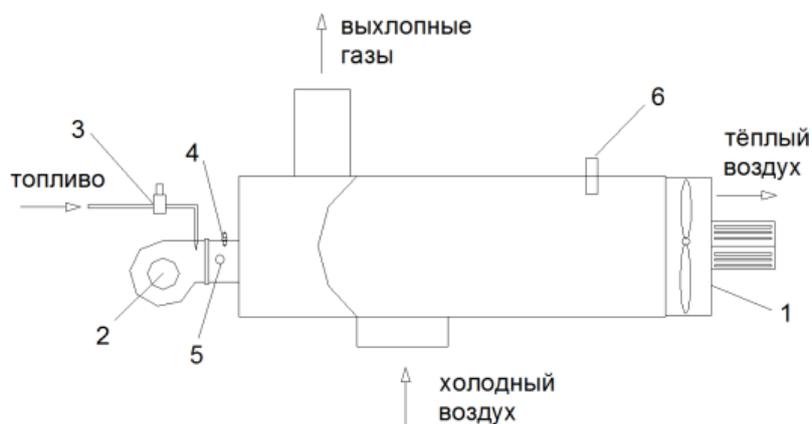
№ п/п	Наименование параметра	Имя	Тип	Класс	Адрес
1.	Температура воздуха	Temp_1	аналог	глобал.	%IВ0
2.	Кнопка «Пуск»	SB1	дискр.	локал.	-

В тексте программы необходимо учесть все технологические требования, предъявляемые к системе управления.

Работоспособность проекта обучающийся должен проверить в режиме эмуляции, а затем продемонстрировать на семинаре-дискуссии.

Примеры творческих заданий

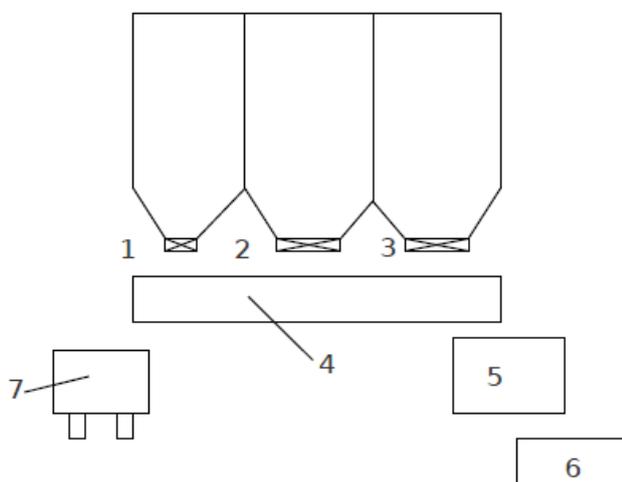
1. Система управления теплогенератором



При нажатии на кнопку ПУСК, звучит предупредительная сигнализация и запускается основной вентилятор теплого воздуха 1. После запуска основного вентилятора, включается топливный вентилятор 2 для продувки (10 с). Затем включается топливный соленоидный клапан 3 и топливная смесь закачивается в камеру сгорания (5 с). Срабатывает запальная свеча 4 (4 с). Реле пламени 5 контролирует наличие пламени.

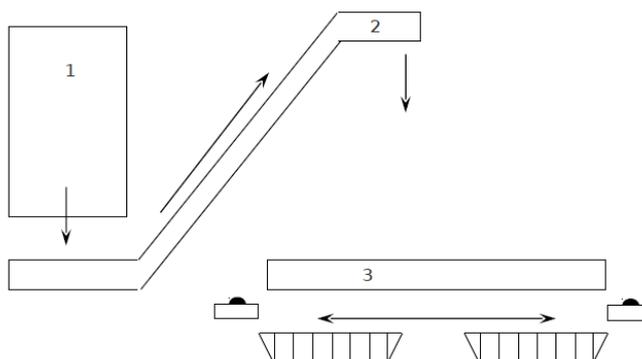
Если пламя не появилось в течение 5 с., процесс розжига выполняется еще раз (с продувки воздухом 15с.). При повторном незапуске агрегата включается продувка 1 мин. и аварийная сигнализация. При нормальном запуске агрегата, система должна контролировать температуру воздуха на выходе термопреобразователем 6 и изменять скорость вращения топливного вентилятора 2. При остановке агрегата, продувка должна осуществляться до тех пор, пока температура не упадет ниже T_{\min} .

2. Система управления бункерами и транспортером



Зерно поступает на транспортер 4 через одну из задвижек 1,2 или 3 или все вместе (выбор задвижки производится оператором) и далее либо в тележку 7 либо на дробилку 5 и далее в бункер 6. Схема должна отключаться при срабатывании датчика уровня в бункере 6 или при срабатывании датчика давления под тележкой.

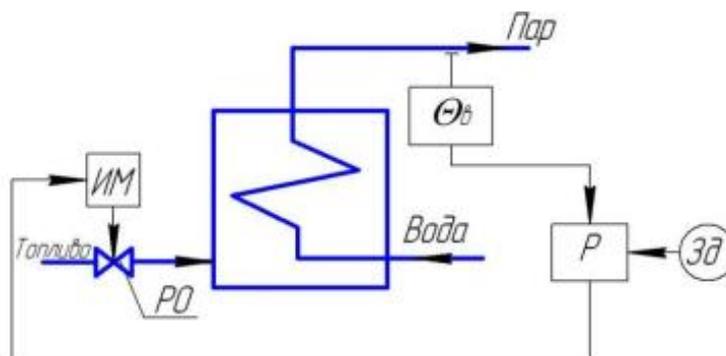
3. Система управления раздатчиком корма



Продукт на платформенный раздатчик корма 3 подается загрузочным транспортером 2 и шнековым дозатором корма из бункера 1. Платформенный раздатчик начинает движение после того, как на него падает первая порция корма. При этом транспортер 3 движется вправо. При наезде на конечный выключатель SQ1 корм сбрасывается в кормушки и транспортер останавливается. Обратное движение платформенного раздатчика начинается через одну-две секунды, при этом происходит заполнение второй половины платформенного раздатчика.

Через выдержку времени должно произойти отключение шнекового дозатора корма, а остатков корма на загрузочном транспортере 2 должно хватить для заполнения оставшейся части фронта кормления. При наезде на конечный выключатель SQ2 происходит сбрасывание корма во вторую половину кормушек и отключение всей схемы. Сброс корма в кормушки производится плужковыми сбрасывателями.

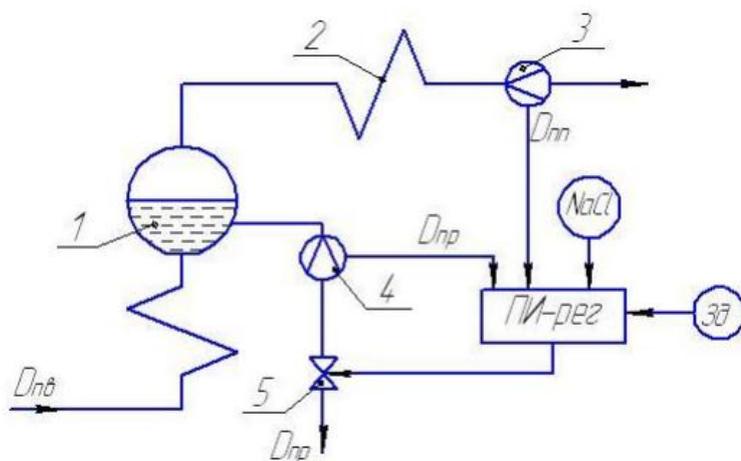
4. Система автоматического регулирования нагрузки водогрейного котла



Регулятор нагрузки котла получает импульс по температуре воды за котлом и воздействует на изменение подачи топлива к котлу. Закон управления можно выбрать любой, например, ПИ-закон управления.

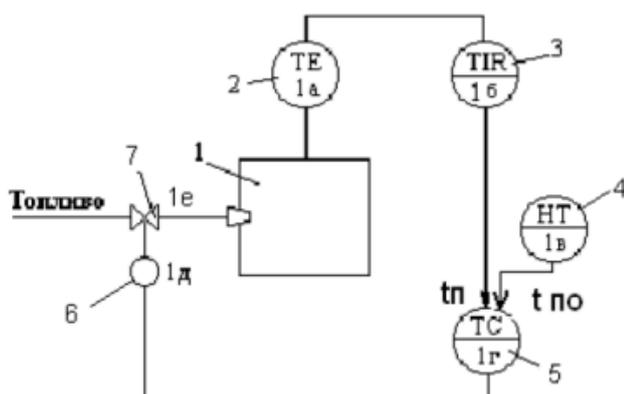
5. Система автоматического регулирования непрерывной продувки барабанного парового котла

Непрерывная продувка котла служит для удаления избытка соли NaCl и оксидов кремния SiO₂, скапливающихся в котловой воде в процессе парообразования. Регулирование непрерывной продувки осуществляют воздействием регулятора продувки на регулировочный клапан на линии продувки. На вход ПИ-регулятора поступают сигналы по расходу пара D_{np} и расходу продувочной воды $D_{пр}$, а также корректирующий сигнал по содержанию солей NaCl.



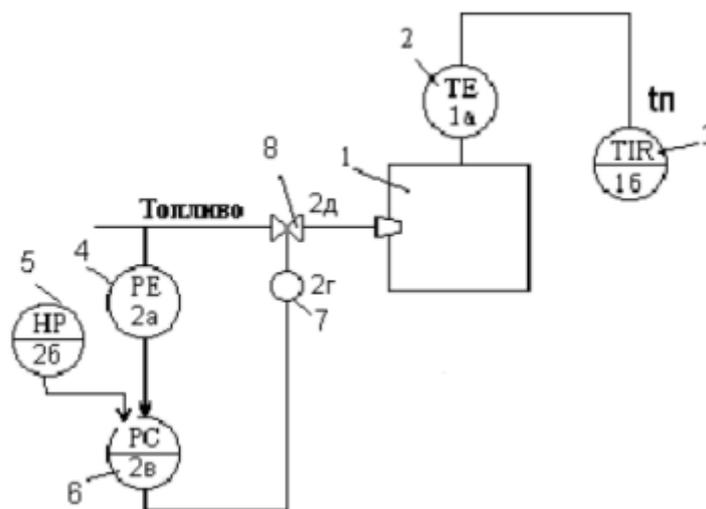
1 – барабан к/а, 2 – пароперегреватель, 3 – датчик расхода свежего пара $D_{п}$, 4 – датчик расхода продувочной воды $D_{пр}$, 5 – регулирующий клапан продувки, ПИ-рег – регулятор продувки, Зд – задатчик ручного управления

6. Замкнутая САУ температуры в печи



Чувствительным элементом – датчиком температуры служит термопара 2 (поз. обозн. 1а). Информация о значении температуры в печи поступает на показывающий и регистрирующий прибор 3 (поз. обозн. 1б), а с него в регулятор 5 (поз. обозн. 1г). В регулятор с датчика 4 (поз. обозн. 1в) поступает сигнал о заданном значении температуры $t_{но}$, в состав которого входит сравнивающий элемент. Сравнивающий элемент вырабатывает отклонение $\varepsilon = t_{но} - t_n$, и в соответствии с алгоритмом управления, регулятор формирует управляющее воздействие. Это воздействие в виде управляющего сигнала передаётся на исполнительный механизм 6 (поз. обозн. 1д), обеспечивающий перемещение регулирующего органа 7 (поз. обозн. 1е). В качестве регулирующего органа используется поворотная заслонка в трубопроводе. Если температура в печи меньше заданной, то расход топлива увеличивается, а если больше - то уменьшается. Предусмотреть ручной и автоматический режим работы системы управления.

7. Разомкнутая САР температуры в печи с регулированием по возмущению

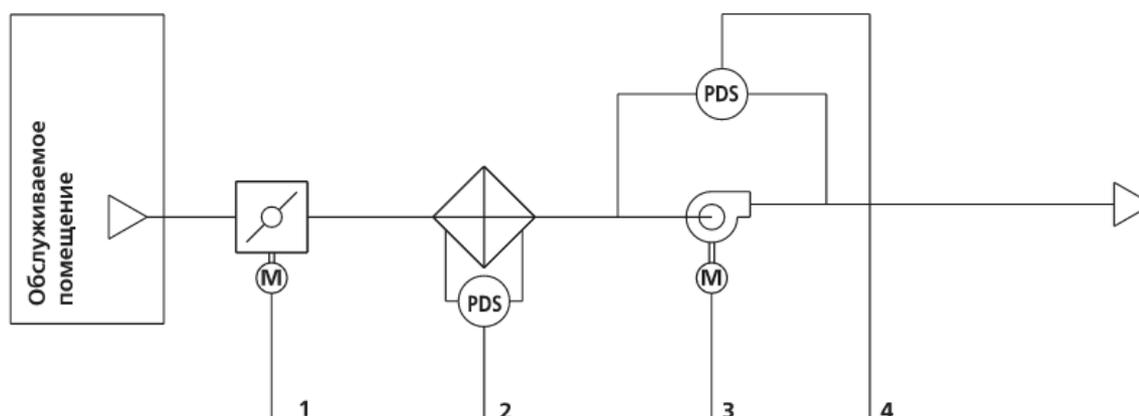


Регулируемой величиной является температура t_n в печи 1. Основным возмущением является изменение давления газа в газопроводе, которое вызывает изменение расхода топлива и изменение температуры в печи, т.е. изменение регулируемой величины. Для компенсации влияния возмущения на значение выходной величины применяют регулятор 6 (поз. обозн. 2в), называемый компенсатором возмущений. Регулятор получает информацию о значении давления газа от датчика давления 4 (поз. обозн. 2а) и заданном значении давления от ручного задатчика 5 (поз. обозн. 2б). Затем по заранее заданной программе с помощью исполнительного механизма 7 (поз. обозн. 2г) регулятор изменяет положение регулирующего органа 8 (поз. обозн. 2д). Давление перед горелкой при правильно выбранной структуре и законе действия компенсатора не будет зависеть от давления в газопроводе и, следовательно,

не будет сказываться на расходе топлива и значении температуры в печи. В этом заключается принцип компенсации возмущений. В рассмотренном примере регулируемая величина – температура в печи измеряется термопарой 2 (поз. обозн. 1а) и регистрируется прибором 3 (поз. обозн. 1а). Но эта текущая информация не используется системой регулирования, т.е. отсутствует обратная связь по результатам работы системы.

Контур компенсации возмущения разомкнут, т.е. выходная величина контура не оказывает влияния на входную величину – изменение давления в газопроводе.

8. Система управления вентиляцией (вытяжкой)



Система вентиляции (вытяжки) содержит следующие элементы:

- 1 — привод воздушной заслонки;
- 2 — датчик-реле перепада давления на фильтре (PDS);
- 3 — вентилятор;
- 4 — датчик-реле перепада давления на вентиляторе (PDS).

Система имеет два режима запуска:

- местный
- (с электрического щита);
- дистанционный
- (по команде оператора из диспетчерской с выносного пульта управления).

Режим выбирается переключателем «Вкл / Выкл / ДУ» на лицевой панели щита.

Режимы работы вытяжной вентиляции:

- автономный режим, когда включение системы происходит непосредственно со щита;
- заблокированный режим, когда включение системы происходит от приточной вентиляции.

При срабатывании внешнего датчика сигнализации «Пожар» система выключается.

Система предусматривает управление и контроль следующих параметров:

- 1) контроль засорения фильтра по датчику-реле перепада давления воздуха;
- 2) контроль работоспособности вентилятора по датчику-реле перепада давления воздуха;
- 3) контроль работоспособности вентилятора по токам короткого замыкания;
- 4) управление воздушной заслонкой электроприводом.

Описание работы системы

Запуск производится переключателем «Пуск» в положение «Вкл», загорается индикатор «Пуск».

1) Если система настроена на автономную работу (на сухих контактах установлена перемычка), происходит запуск двигателя вентилятора 3, привод 1открывает воздушную заслонку, при открытии заслонки загорается индикатор «Заслонка», работает датчик-реле 2 перепада давления на фильтре. Через определенный интервал времени включается датчик-реле 4 перепада давления на вентиляторе. При выходе вентилятора на рабочий режим загорается индикатор «Вентилятор».

2) Если система сблокирована с включением приточной вентиляции, то она переходит в режим ожидания. При запуске приточной вентиляции происходит запуск и вытяжной вентиляции. Дальнейшая работа системы аналогична автономному режиму работы.

Воздух из обслуживаемого помещения, проходя через открытую воздушную заслонку, попадает на воздушный фильтр. Если перепад давления на фильтре слишком велик, что определяется по датчику-реле 2, то на щите загорается индикатор «Фильтр». Отключение системы при этом не предусмотрено.

Датчик-реле 4 контролирует перепад давления воздуха на вентиляторе 3.

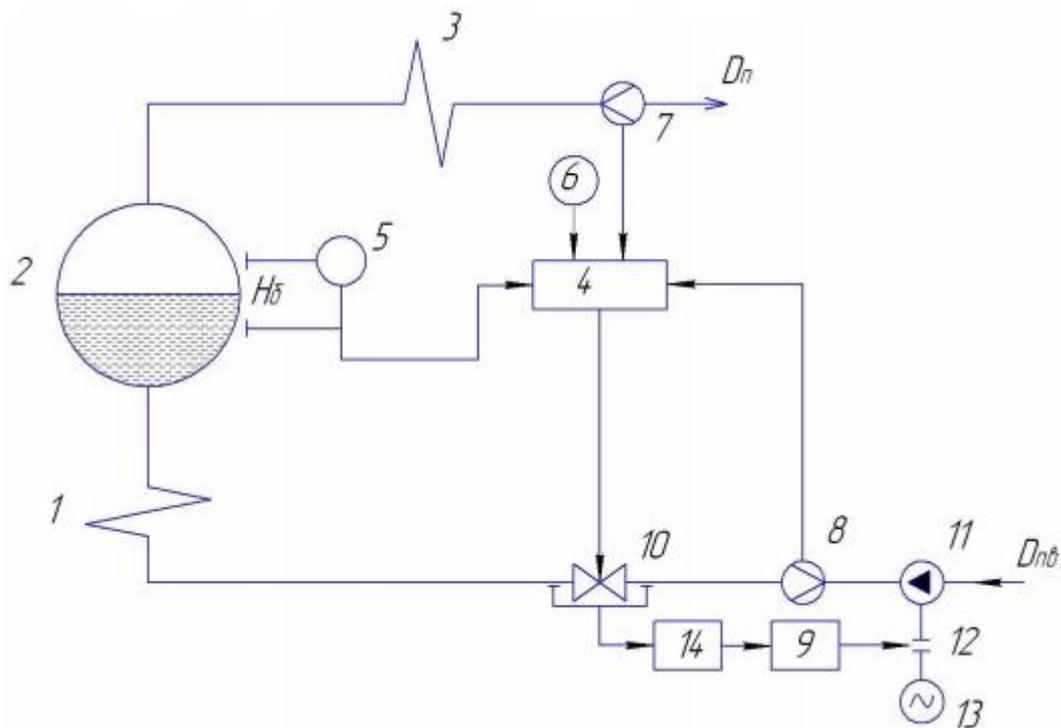
Если при запуске системы через определенный интервал времени заданный перепад давления не появляется, система останавливается. То же происходит, если указанный перепад давления исчезает во время работы системы. При этом загорается индикатор «Авария», индикатор «Вентилятор» гаснет.

9. Система автоматического регулирования питания барабана парового котла

В САР питания котла водой должен быть реализован принцип комбинированного регулирования по возмущению – при изменении расхода пара или питательной воды и отклонению – при изменении уровня воды в барабане котла. Регулятор питания должен обеспечить постоянство среднего уровня воды независимо от нагрузки котла и возмущающих воздействий.

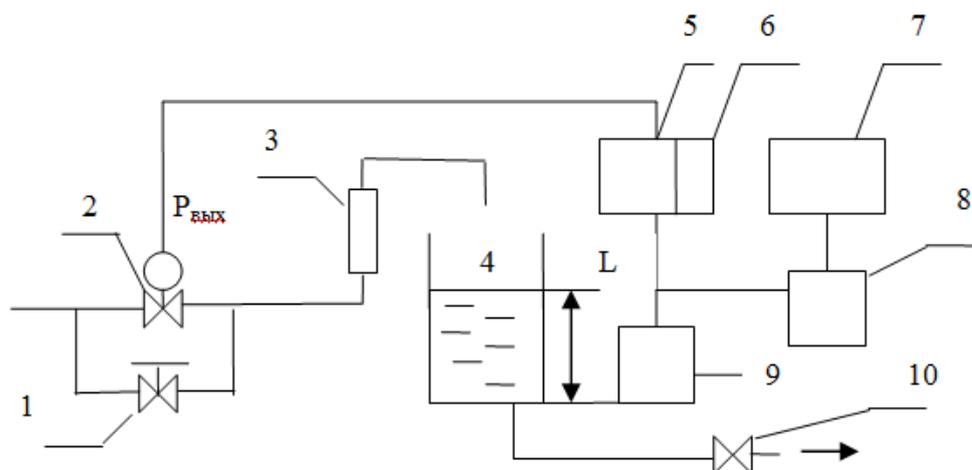
В САР питания используют для этих целей трехимпульсный регулятор питания. Сигналы по возмущению: расход свежего пара D_n , расход питательной воды $D_{пв}$. Сигнал по отклонению: уровень в барабане котельного агрегата $H_б$. Сигнал по расходу питательной воды используется как выключающий для снятия в статике сигнала по расходу пара. Регулятор питания перемещает регулировочный орган на линии питательной воды при появлении сигнала небаланса между расходами питательной воды и перегретого пара. Помимо этого он воздействует на положение клапана при отклонении уровня воды в барабане котельного агрегата от заданного значения. Использование сигналов D_n и $D_{пв}$ обеспечивают быстрое действие САР питания, сигнал $H_б$ – заданную точность поддержания уровня в барабане. В схеме измерительного блока регулятора питания датчики D_n , $D_{пв}$ и $H_б$ включены таким образом, что при понижении уровня воды в барабане котлоагрегата, увеличении расхода пара, уменьшении расхода питательной воды, они действуют в одном направлении – в сторону открытия питательного клапана, а при повышении уровня, уменьшении расхода пара и увеличении расхода питательной воды в сторону закрытия питательного клапана.

В качестве регулировочных органов питания используются шиберные клапаны и клапаны золотникового типа.



1-экономайзер, 2-барабан котла, 3-пароперегреватель, 4-регулятор питания, 5-датчик уровня, 6-задатчик, 7-датчик расхода пара, 8-датчик расхода питательной воды, 9-регулятор производительности, 10-питательный клапан, 11-питательный насос, 12-гидромурфта, 13-электродвигатель, 14 – дифференциальный манометр

10. Система автоматического регулирования уровня жидкости в резервуаре



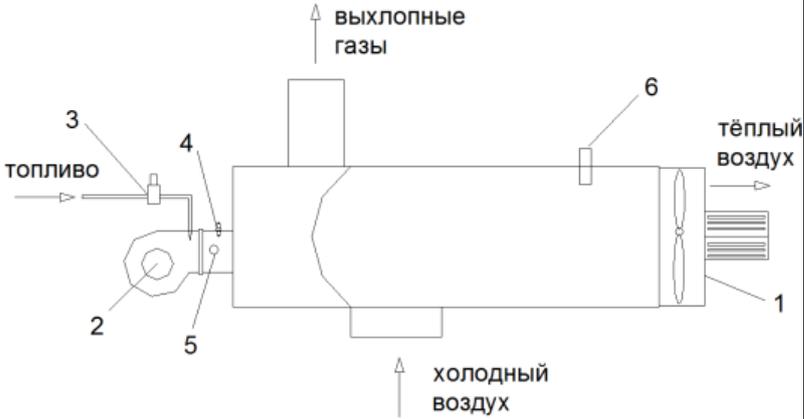
В системе управления должно быть реализовано одноконтурное регулирование уровня жидкости в резервуаре.

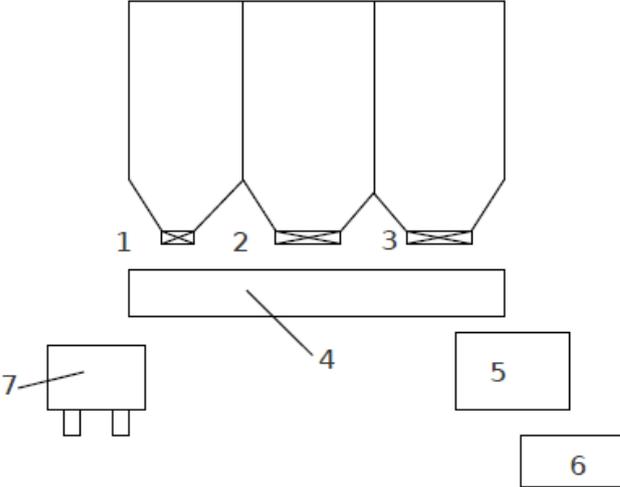
Вода поступает в резервуар 4 (объект регулирования) по длинному трубопроводу, на котором установлены параллельно вентиль 1 и пневматический регулирующий клапан 2. Расход воды контролируют по показаниям ротаметра 3. Уровень воды в резервуаре (регулируемую величину) измеряют гидростатическим дифманометром-уровнемером 9. Пневматический сигнал с его выхода поступает по вторичный прибор со станцией управления 5 и работающий с ним в комплекте автоматический регулятор 6, а также по манометр 8 с электрическим выходом, подаваемым на регистрирующий прибор 7. Выход с регулятора направляется на исполнительное устройство - клапан 2. Вентиль 1 предназначен для подачи на объект и в систему регулирования возмущающих воздействий, вентиль 10 — для установки номинального расхода жидкости через объект. Заданное значение уровня жидкости в резервуаре устанавливают задатчиком станции управления прибора 5.

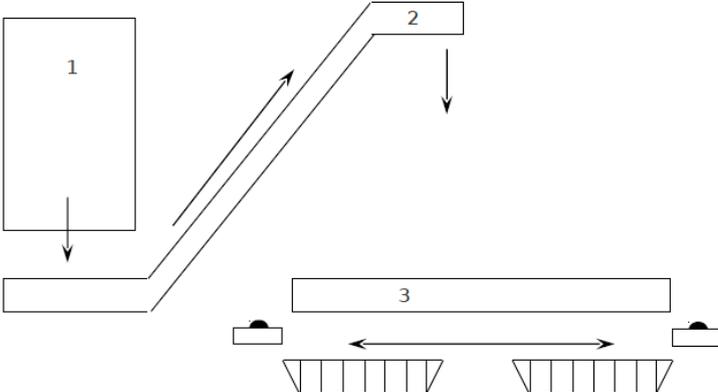
**Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации
по дисциплине «Цифровые системы управления»**

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2: Способен применять средства контроля и регулирования технологических факторов при разработке и реализации системы автоматизированного управления особо сложными технологическими процессами термической и химико-термической обработки		
ПК-2.1	Определяет общую схему системы автоматизированного управления согласно заданной структуре АСУ ТП и выполняет её реализацию	<p>Теоретические вопросы для проведения экзамена:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определение понятия «цифровые системы управления» 2. Наука как объект компьютеризации. Схема рациональной организации НИР 3. Основные этапы разработки САиУ 4. Виды обеспечения САиУ 5. Архитектуры САиУ. Централизованная архитектура 6. Архитектуры САиУ. Децентрализованная архитектура 7. Архитектуры САиУ. Многоуровневая архитектура 8. Классификация компьютерных технологий. Технологии систем реального времени 9. Классификация компьютерных технологий. Сетевые технологии 10. Классификация компьютерных технологий. Компьютерные технологии взаимодействия с человеком-оператором 11. Классификация компьютерных технологий. Технологии программно-технических комплексов 12. Классификация компьютерных технологий. Технологии компьютерного (технического) зрения 13. Технологии интеллектуальных сенсоров. Пассивные и активные сенсоры. 14. Технологии интеллектуальных сенсоров. Сенсорно-компьютерные системы. 15. Технологии интеллектуальных сенсоров. Понятие интеллектуального сенсора. 16. Технологии интеллектуальных сенсоров. Классификация интеллектуальных сенсоров. 17. АСУ ТП и диспетчерское управление 18. Компоненты систем контроля и управления и их назначение 19. Разработка прикладного программного обеспечения АСУ: выбор пути и инструментария

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>20. Термины «SCADA-система» и «SCADA-пакет»</p> <p>21. Организация и основные функции современных SCADA-пакетов</p> <p>22. Контроллер ОВЕН ПЛК110: аппаратные особенности, подключение к ПК. Понятие Target-файла</p> <p>23. Среда программирования CoDeSys. Основные принципы стандарта МЭК 61131-3.</p> <p>24. Структура проекта в среде программирования CoDeSys.</p> <p>25. Языки программирования программного комплекса CoDeSys. Язык IL (Instruction list)</p> <p>26. Языки программирования программного комплекса CoDeSys. Язык релейно-контактных схем (LD)</p> <p>27. Языки программирования программного комплекса CoDeSys. Язык функциональных блок-диаграмм (FBD)</p> <p>28. Языки программирования программного комплекса CoDeSys. Язык последовательных функциональных схем (SFC)</p> <p>29. Языки программирования программного комплекса CoDeSys. Непрерывные функциональные схемы (CFC)</p> <p>30. Визуализация в CoDeSys</p> <p>1. Разработать программу системы управления теплогенератором, предусмотреть ее визуализацию</p>  <p>При нажатии на кнопку ПУСК, звучит предупредительная сигнализация и запускается основной вентилятор теплого воздуха 1. После запуска основного вентилятора, включается топливный вентилятор 2 для продувки (10 с). Затем включается топливный</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>соленоидный клапан 3 и топливная смесь закачивается в камеру сгорания (5 с). Срабатывает запальная свеча 4 (4 с). Реле пламени 5 контролирует наличие пламени.</p> <p>Если пламя не появилось в течение 5 с., процесс розжига выполняется еще раз (с продувки воздухом 15с.). При повторном незапуске агрегата включается продувка 1 мин. и аварийная сигнализация. При нормальном запуске агрегата, система должна контролировать температуру воздуха на выходе термопреобразователем 6 и изменять скорость вращения топливного вентилятора 2. При остановке агрегата, продувка должна осуществляться до тех пор, пока температура не упадет ниже T_{min}.</p> <p>2. Разработать программу системы управления бункерами и транспортером, предусмотреть ее визуализацию</p>  <p>Зерно поступает на транспортер 4 через одну из задвижек 1,2 или 3 или все вместе (выбор задвижки производится оператором) и далее либо в тележку 7 либо на дробилку 5 и далее в бункер 6. Схема должна отключаться при срабатывании датчика уровня в бункере 6 или при срабатывании датчика давления под тележкой.</p> <p>3. Разработать программу системы управления распределением шихтового материала, предусмотреть ее визуализацию</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Продукт на платформенный раздатчик шихтового материала подается загрузочным транспортером 2 и шнековым дозатором шихты из бункера 1. Платформенный раздатчик начинает движение после того, как на него падает первая порция корма. При этом транспортер 3 движется вправо. При наезде на конечный выключатель SQ1 корм сбрасывается в бункеры и транспортер останавливается. Обратное движение платформенного раздатчика начинается через одну-две секунды, при этом происходит заполнение второй половины платформенного раздатчика.</p>  <p>Через выдержку времени должно произойти отключение шнекового дозатора шихты, а остатков шихты на загрузочном транспортере 2 должно хватить для заполнения оставшейся части фронта шихты. При наезде на конечный выключатель SQ2 происходит сбрасывание корма во вторую половину бункеров и отключение всей схемы. Сброс корма в бункеры производится плужковыми сбрасывателями.</p>
ПК-2.2	Выбирает средства контроля и регулирования технологических факторов согласно требованиям	<p>Для объекта управления с заданными параметрами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Произвести анализ САУ, определив регулируемый параметр (параметры) возмущающие и управляющие воздействия 2. Составить структурную схему САУ 3. Составить математическую модель САУ 4. Реализовать в среде CoDeSys на языках IL, FBD, LD логическое выражение заданного вида, разработать визуализацию: <ul style="list-style-type: none"> ✓ $Q0 = I0 \ \& \ \bar{I1} \ V \ I2 \ \& \ I3$ ✓ $Q1 = I4 \ \& \ (I4 \ V \ I6) \ \& \ I7$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ $Q2 = I0 \vee I1 \& I2 \& \overline{I3}$ ✓ $Q3 = I5 \vee I4 \vee I6 \& I7$ ✓ $Q4 = I0 \& I1 \vee I2 \vee I3$ ✓ $Q5 = I4 \& I5 \& (I6 \vee I7)$ ✓ $Q6 = I0 \& \overline{I1} \& I2 \& I3$ ✓ $Q7 = I4 \vee I1 \vee I2 \vee I3$ ✓ $Q0 = I4 \& I5 \vee I2 \& I3$ ✓ $Q1 = I0 \& (\overline{I1} \vee I2) \& I3$ ✓ $Q2 = I5 \& I6 \vee I2 \& \overline{I3}$ ✓ $Q3 = I0 \& I1 \& I2 \& \overline{I3}$ ✓ $Q4 = I0 \& I1 \& I4 \vee I5$ ✓ $Q5 = I0 \& \overline{I1} \vee I2 \& I5$ ✓ $Q6 = I0 \& I1 \vee I2 \vee \overline{I3}$ ✓ $Q0 = I4 \& \overline{I5} \vee I2 \& I3$ ✓ $Q7 = I2 \& I1 \vee \overline{I3} \vee I4$ <ol style="list-style-type: none"> 5. Реализовать в среде CoDeSys систему управления освещением в комнате, предусмотреть визуализацию. 6. Реализовать в среде CoDeSys систему управления котлом, предусмотреть визуализацию. 7. Реализовать в среде CoDeSys систему управления насосом с задержкой по времени, предусмотреть визуализацию. 8. Реализовать в среде CoDeSys систему пожарной сигнализации в здании, предусмотреть визуализацию.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Цифровые системы управления» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине
«Цифровые системы управления»

Практическая работа №1

Изучение языков программирования CoDeSys

Цель работы: приобретение и закрепление навыков программирования в среде программного комплекса CoDeSys на трех языках программирования (Список Инструкций (IL), Диаграммы Функциональных блоков (FBD) и Релейно-контактные схемы (LD)), а также обучение основам визуализации.

Порядок выполнения работы

1. Исследование языка IL

1. Запустить CoDeSys V2.3.
2. Создать новый проект. Выполнить команду: Файл, Создать.
3. Выбрать целевую платформу (Target Settings) 3S CoDeSys SP PLCWinNT V2.4.
4. Определить тип первого программного компонента (New POU) – PLC_PRG. Выбрать язык программирования – IL и тип компонента – программа. В однозадачных проектах система исполнения циклически вызывает программу PLC_PRG.
5. Объявить переменные I0, I1, I2, I3, Q4. В диалоге определения переменных определить тип переменных – BOOL и класс переменных – VAR GLOBAL.

В редакторе набрать текст программы согласно своему варианту. Например, для логических условий $Q4 = (I0 \& \overline{I1}) \vee (I2 \& I3)$, получаем следующий текст:

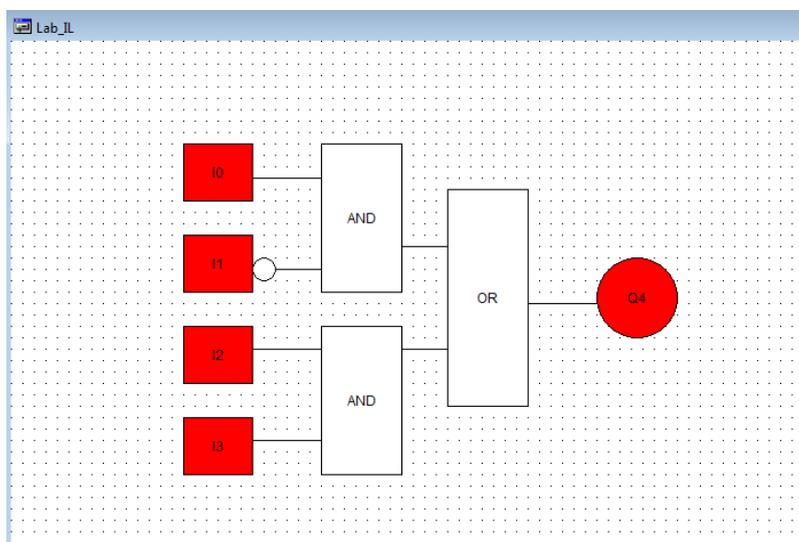
LD	I0
ANDN	I1
ST	Q4
LD	I2
AND	I3
OR	Q4
ST	Q4

```

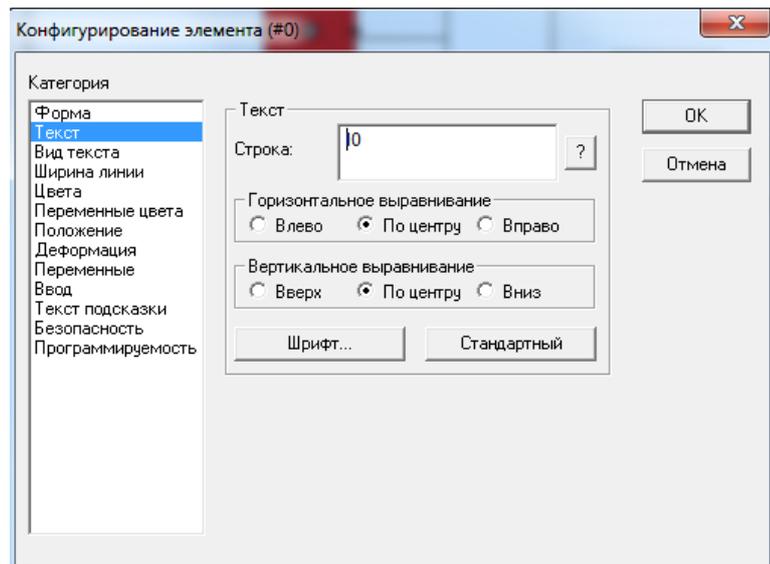
0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003 I0: BOOL;
0004 I1: BOOL;
0005 I2: BOOL;
0006 I3: BOOL;
0007 Q4: BOOL;
0008 END_VAR
0009
0001 LD I0
0002 ANDN I1
0003 ST Q4
0004 LD I2
0005 AND I3
0006 OR Q4
0007 ST Q4
0008
0009

```

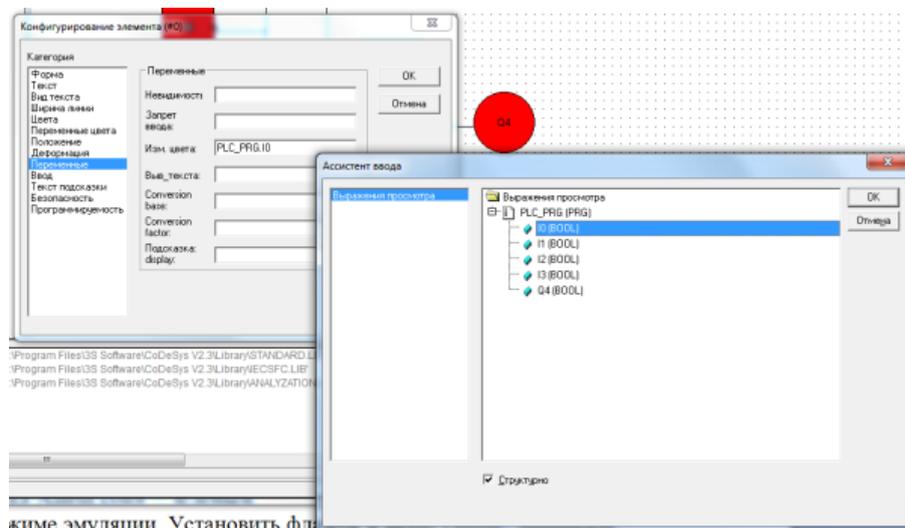
6. Откомпилировать проект. Выполнить команду: Проект, Компилировать или нажать «F11».
7. Исправить ошибки, если таковые имеются.
8. Создать визуализацию проекта. В левой части окна CoDeSys внизу выбрать страницу визуализации (Visualization). На Visualization щелкнуть правой клавишей мыши. В контекстном меню ввода задать команду *Добавить объект...* Присвоить новому объекту имя Lab_IL.
9. Нарисовать элементы визуализации в виде прямоугольников для переменных I0, I1, I2, I3, логических элементов AND, OR. Нарисовать элемент визуализации в виде окружности для переменной Q4.



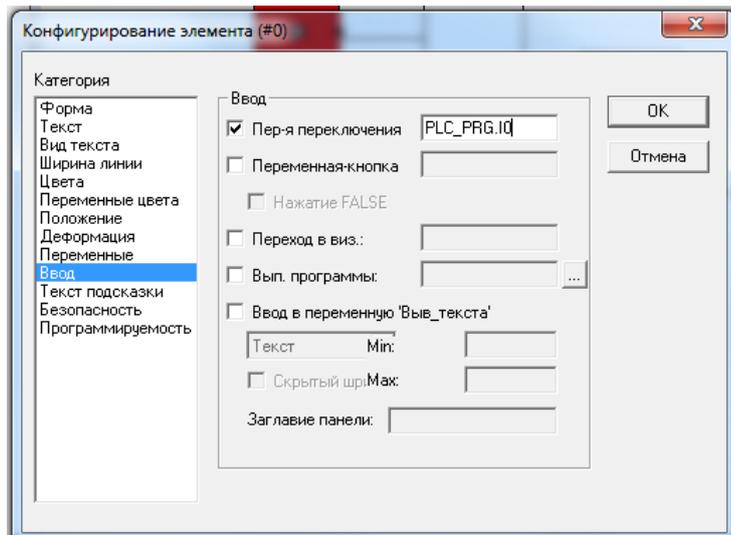
10. Настроить элементы визуализации – переменные I0, I1, I2, I3, Q4. Для них задать следующие настройки:
 - Текст, строка – ввести текст I0 (I1, I2, I3, Q4);



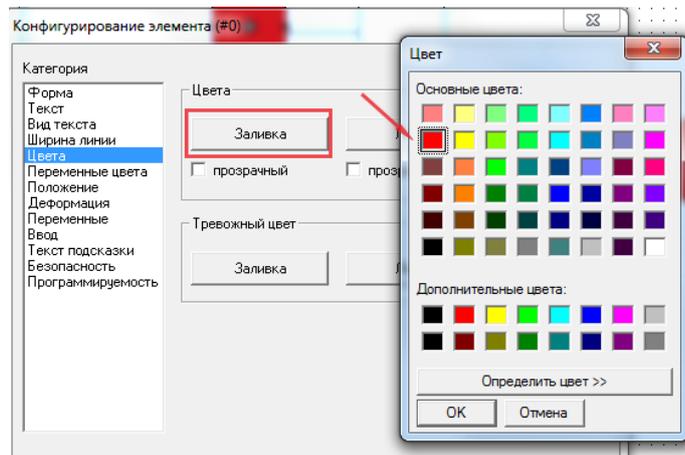
- Переменные, Изм.цвета – выбрать переменную из списка, нажав кнопку F2, например PLC_PRG.I0 (PLC_PRG.I1, PLC_PRG.I2, PLC_PRG.I3, PLC_PRG.Q4);



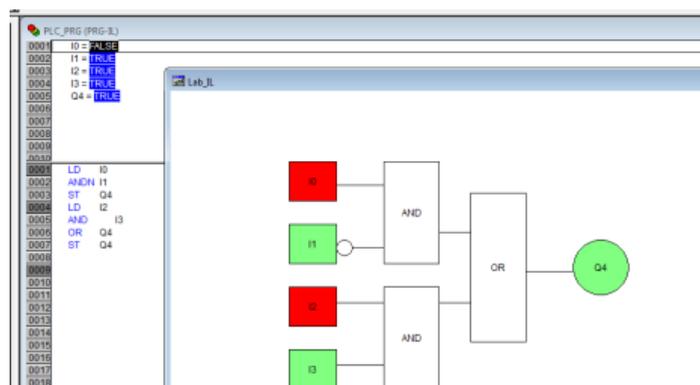
- Ввод, флажок Переменная переключения включить, выбрать переменную из списка, нажав кнопку F2, например PLC_PRG.I0 (PLC_PRG.I1, PLC_PRG.I2, PLC_PRG.I3);



- Цвета, верхняя панель Цвета – заливка красным (выключенное состояние переменной), нижняя панель Тревожный цвет – заливка зеленым (включенное состояние переменной).



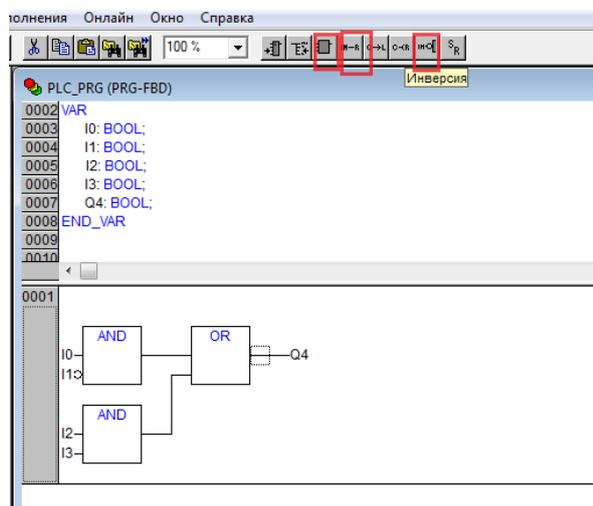
11. Перейти в режиме эмуляции. Установить флажок в меню Онлайн, Режим эмуляции.
12. Запустить проект. Выполнить команду Онлайн, Подключение. Выполнить команду Онлайн, Пуск (или кнопкой F5).
13. Изменя значения входных переменных, нажимая на элементы визуализации, наблюдать за изменением выходной переменной. Зафиксировать результаты вычислительного эксперимента в виде таблицы, где отобразить состояние входов и состояние выхода.
14. Остановить проект. Выполнить команду Онлайн, Стоп.



14. Остановить проект. Выполнить команду Онлайн, Стоп.

3. Исследование языка FBD

1. Создать новый проект. Выполнить команду: Файл, Создать.
2. Выбрать целевую платформу (Target Settings) 3S CoDeSys SP PLCWinNT V2.4.
3. Определить тип первого программного компонента (New POU) – PLC_PRG. Выбрать язык программирования – FBD и тип компонента – программа. В однозадачных проектах система исполнения циклически вызывает программу PLC_PRG.
4. Объявить переменные I0, I1, I2, I3, Q4. В диалоге определения переменных определить тип переменных – BOOL и класс переменных – VAR GLOBAL.
5. В графическом редакторе нарисовать схему согласно своему варианту, используя команды Элемент, Присваивание. При этом переменные и команды блоков присваивать из списка (кнопка F2).



6. Откомпилировать проект. Выполнить команду: Проект, Компилировать или нажать «F11».
7. Исправить ошибки, если таковые имеются.
8. Создать визуализацию проекта. В левой части окна CoDeSys внизу выбрать страницу визуализации (Visualization). На Visualization щелкнуть правой клавишей мыши. В контекстном меню ввода задать команду *Добавить объект...* Присвоить новому объекту имя Lab_IL.
9. Нарисовать элементы визуализации в виде прямоугольников для переменных I0, I1, I2, I3, логических элементов AND, OR. Нарисовать элемент визуализации в виде окружности для переменной Q4.
10. Настроить элементы визуализации – переменные I0, I1, I2, I3, Q4 – аналогично п.п. 11 предыдущего задания.
11. Перейти в режиме эмуляции. Установить флажок в меню Онлайн, Режим эмуляции.
12. Запустить проект. Выполнить команду Онлайн, Подключение. Выполнить команду Онлайн, Пуск (или кнопкой F5).

13. Изменяя значения входных переменных, нажимая на элементы визуализации, наблюдать за изменением выходной переменной. Убедиться, что реализованная схема работает также, как в предыдущих заданиях.
14. Остановить проект. Выполнить команду Онлайн, Стоп.

Варианты индивидуальных заданий

1. $Q0 = I0 \& \bar{I1} \vee I2 \& I3$
2. $Q1 = I4 \& (I4 \vee I6) \& I7$
3. $Q2 = I0 \vee I1 \& I2 \& \bar{I3}$
4. $Q3 = I5 \vee I4 \vee I6 \& I7$
5. $Q4 = I0 \& I1 \vee I2 \vee I3$
6. $Q5 = I4 \& I5 \& (I6 \vee I7)$
7. $Q6 = I0 \& \bar{I1} \& I2 \& I3$
8. $Q7 = I4 \vee I1 \vee I2 \vee I3$
9. $Q0 = I4 \& I5 \vee I2 \& I3$
10. $Q1 = I0 \& (\bar{I1} \vee I2) \& I3$
11. $Q2 = I5 \& I6 \vee I2 \& \bar{I3}$
12. $Q3 = I0 \& I1 \& I2 \& \bar{I3}$
13. $Q4 = I0 \& I1 \& I4 \vee I5$
14. $Q5 = I0 \& \bar{I1} \vee I2 \& I5$
15. $Q6 = I0 \& I1 \vee I2 \vee \bar{I3}$
16. $Q0 = I4 \& \bar{I5} \vee I2 \& I3$
17. $Q7 = I2 \& I1 \vee \bar{I3} \vee I4$

& - логическое «И»

\vee – логическое «ИЛИ»

Содержание практической работы и требования к отчету

В результате выполнения практической работы должны быть разработаны:

- главная программа PLC_PRG на трех языках программирования (Список Инструкций (IL), Диаграммы Функциональных блоков (FBD) и Релейно-контактные схемы (LD));
- визуализация проекта для каждого языка программирования;
- отчет.

Отчет должен содержать следующие разделы:

- задание;
 - введение, в котором описывается решаемая задача, кратко описываются разделы лабораторной работы;
 - разработка главной программы PLC_PRG на трех языках программирования (Список Инструкций (IL), Диаграммы Функциональных блоков (FBD) и Релейно-контактные схемы (LD));
 - разработка визуализации проекта для каждого языка программирования;
 - результаты вычислительного эксперимента в виде таблицы истинности;

ВЫВОДЫ.

Практическая работа №2

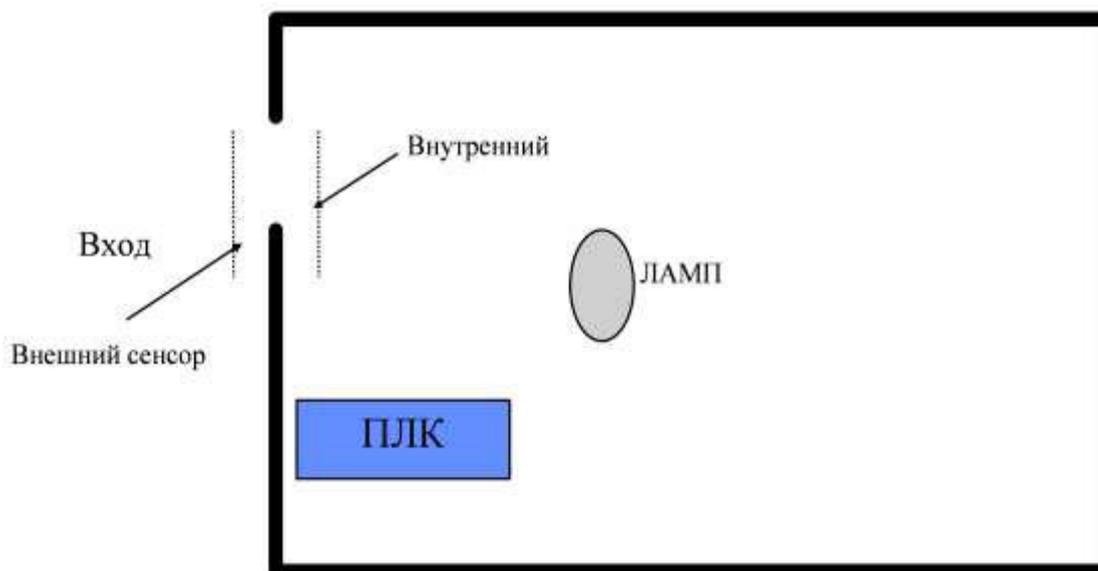
Примеры создания в CoDeSys систем управления простыми объектами

Цель работы: приобретение и закрепление навыков программирования в среде программного комплекса CoDeSys путем создания систем управления простыми объектами.

1. Управление освещением в комнате

Цель - свет должен быть выключен, когда в комнате никого нет.

На входе установлены два дискретных датчика: один снаружи комнаты, другой внутри. Когда срабатывает сначала внешний датчик, затем внутренний, это означает, что человек зашел в комнату. Когда срабатывает сначала внутренний датчик, затем внешний, это означает, что человек вышел из комнаты.

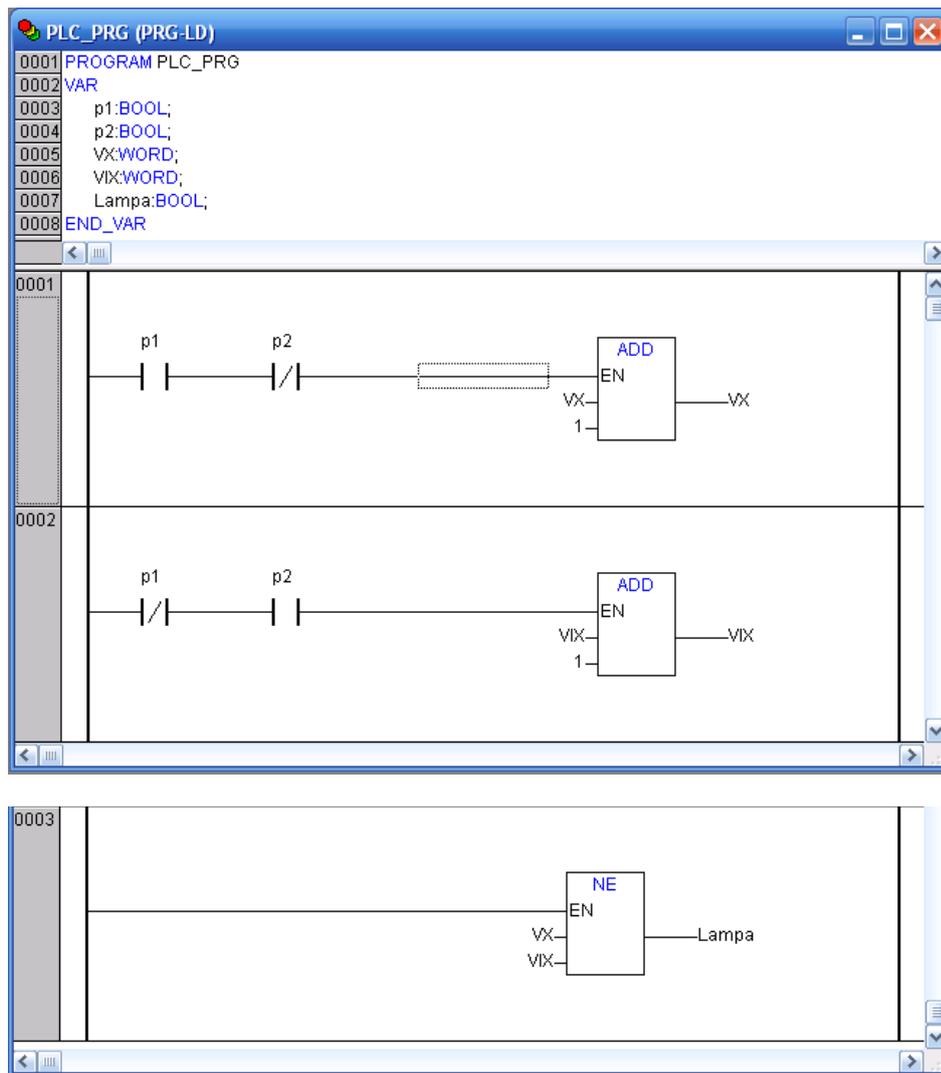


Если человек вошел – включить свет, если человек вышел – выключить свет.

Необходимо считать количество людей, заходящих и выходящих из комнаты. Пока в комнате остается хотя бы один человек, свет должен быть включен.

1. Создадим новый проект, для чего сделаем первые шаги для программирования в CoDeSys, которые описаны в практической работе №1.

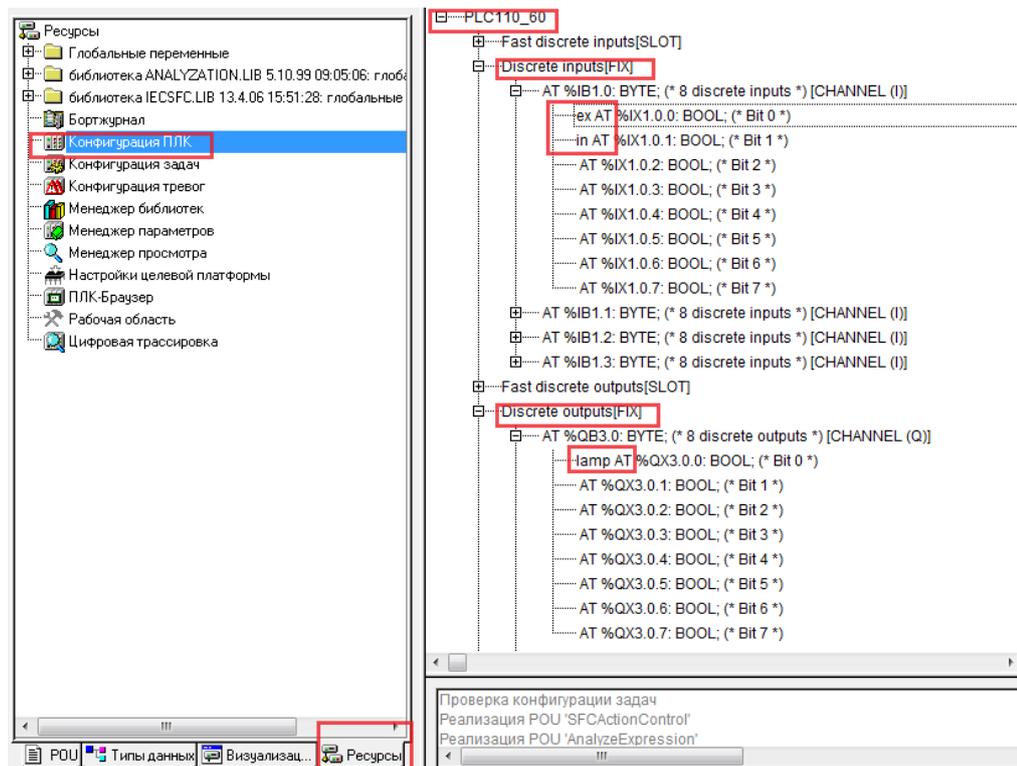
2. Реализуем систему управления освещением на языке программирования LD:



Комментарии:

- Для решения данной задачи необходимо было считать количество входящих в комнату людей (VX) и выходящих (VIX).
- Когда срабатывает сначала внешний датчик (p1), затем внутренний (p2), это означает, что человек зашел в комнату, и счетчик считает входящих людей (VX).
- Когда срабатывает сначала внутренний датчик (p2), затем внешний (p1), это означает, что человек вышел из комнаты, и пошел счет выходящих людей (VIX).
- Затем сравнив результаты подсчетов, можно сделать вывод: если количество входящих в комнату людей равно количеству выходящих, то лампочка гаснет, если не равно (NE), то горит.

3. Реализуем систему управления освещением на языке программирования CFC с использованием конфигурирования входов-выходов контроллера:



На входе установлены два дискретных датчика: один снаружи (**ex**), другой внутри комнаты (**in**).

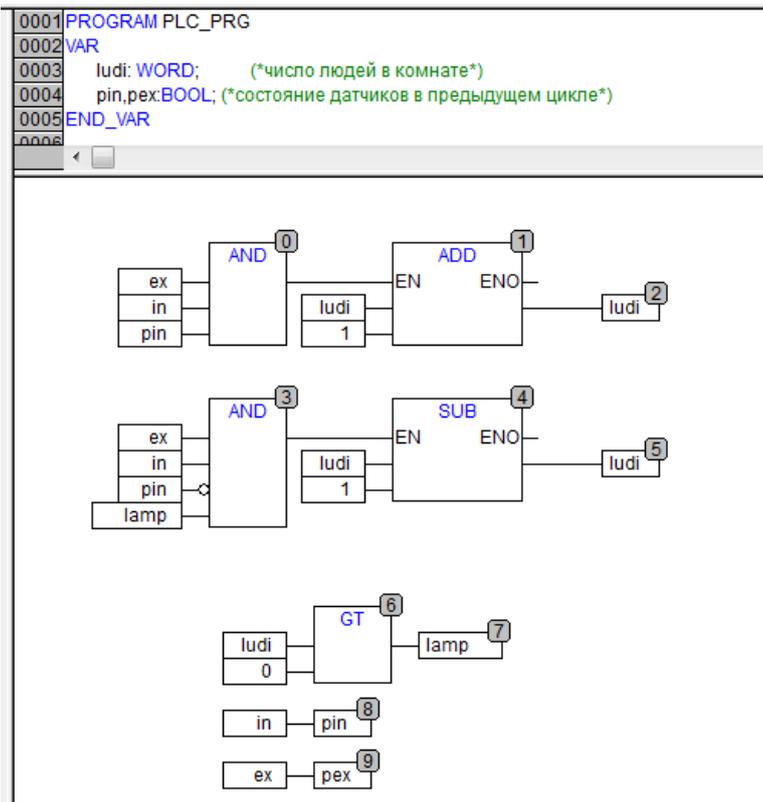
Когда срабатывает сначала внешний датчик, затем внутренний, это означает, что человек зашел в комнату.

Когда срабатывает сначала внутренний датчик, затем внешний, это означает, что человек вышел из комнаты.

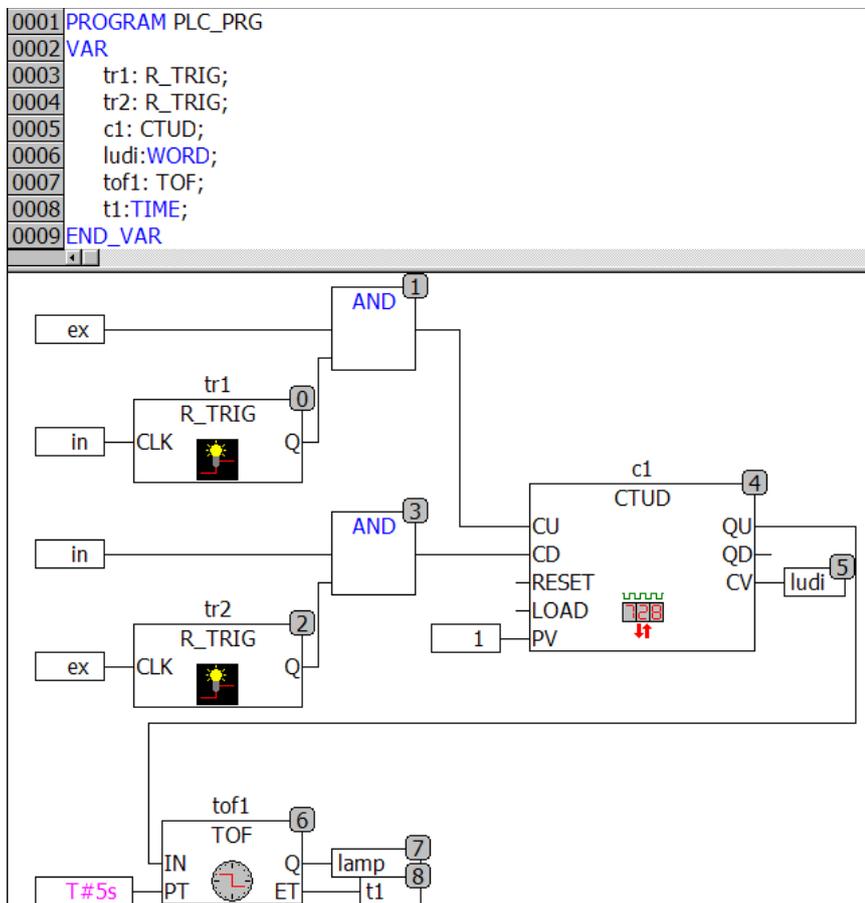
Необходимо считать количество людей (**ludi**) в комнате.

Если человек вошел – включить свет (**lamp**), если человек вышел – выключить свет (**lamp**).

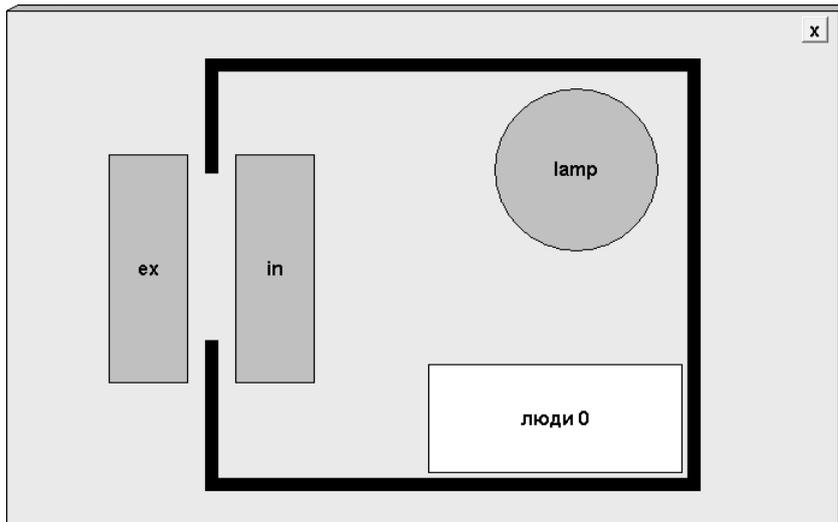
Пока в комнате остается хотя бы один человек, свет должен быть включен.



4. Реализуем систему управления освещением на языке программирования CFC с использованием таймеров, предусмотрев, что если вышел последний человек – выключить свет (**lamp**) с задержкой 5 сек.

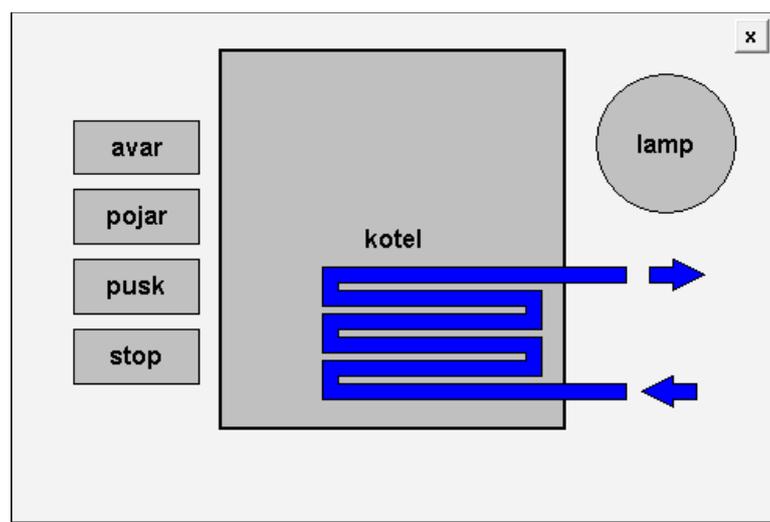


Визуализация:



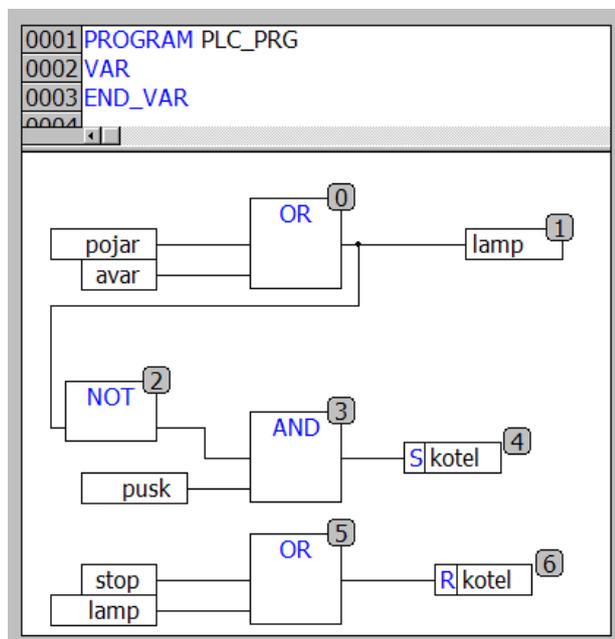
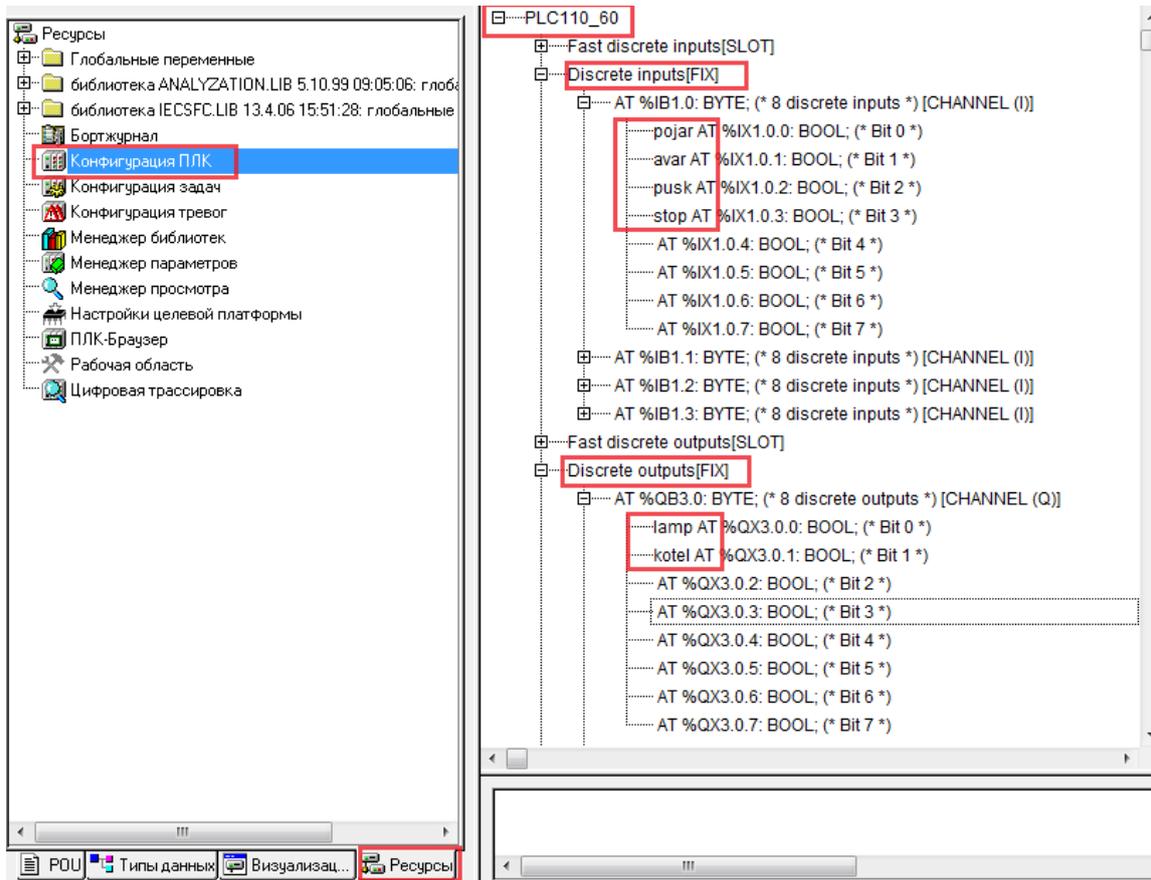
Необходимо реализовать проект на двух языках программирования (LD, CFC), разработать визуализацию, проверить работу проекта в режиме эмуляции.

2. Управление котлом



Необходимо реализовать с использованием языка программирования CFC:

- Включение сигнализации (**lamp**) при возникновении любой из аварий (**avar** или **pojar**).
- Отключение котла (**kotel**) при возникновении любой из аварий.
- Включение котла с кнопки (**pusk**), при условии отсутствия аварий.
- Отключение котла с кнопки (**stop**).



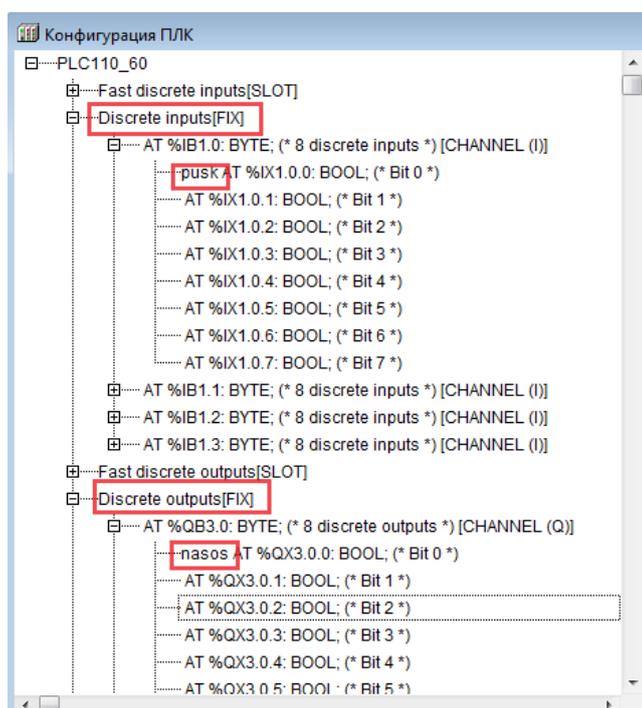
Необходимо реализовать проект на языке программирования SFC, разработать визуализацию, проверить работу проекта в режиме эмуляции.

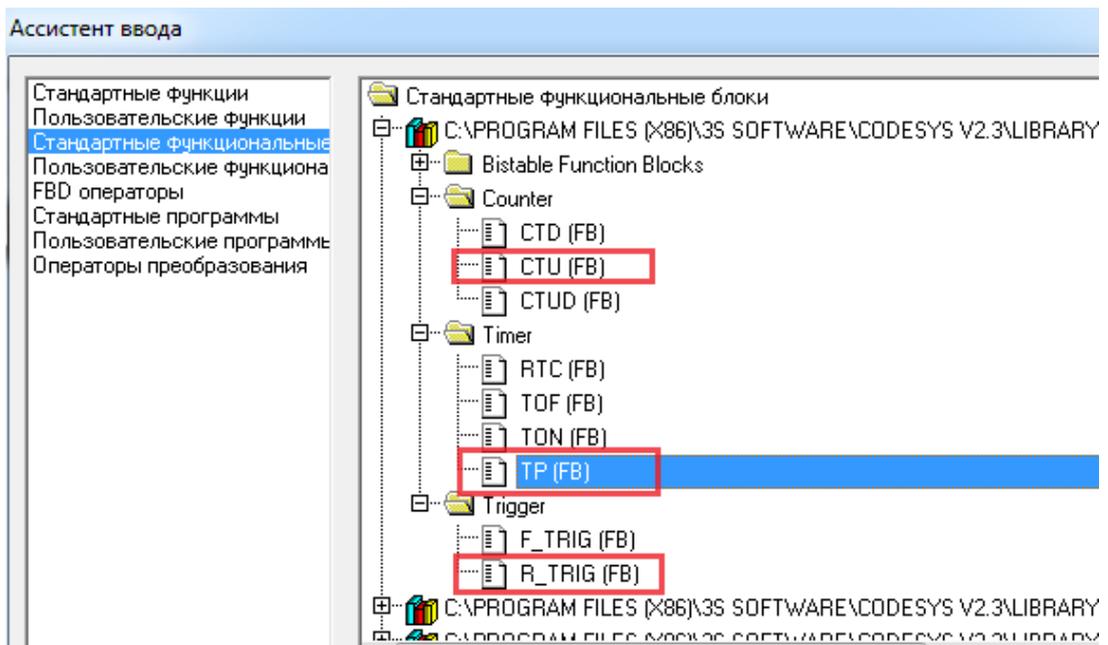
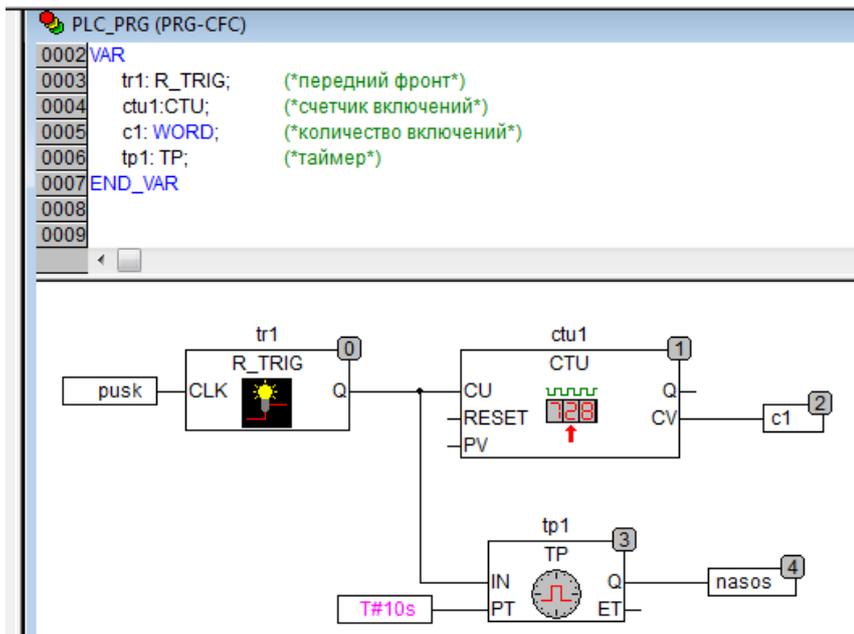
3. Управление включением насоса с задержкой по времени



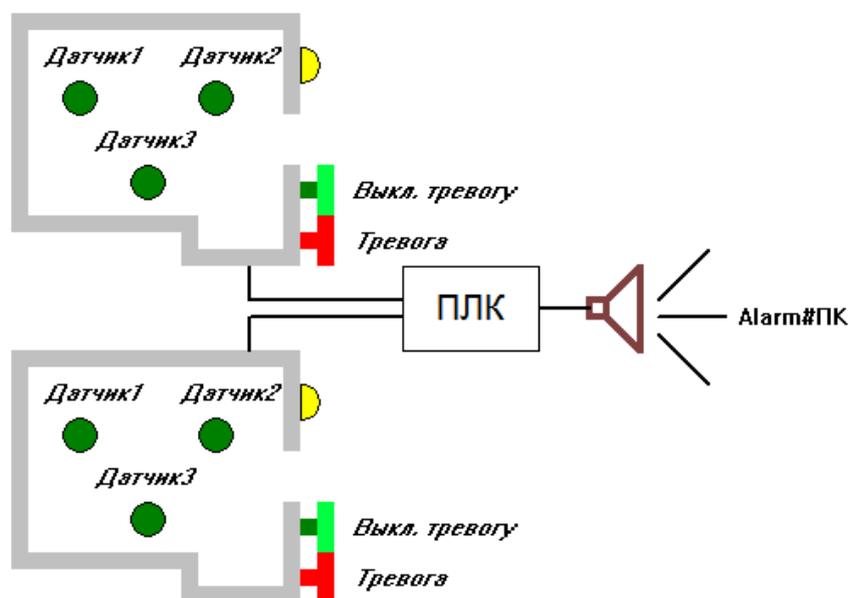
При нажатии на кнопку (**push**), насос (**nasos**) должен включиться и проработать 10 секунд, затем автоматически отключиться.

Необходимо подсчитывать количество включений (**c1**) двигателя.





4. Система пожарной сигнализации здания



В здании две одинаковые комнаты.

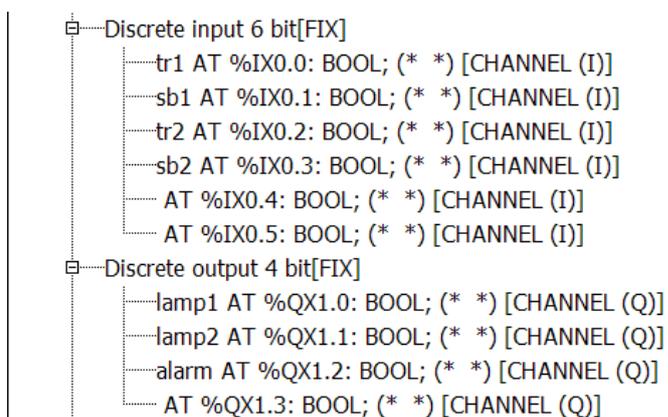
В каждой комнате установлено три пожарных датчика (**d11, d12, d13** и **d21, d22, d23**), кнопка ручного включения сигнализации (**tr1** и **tr2**) и кнопка ручного отключения сигнализации (**sb1** и **sb2**).

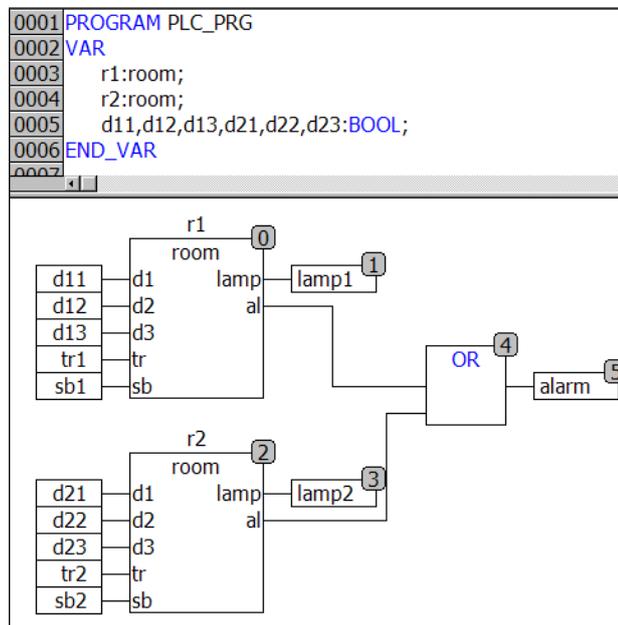
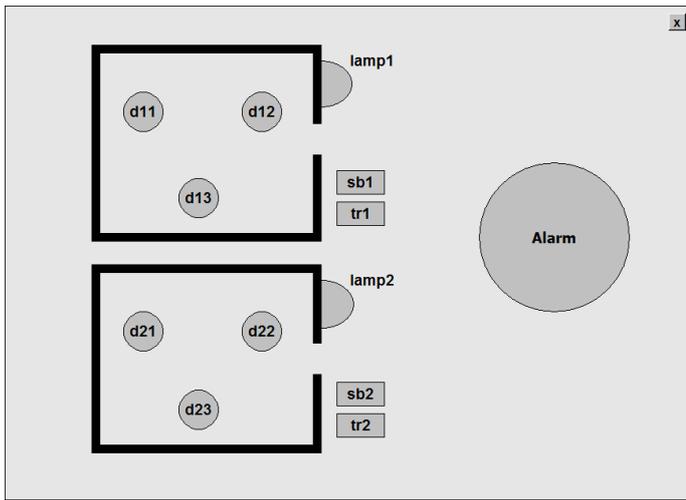
Для каждой комнаты предусмотрена сигнальная лампа (**lamp1, lamp2**). Сигнализация пожара (**alarm**) является общей для обеих комнат.

Если в комнате срабатывает хотя бы один из датчиков, то загорается сигнальная лампа для соответствующей комнаты. Лампа гаснет, если все датчики в комнате отключены.

Если в комнате срабатывает любые два из трех датчиков, то включается пожарная сигнализация. Сигнализация работает до тех пор, пока ее не отключат соответствующей кнопкой.

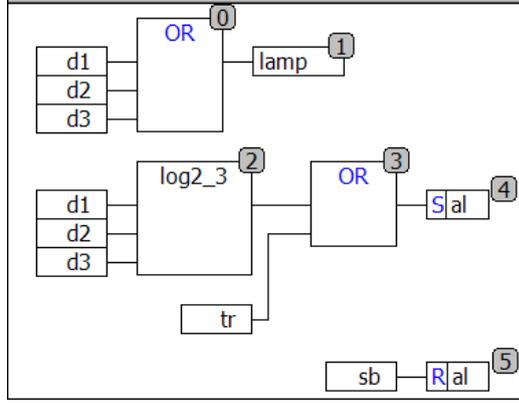
Сигнализация может быть включена кнопкой проверки вне зависимости от состояния датчиков.





Функциональный блок создается отдельно:

```
0001 FUNCTION_BLOCK room
0002 VAR_INPUT
0003     d1,d2,d3:BOOL;
0004     tr,sb:BOOL;
0005 END_VAR
0006 VAR_OUTPUT
0007     lamp,al:BOOL;
0008 END_VAR
0009 VAR
0010 END_VAR
0011
```



Практическая работа №3

Реализация системы управления ленточным конвейером в среде CoDeSys

Цель работы: реализация в среде программного комплекса CoDeSys системы управления ленточным конвейером.

1. Создание блока управления трехфазным асинхронным электродвигателем с прямым пуском

Создадим функциональный блок с именем **PRIVOD** на языке программирования **LD** (рис.1).

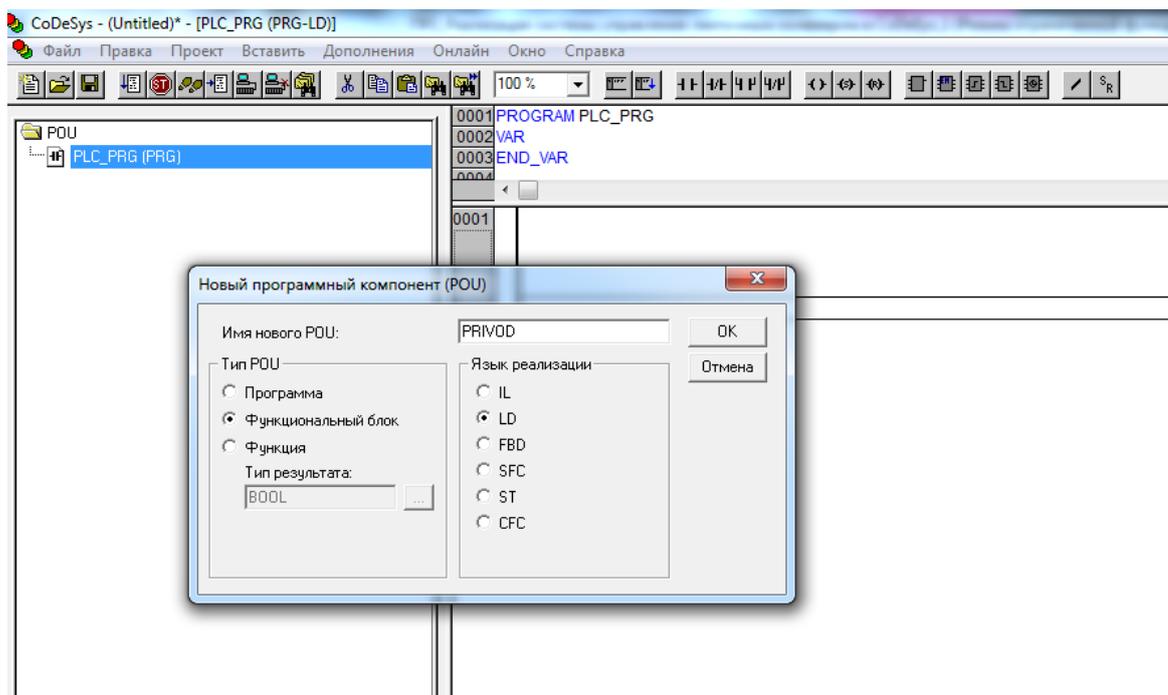


Рис. 1. Создание функционального блока с именем **PRIVOD**

Для включения трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (далее «двигателя»), позиция на рисунке =9.3-M131) по схеме по схеме «прямого пуска» требуются автоматический выключатель для защиты двигателя (позиция =9.3-QF131), выполняющий функции защиты от токов короткого замыкания и перегрузки двигателя (т.е. выполняет еще и функцию теплового реле), а также контактор (позиция =9.3-КМ131). С дополнительных контактов автомата и контактора подаются сигналы на вход ПЛК для контроля состояния пусковой аппаратуры. Катушка контактора подключается к выходу ПЛК.

Сигнал с автоматического выключателя свидетельствует о том, что автоматический выключатель включен (т.е. нет аварийного отключения по току короткого замыкания или току перегрузки). Таким образом, отсутствие этого сигнала следует отнести к аварийной ситуации.

Сигнал с контактора свидетельствует о том, что на электродвигатель подано напряжение, т.е. что двигатель включен и соответствующий технологический агрегат

запущен. Данный сигнал используется в цепи «самоподхвата» (включается параллельно с пусковой кнопкой).

Включается контактор сигналом с выхода ПЛК, или же через промежуточное реле, если параметры выходов контроллера не позволяют включить катушку контактора напрямую. Логика включения контактора определяется исходя из технологии автоматизируемого объекта.

Помимо силовой пусковой аппаратуры необходимы управляющие сигналы – сигнал запуска и сигнал останова. Эти сигналы могут приходиться от разных устройств, их может быть несколько. Как правило, необходимо реализовать как минимум два источника сигналов: сигналы с местного поста управления и сигналы с поста оператора. Это могут быть также сигналы из SCADA-системы. Таким образом, необходимо реализовать логику управления для всех источников сигналов с учетом режима их работы (наладочный, ручной или автоматический).

Также нужно реализовать обработку аварийных сигналов, которые приходят от соответствующих первичных преобразователей, датчиков и вторичных приборов. Количество этих сигналов зависит от конкретного технологического агрегата и его технического оснащения. Как упоминалось выше, к аварийным сигналам также можно отнести отсутствие сигнала с автоматического выключателя двигателя.

Для того, чтобы электродвигатель включался в соответствии с технологией, нужно предусмотреть сигнал готовности, который будет свидетельствовать о том, что по технологической цепочке привод можно запускать в работу. Аналогично нужно реализовать блокировку отключения, чтобы остановка агрегатов происходила в обратном порядке.

Кроме того, можно предусмотреть сигналы включения сигнальных ламп, которые зачастую устанавливаются на местных постах управления и совмещаются с кнопками запуска и останова. Чаще всего, лампа запуска работает в двух режимах: «Мигание» - привод готов к запуску, «Свечение» - привод запущен. Лампа останова также работает в двух режимах: «Свечение» - привод останавливается (ждет сигнала останова в соответствии с технологией), «Мигание» - авария технологического агрегата. Если ни одна лампа не горит, значит привод остановлен и запуск его запрещен. Можно также предусмотреть шифровку аварий посредством изменения частоты мигания лампы останова.

Дополнительно можно предусмотреть выход для формирования звукового сигнала при запуске и аварии привода.

Исходя из вышесказанного, объявление функционального блока **PRIVOD** будет выглядеть следующим образом:

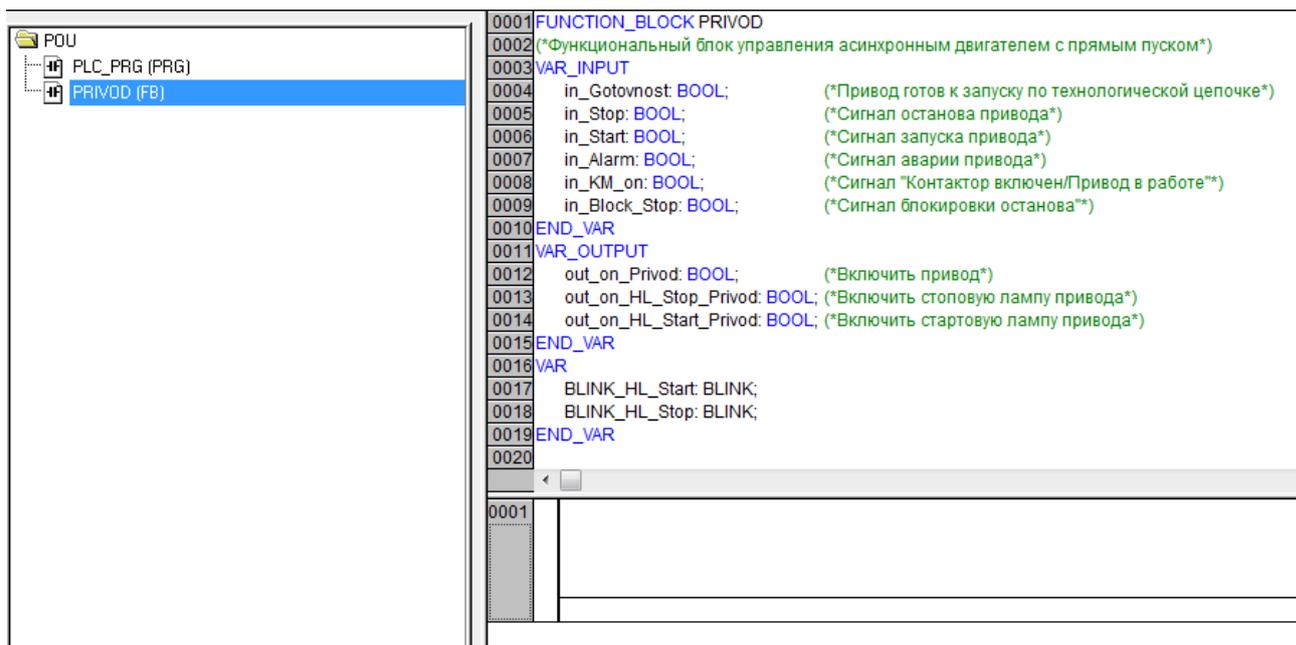


Рис.2. Список входных и выходных переменных функционального блока PRIVOD

!!! По мере написания функционального блока в раздел VAR будут добавлены локальные переменные для выполнения промежуточных операций !!!

Итак, приступим к написанию кода блока PRIVOD.

Для **включения привода** нам необходимо выполнение следующей логической цепочки:

- должен быть сигнал разрешения запуска по технологической цепочке;
- не должно быть сигнала аварии;
- не должно быть сигнала останова;
- есть сигнал запуска или самоподхвата.

При этом, при наличии сигнала останова и сигнала блокировки останова, в случае отсутствия аварийного сигнала, привод не должен отключаться.

Включение стартовой лампы осуществляется следующим образом: если нет аварийного и стопового сигналов, то в случае, когда привод запущен, лампа горит, а в случае, когда привод не запущен, но готов к запуску, лампа мигает.

Включение стоповой лампы осуществляется следующим образом: лампа горит, когда есть сигнал останова, и мигает, когда есть сигнал аварии.

Мигание осуществляется с помощью функционального блока **BLINK** из библиотеки *Util.lib*. Для вставки функционального блока нужно щелкнуть правой кнопкой мыши на цепи, в которую его нужно вставить, и в контекстном меню выбрать **Функциональный блок**, или нажать сочетание клавиш **Ctrl+B**, или нажать кнопку **Элемент** на панели инструментов. При этом появится окно выбора функциональных блоков, где нужно выбрать соответствующую библиотеку и в ней найти требуемый функциональный блок (**BLINK** находится в папке *signals*).

В результате, код функционального блока **PRIVOD** будет выглядеть следующим образом:

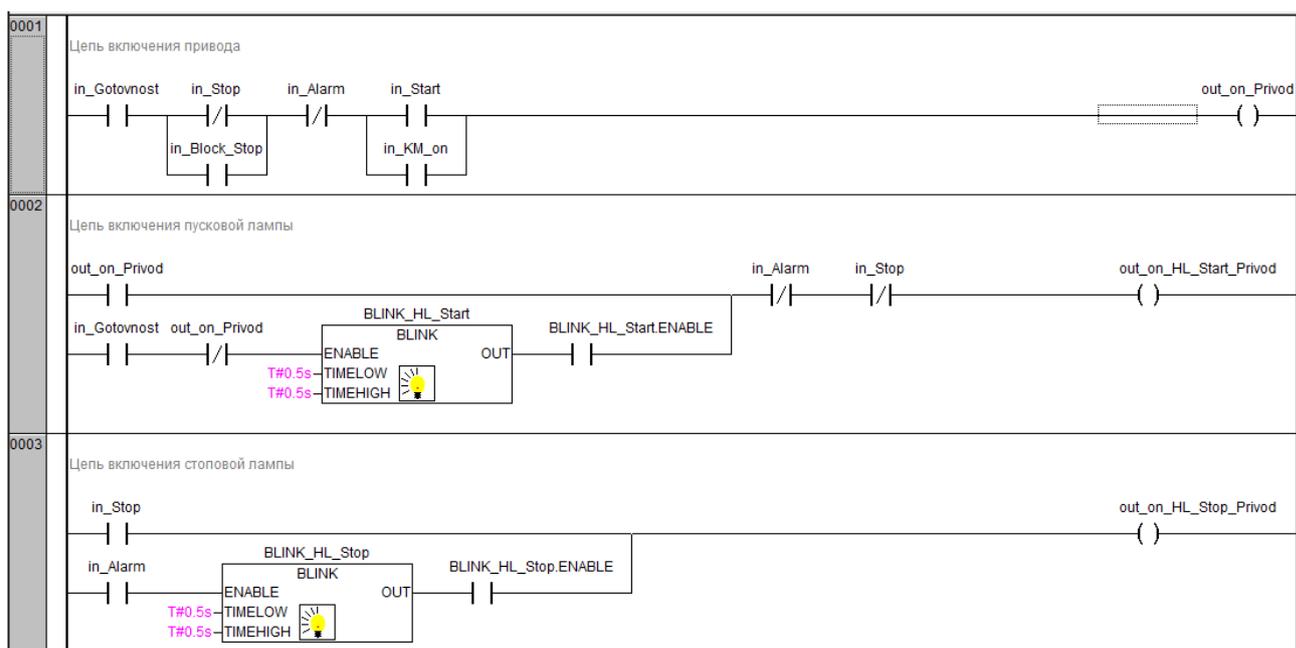


Рис.3. Код функционального блока PRIVOD

2. Вызов функционального блока PRIVOD и определение конфигурации контроллера

Для начала поставим перед собой простую задачу. Предположим, что у нас есть шлюзовой питатель, который подает сыпучий материал из бункера на ленточный конвейер, который в свою очередь транспортирует этот материал в конечную точку назначения. Нам нужно управлять запуском приводов этих агрегатов, осуществляя элементарную технологическую цепочку. В дальнейшем будем расширять рамки системы управления, но на начальном этапе реализуем следующие функции:

- контроль последовательности включения и отключения приводов;
- отработку аварийных сигналов;
- запуск и останов приводов по входным сигналам «Пуск» и «Стоп».

Начнем с ленточного конвейера. Мы уже знаем, что у нас должно быть три сигнала от пусковой аппаратуры:

- «Автоматический выключатель включен» (вход);
- «Контактор включен» (вход);
- «Включить контактор» (выход).

Кроме того, у нас должно быть четыре сигнала для светосигнальной аппаратуры: кнопка «Пуск» (вход) и лампа, совмещенная с кнопкой «Пуск» (выход); кнопка «Стоп» (вход) и лампа, совмещенная с кнопкой «Стоп» (выход).

Аналогично, такие сигналы будут использованы и для других агрегатов с асинхронными трехфазными двигателями, в том числе и для шлюзового питателя.

Также, для ленточного конвейера используются датчики противоаварийной защиты: трос безопасности (зачастую совмещенный с кнопкой аварийного останова), датчик схода ленты, а также датчик движения ленты.

Трос безопасности (и/или кнопка аварийного останова) предназначен для останова конвейера технологическим персоналом в случае возникновения аварийной ситуации (рис.11). При натяжении троса размыкается контакт концевого выключателя и разрывается цепь аварийного останова. При этом может разрываться питание оперативных цепей управления, что приведет к мгновенному пропаданию напряжения на катушке контакторов и останову технологической линии. Возможно формирование аварийного сигнала в контроллере; при этом останов должен быть безусловным, т.е. однозначно и мгновенно останавливать технологическую линию.

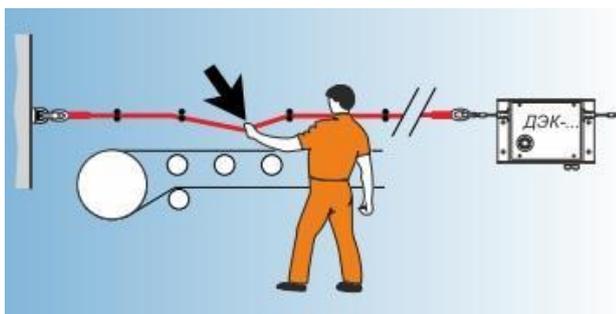


Рис.3. Принцип действия троса безопасности

Датчик схода ленты предназначен для предотвращения схода ленты с опорных роликов. Сход ленты – серьезная аварийная ситуация. Даже если при этом не произойдет повреждения ленты, восстановление работы конвейера после схода – сложная и трудоемкая задача. Поэтому практически все ленточные конвейеры оснащаются датчиками схода ленты, иногда (когда конвейер длинный, например, более 30 метров) несколькими парами. Принцип действия датчиков схода ленты можно уяснить из рис.4.

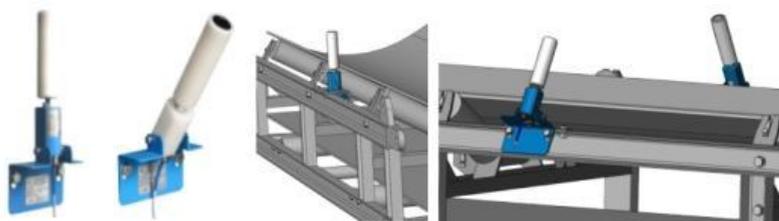


Рис.4. Принцип действия датчиков схода ленты

Датчик движения вала устанавливается на ведомый барабан ленточного конвейера. Он представляет собой индукционный датчик наличия материала, мимо которого проходит металлическая метка, наваренная на барабан. Таким образом, каждый оборот метки проходит мимо датчика, в результате чего возникает импульс. Наличие импульсов с заданной частотой говорит о нормальной работе конвейера. Если же конвейер включен, а частота импульсов равна нулю, значит, имеет место пробуксовка ленты, что нередко бывает в зимний период времени. В результате лента может быть повреждена, что повлечет немалые материальные и трудовые затраты. Поэтому необходимо контролировать наличие изменяющегося сигнала с датчика движения. Принцип действия датчика движения приведен на рис.5.



Рис.5. Принцип работы датчика движения

Таким образом, для ленточного конвейера нужно предусмотреть еще как минимум три сигнала с аварийных датчиков.

Итак, в общей сложности для ленточного конвейера нужно выделить 7 входов и 3 выхода.

Практика показывает, что пространство входов и выходов ПЛК целесообразно организовывать, основываясь на логических критериях их использования. К примеру, можно условиться, что первые 8 входов и 8 выходов будут отведены под общие нужды системы управления (например, сигналов «Наладочный режим», «Сброс аварии», «Звуковая аварийно-предупредительная сигнализация» и т.д.). Далее группами по 8 входов и 4 выхода (по 1 резервному входу и выходу на агрегат) будут идти сигналы технологических агрегатов.

При этом переменные, относящиеся к определенному агрегату должны содержать его условное обозначение (например, постфикс или префикс **LK**). Это существенно повышает наглядность кода.

Теперь, основываясь на вышеприведенных соображениях, создадим в конфигурации ПЛК переменные для управления ленточным конвейером. Вид конфигурации приведен на рис.6.

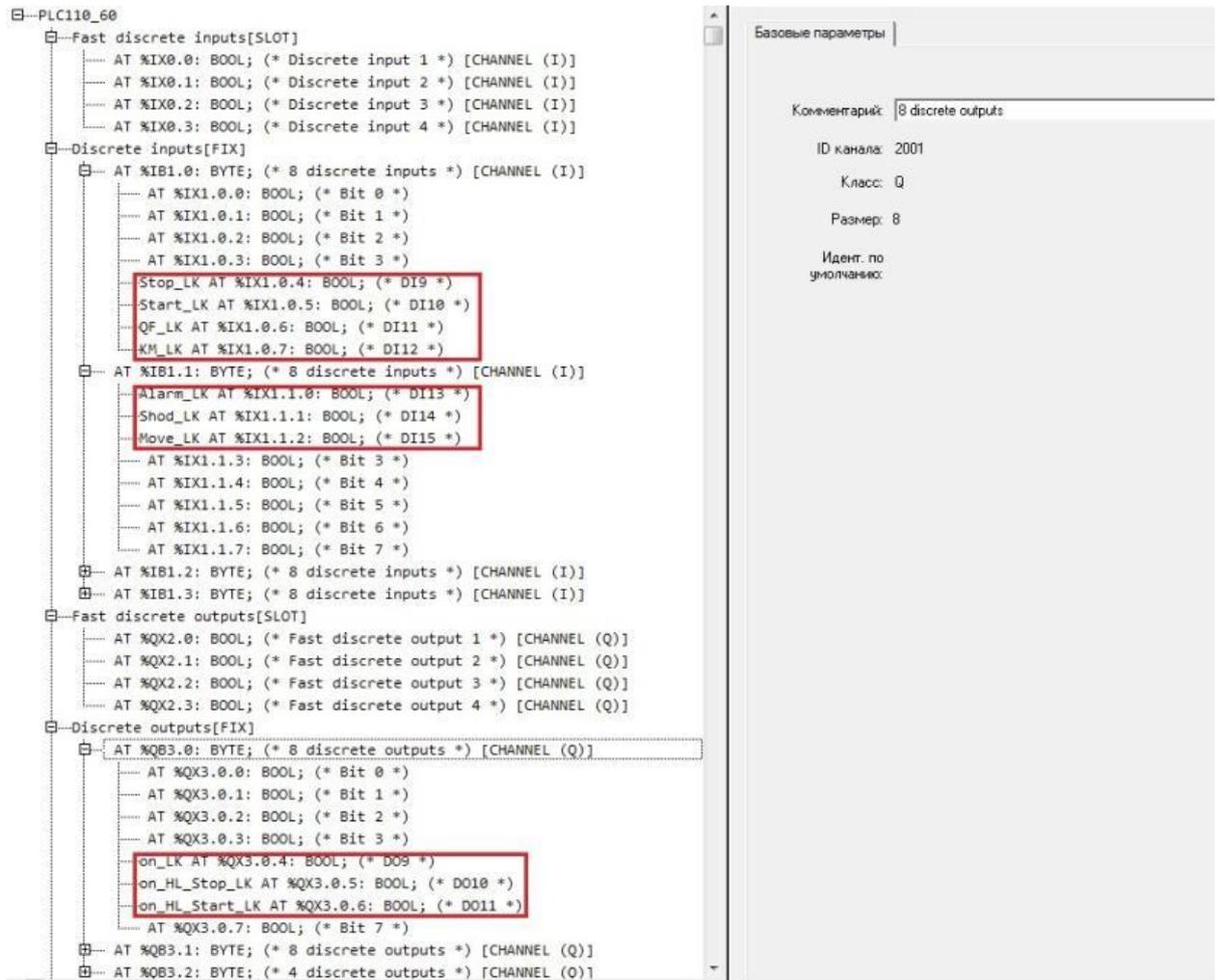


Рис.6. Конфигурация ПЛК с сигналами для ленточного конвейера

Теперь, когда создан блок PRIVOD и объявлены переменные для работы с ленточным конвейером, мы можем создать экземпляр блока PRIVOD для ленточного конвейера. Вызов блока управления ленточным конвейером (*LK*) приведен на рис.7.

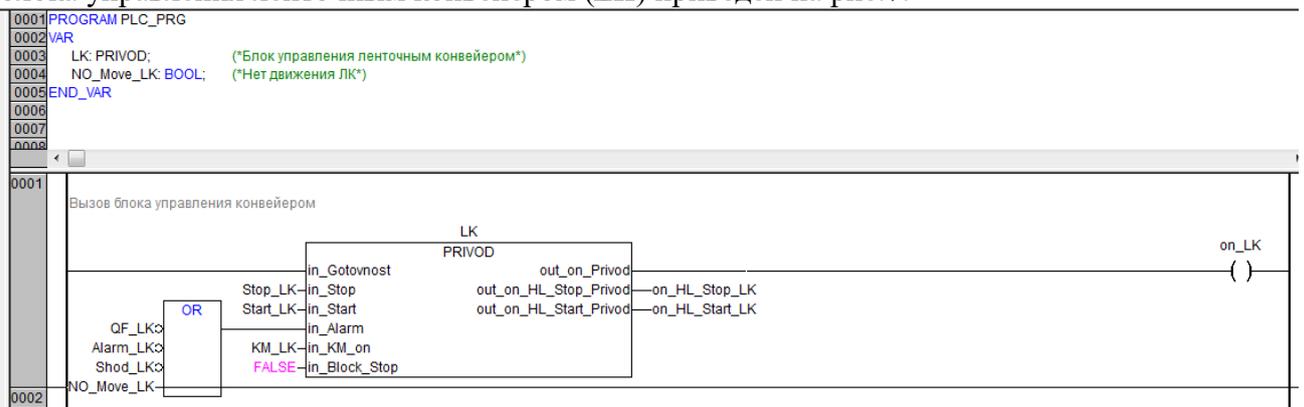


Рис.7. Вызов блока управления ленточным конвейером (LK)

При компиляции проекта ошибок быть не должно. В случае их возникновения внимательно проверьте правильность написания имен всех переменных. После подключения (*Онлайн – Подключение*) в режиме эмуляции (должна быть установлена метка *Режим эмуляции* в меню *Онлайн*) и выставления в конфигурации ПЛК значений переменных *QF_LK*, *Alarm_LK* и *Shod_LK* в значение **TRUE**, вы сможете включать и отключать ленточный конвейер (DO9 в конфигурации ПЛК) с помощью кнопок (сигналов)

Stop_LK и Start_LK.

По аналогии с блоком ленточного конвейера создадим экземпляр блока шлюзового питателя, назовем его *PIT*, и вызовем его в *PLC_PRG*. Для шлюзового питателя будет использоваться кнопка аварийного останова (вместо троса безопасности), сход ленты использоваться не будет (вход необходимо оставить под резерв), датчик движения функционирует аналогичным образом. Соответственно, нужно объявить переменные для питателя (с постфиксом Pit) в конфигурации ПЛК с резервным входом (точней двумя, с учетом отсутствия сигнала схода ленты) и резервным выходом (рис. 8). А затем необходимо сделать вызов блока с учетом того, что шлюзовой питатель может быть запущен только спустя 3 секунды после запуска ленточного конвейера (рис. 9).

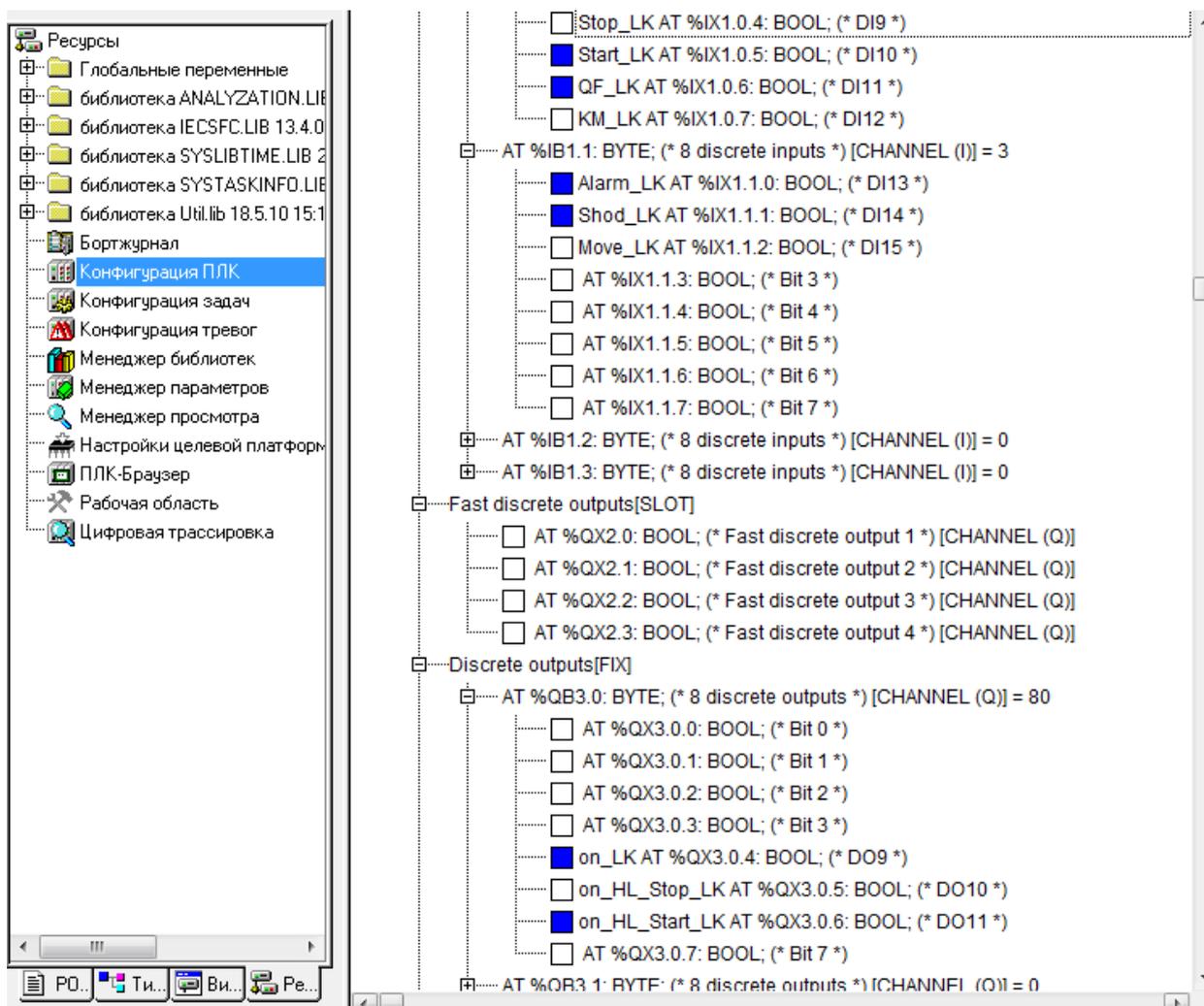


Рис. 8. Управление ленточным конвейером через ресурс «Конфигурация ПЛК»

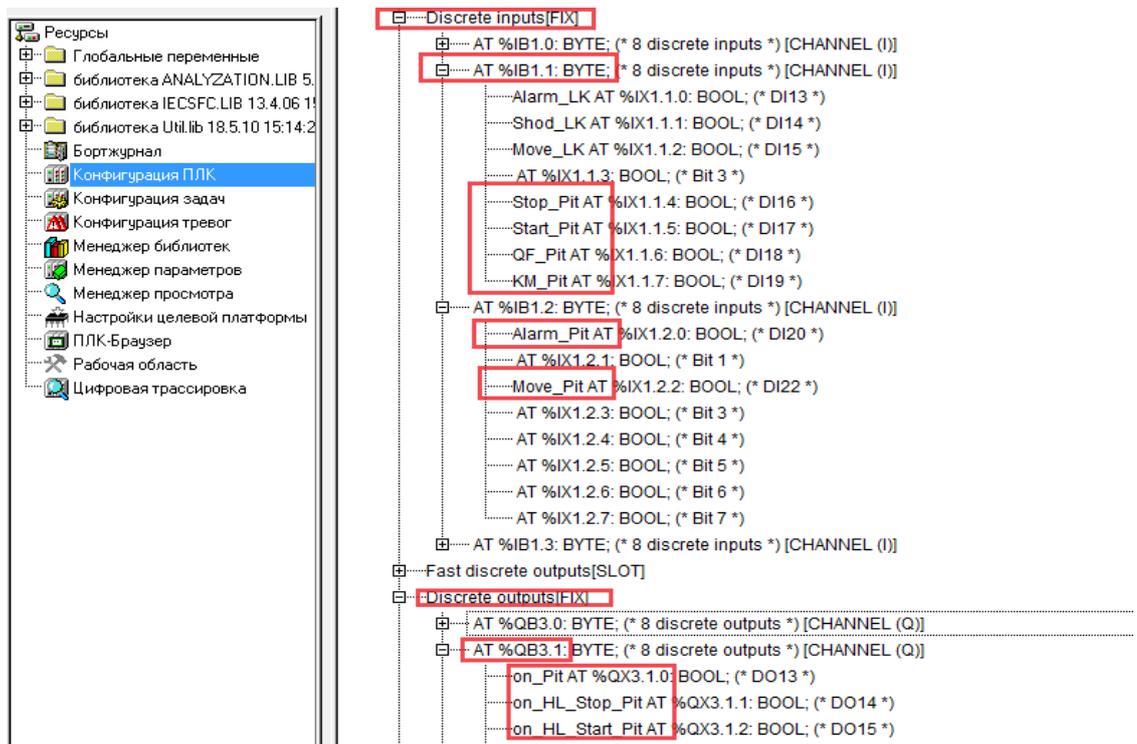


Рис.9. Конфигурация ПЛК с сигналами для шлюзового питателя

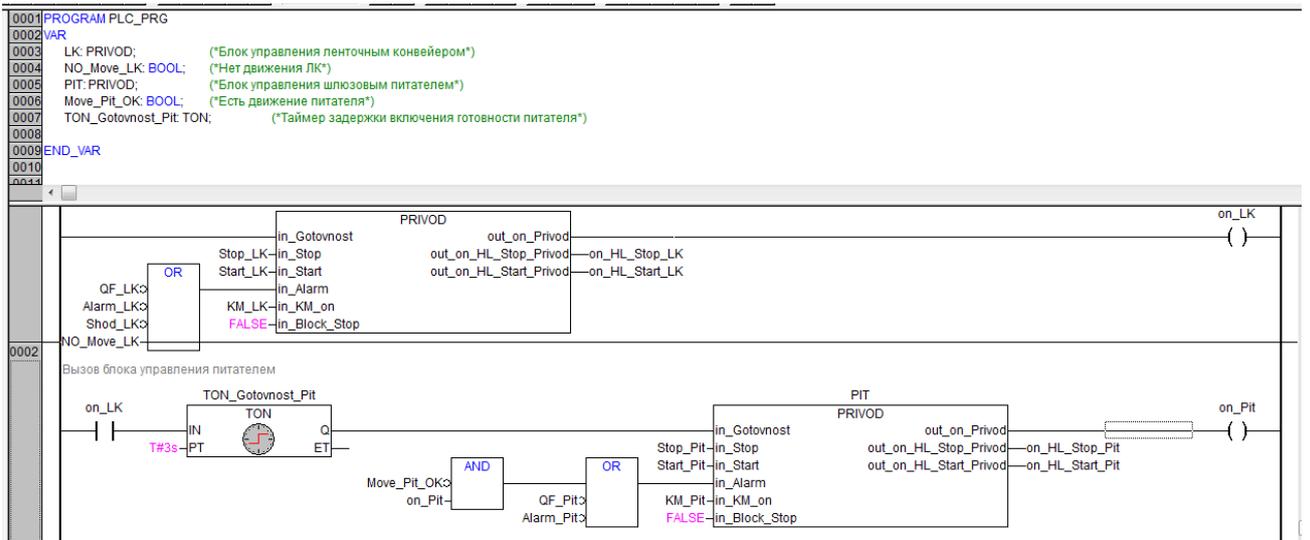


Рис.10. Вызов блока управления шлюзовым питателем (Pit)

Так как входные сигналы ПЛК мы не можем изменять из программы, цепь самоподхвата будет работать некорректно, пока мы не подключим реальный ПЛК и реальный контактор (или хотя бы реле). Поэтому в программе *PLC_PRG* нужно сделать имитацию срабатывания контактора (вставить после каждого из блоков). Логика проста: если есть сигнал на включение соответствующего агрегата, то наш «виртуальный контактор» срабатывает. Эти сигналы нужно подать через блок **OR** вместе с физическим сигналом на соответствующий вход блоков *LK* и *PIT*. В результате цепь самоподхвата станет работать аналогично реальной ситуации (рис. 11).

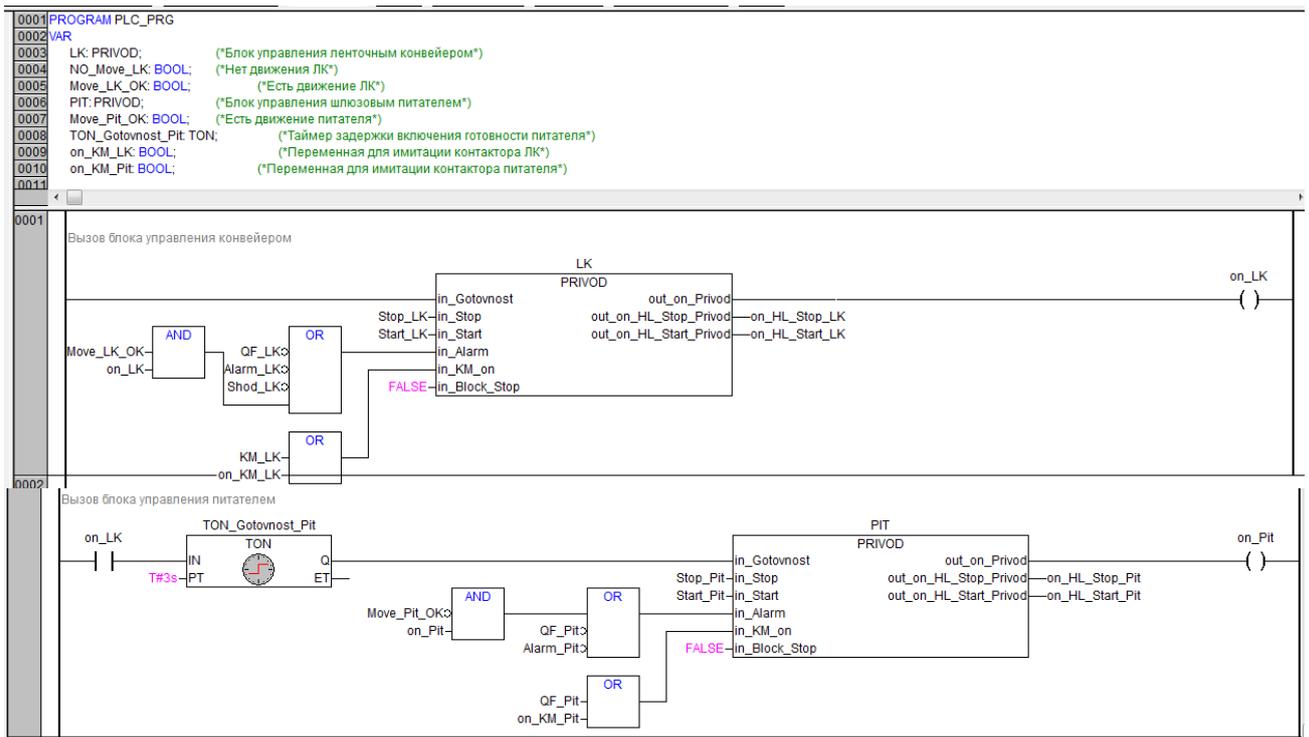


Рис. 11. Имитация срабатывания контакторов *LK* и *PIT*

Кроме того, необходимо реализовать имитацию включения катушки и дополнительного контакта ленточного конвейера и шлюзового питателя (рис.12).

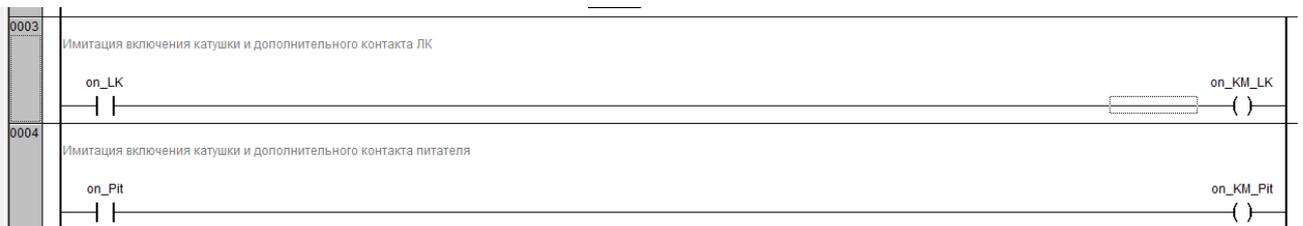


Рис. 12. Имитация включения катушки и дополнительного контакта *LK* и *PIT*

Примечание: если мы просто включим сигнал *in_KM* на входе ПЛК для соответствующего привода, то он будет запускаться без кнопки старт.

Кроме того, не будет и адекватной отработки сигнала с датчика движения, потому что он должен появляться и пропадать с определенной частотой. Таким образом, необходимо реализовать имитацию датчика движения и отработку аварии по отсутствию движения. Имитацию можно осуществить простым блоком **BLINK**, на вход которого будет приходить сигнал датчика с входа ПЛК. При этом время импульса и время паузы в реальной ситуации соответствуют времени появления сигнала и времени отсутствия, и в сумме должны составлять приблизительно один период вращения вала агрегата, на котором установлен датчик. Обработка этого сигнала также довольно проста: если при включенном приводе в течении 2-3 периодов вращения вала нет изменения сигнала датчика, то необходимо сформировать сигнал аварии и отключить привод.

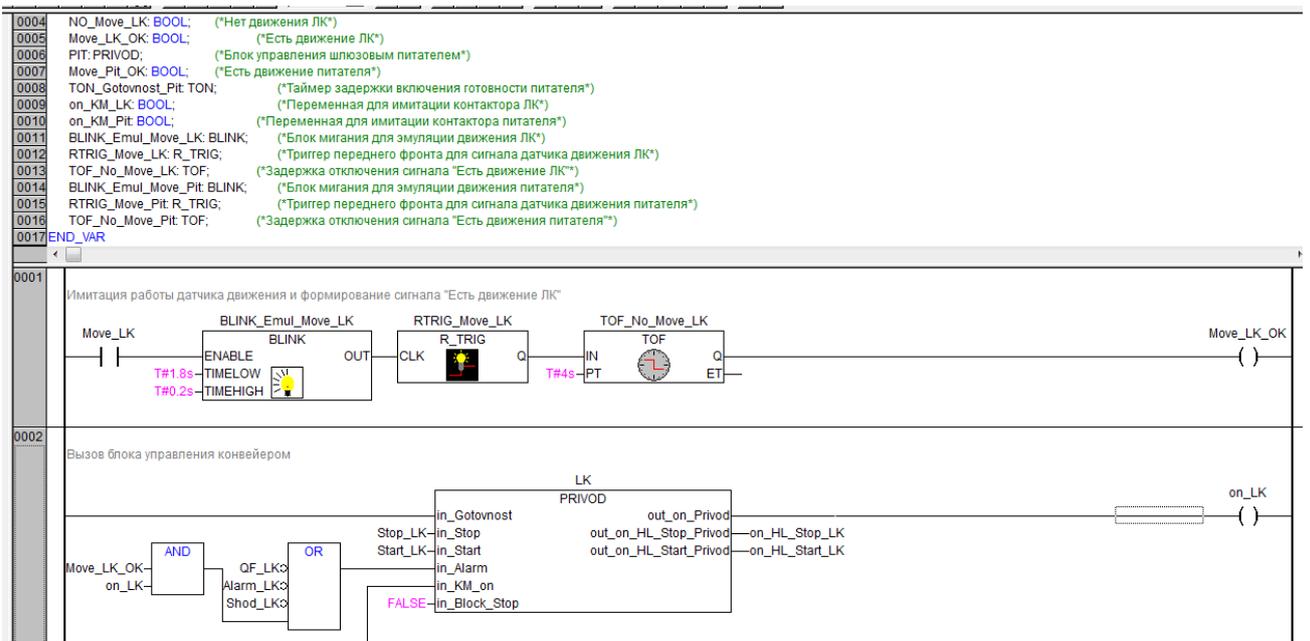


Рис. 12. Имитация датчика движения и формирование сигнала «Есть движение ЛК»

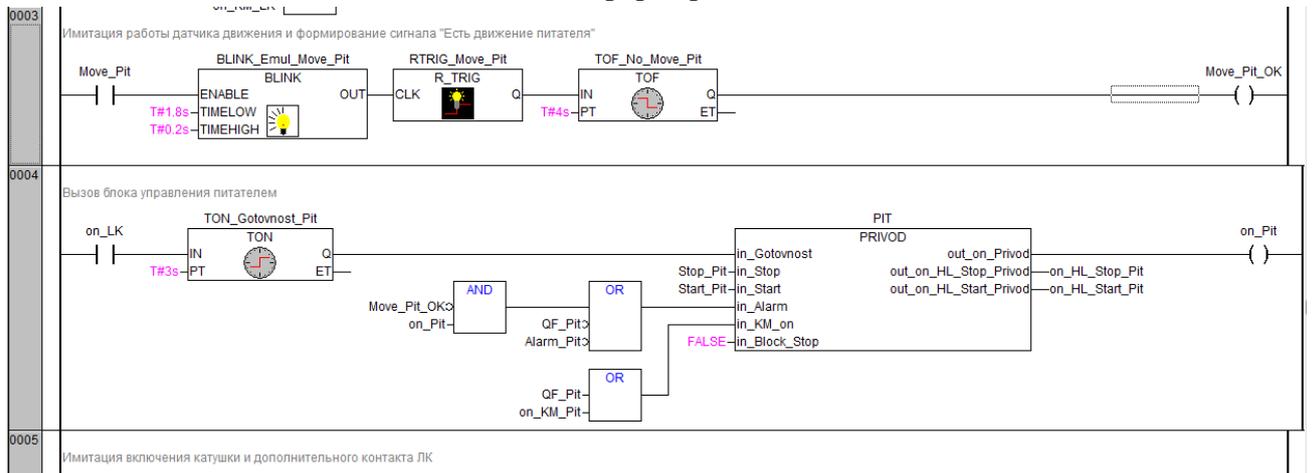


Рис. 13. Имитация датчика движения и формирование сигнала «Есть движение шлюзового питателя»

3. Реализация фиксации аварии и квитирования аварийной ситуации

Фиксация аварии подразумевает, что при возникновении аварийной ситуации сигнал аварии фиксируется и не сбрасывается автоматически после устранения причин аварии, а сбрасывается только по специальному сигналу. Это может быть кнопка на посту управления оператора или сигнал из SCADA-системы.

Предположим, что для сброса аварии используется кнопка, нормально открытый контакт которой подает сигнал на 8 вход контроллера (назовите переменную *Reset_Alarm*). Таким образом, нужно зафиксировать сигнал аварии и сбрасывать его только после устранения всех неполадок **и нажатия кнопки «Сброс аварии»**. Отсутствие движения при этом в учет не брать – данный сигнал может появиться только после запуска агрегата.

Кроме того, нужно известить персонал о наличии аварии включением звуковой сигнализации, которая будет включаться выходом 8 (назовите переменную *on_Sound_Signal*).

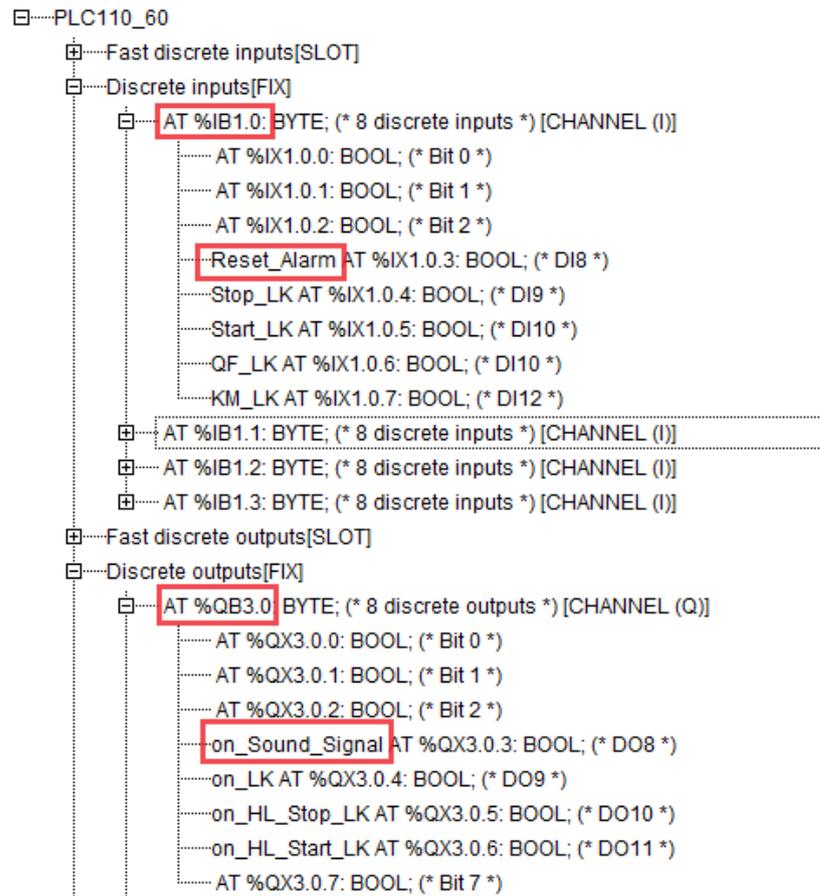


Рис. 14. Введение переменных *Reset_Alarm* и *on_Sound_Signal* в конфигурацию контроллера

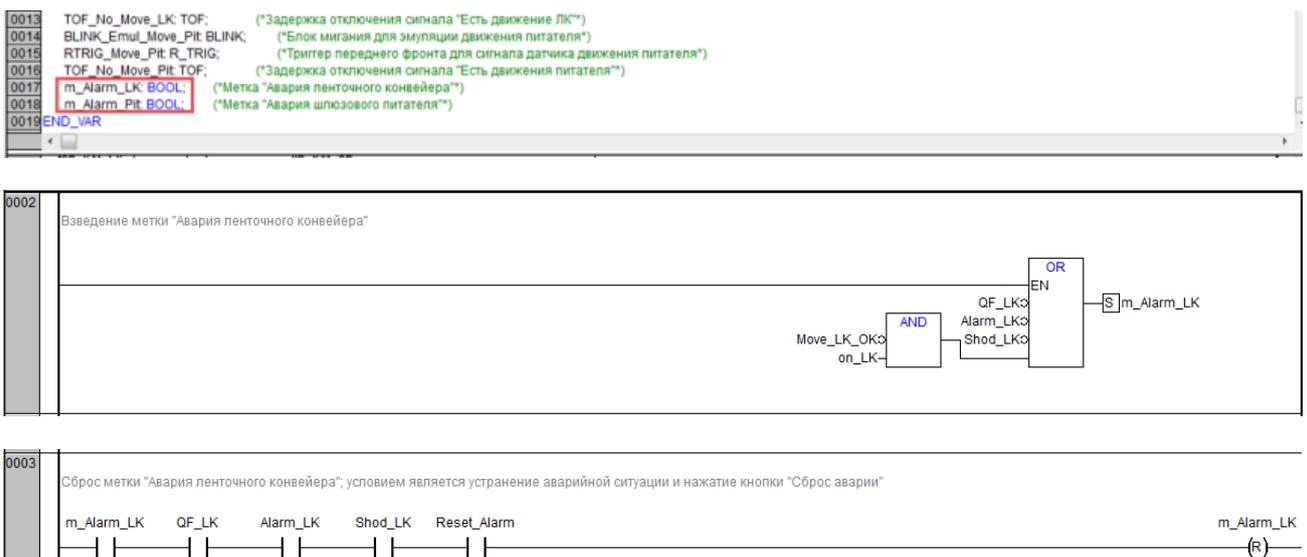




Рис. 15. Фиксация аварии ленточного конвейера

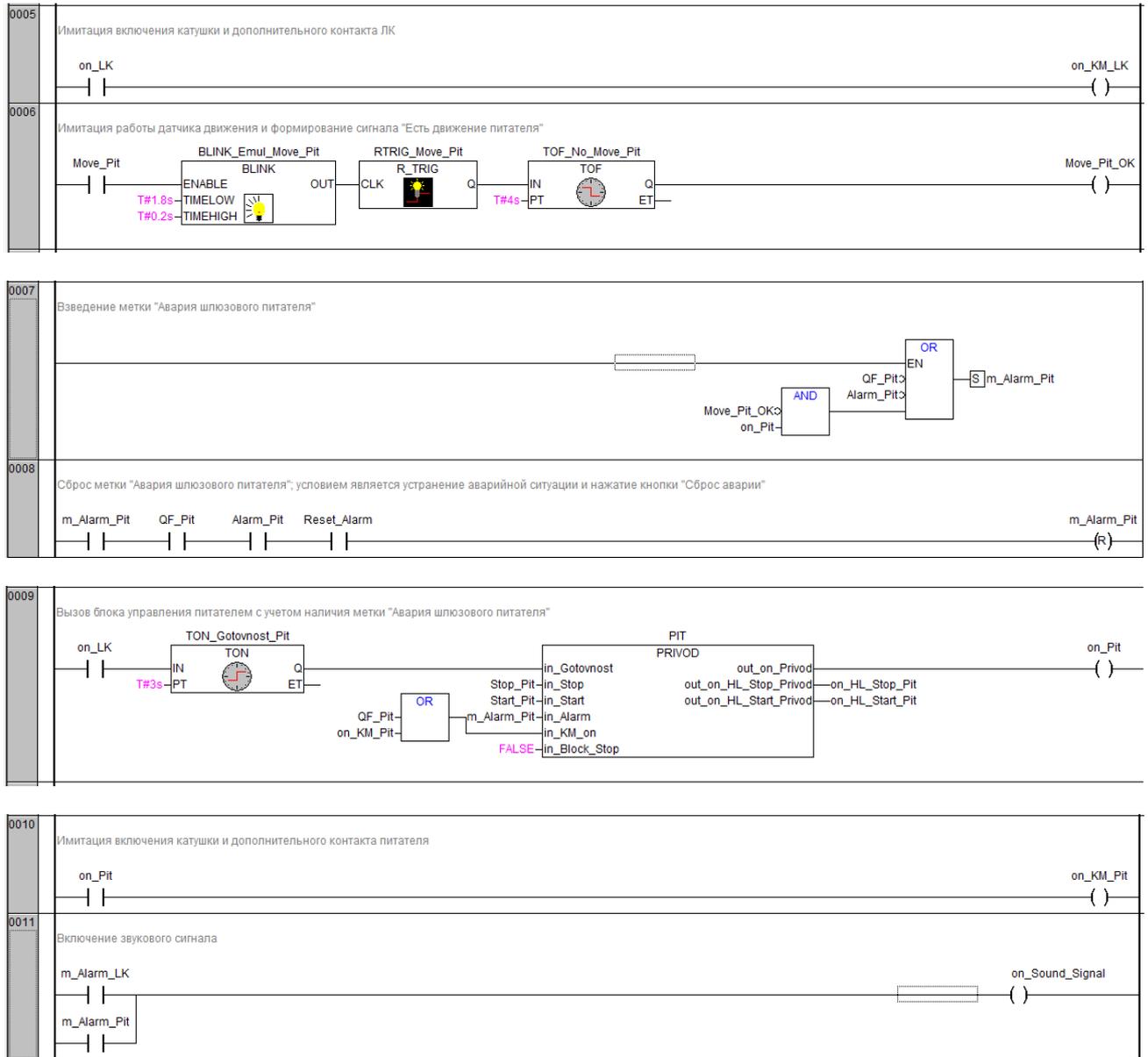


Рис. 16. Фиксация аварии шлюзового питателя и реализация включения звукового сигнала

4. Реализация предупредительной сигнализации

Предупредительная сигнализация является необходимым условием запуска технологической линии. Первый агрегат можно запустить только после проведения предупредительной

сигнализации. Таким образом, на вход готовности первого привода сигнал будет идти не напрямую, а с соответствующим логическим условием.

Предположим, что для включения предпусковой сигнализации используется кнопка, нормально открытый контакт которой подает сигнал на 7 вход контроллера (назовите переменную *Start_Warn*). Таким образом, *при нажатии кнопки «Предпусковая сигнализация»* нужно включить предпусковую сигнализацию на определенное время (примем его равным 5 секунд) и по окончании предпусковой сигнализации дать готовность к запуску первому приводу (в нашем случае, ленточному конвейеру). Пусть с кнопкой предпусковой сигнализации совмещена лампа предпусковой сигнализации, которая включается выходом 7 ПЛК (назовите переменную *on_HL_Start_Warn*). Эта лампа должна мигать, если предпусковая сигнализация не было проведена, и гореть – если предпусковая сигнализация уже прошла.

Кроме того, нужно известить персонал о начале запуска линии включением звуковой сигнализации, которая будет включаться выходом 8 (переменная *on_Sound_Signal* была введена ранее).

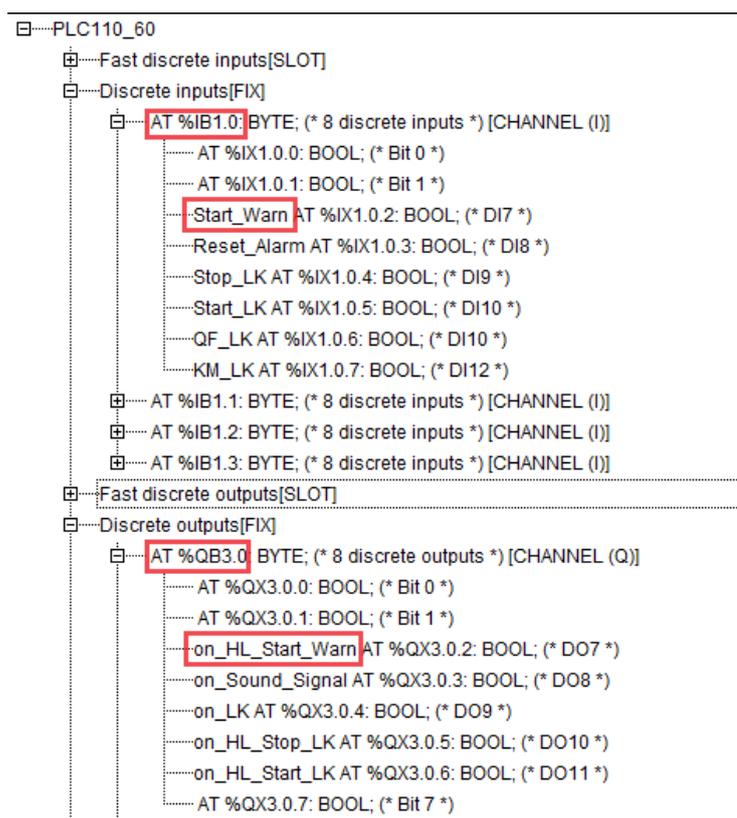


Рис. 17. Введение переменных *Start_Warn* и *on_HL_Start_Warn* в конфигурацию контроллера

```

0001 PROGRAM PLC_PRG
0002 VAR
0003   LK: PRIVOD;           (*Блок управления ленточным конвейером*)
0004   NO_Move_LK: BOOL;    (*Нет движения ЛК*)
0005   Move_LK_OK: BOOL;    (*Есть движение ЛК*)
0006   PIT: PRIVOD;        (*Блок управления шлюзовым питателем*)
0007   Move_Pit_OK: BOOL;   (*Есть движение питателя*)
0008   TON_Gotovnost_Pit: TON; (*Таймер задержки включения готовности питателя*)
0009   on_KM_LK: BOOL;      (*Переменная для имитации контактора ЛК*)
0010   on_KM_Pit: BOOL;     (*Переменная для имитации контактора питателя*)
0011   BLINK_Emul_Move_LK: BLINK; (*Блок мигания для эмуляции движения ЛК*)
0012   RTRIG_Move_LK: R_TRIG; (*Триггер переднего фронта для сигнала датчика движения ЛК*)
0013   TOF_No_Move_LK: TOF; (*Задержка отключения сигнала "Есть движение ЛК"*)
0014   BLINK_Emul_Move_Pit: BLINK; (*Блок мигания для эмуляции движения питателя*)
0015   RTRIG_Move_Pit: R_TRIG; (*Триггер переднего фронта для сигнала датчика движения питателя*)
0016   TOF_No_Move_Pit: TOF; (*Задержка отключения сигнала "Есть движение питателя"*)
0017   m_Alarm_LK: BOOL;    (*Метка "Авария ленточного конвейера"*)
0018   m_Alarm_Pit: BOOL;   (*Метка "Авария шлюзового питателя"*)
0019   RTRIG_Start_Warn: R_TRIG; (*Триггер переднего фронта кнопки "Пусковая сигнализация"*)
0020   TP_Start_Warn: TP;    (*Импульс предпусковой сигнализации*)
0021   m_on_Start_Warn: BOOL; (*Сигнал включения предпусковой сигнализации*)
0022   FTRIG_Start_Warn: F_TRIG; (*Триггер заднего фронта включения предпусковой сигнализации*)
0023   m_Start_Warn_Ok: BOOL; (*Метка "Предпусковая сигнализация проведена"*)
0024   FTRIG_on_LK: F_TRIG; (*Триггер отключения ЛК*)
0025   BLINK_HL_Start_Warn: BLINK; (*Мигание лампы предпусковой сигнализации*)
0026 END_VAR

```

Рис. 18. Введение дополнительных локальных переменных для реализации предпусковой сигнализации

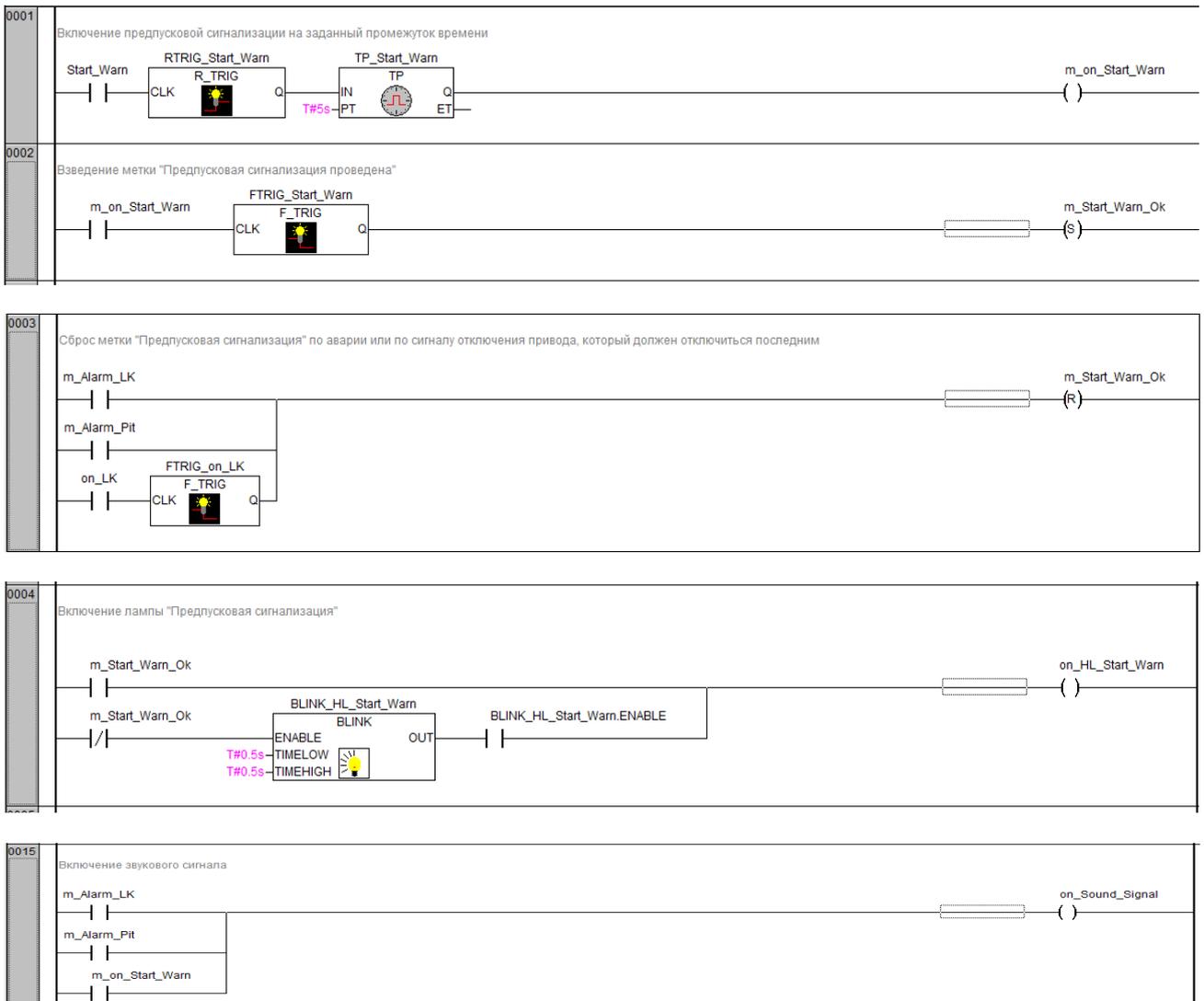


Рис. 19. Реализация предпусковой сигнализации

5. Реализация наладочного режима работы

Наладочный режим работы предусмотрен для отладки и ремонта оборудования с местных постов управления. При этом работы осуществляются без материала и последовательность запуска и останова игнорируется. Включается данный режим работы как правило ключ-биркой, которую ремонтный персонал уносит с собой – чтобы исключить возможность запуска оборудования с поста оператора. Подчеркнем еще раз: в наладочном режиме запуск возможен только с местных постов управления. Предположим, нормально открытый сигнал с ключ-бирки **«Наладка»** подает сигнал на 6 вход ПЛК (назовите переменную *Naladka*).

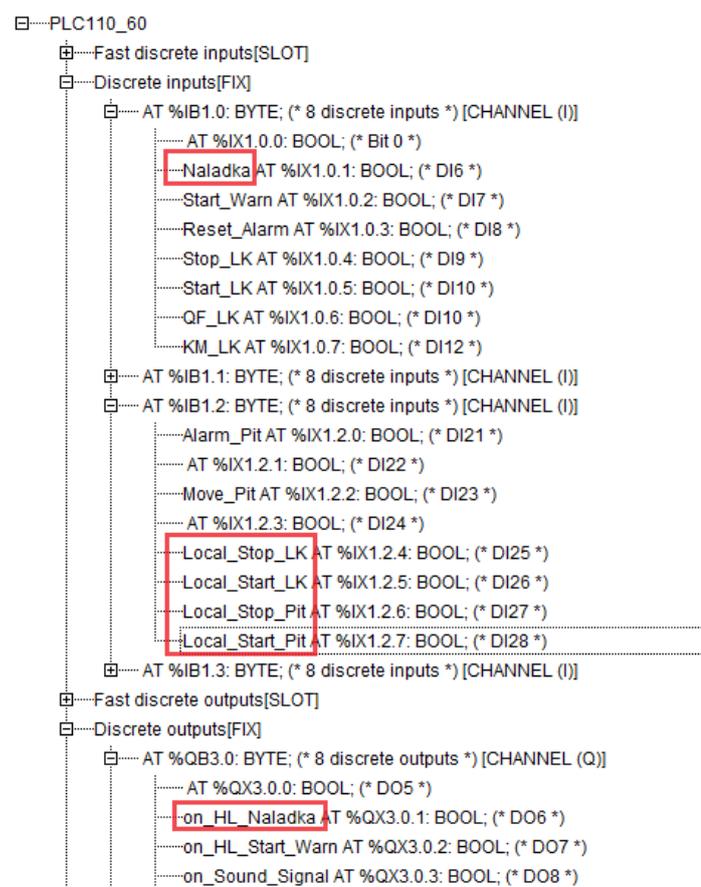


Рис. 20. Введение новых переменных в конфигурацию контроллера для реализации наладочного режима

Предположим, что местный пост подключен к входам 25-28 и состоит из четырех кнопок (назовите переменные аналогично используемым именам пусковых и стоповых кнопок с префиксом *Local_*). Таким образом, **при переходе в режим «Наладка»** нужно заблокировать сигналы с поста оператора и передать управления на местный пост, а также снять ограничения на последовательности останова и запуска. Если при технической реализации местного поста управления используются кнопки с подсветкой, то сигналы для ламп зачастую берутся параллельно аналогичным сигналам ламп на poste оператора, поэтому отдельно программировать выходы не будем. Однако для оператора нужно предусмотреть лампу «Наладка», которая будет включаться выходом 6 ПЛК (назовите переменную *on_HL_Naladka*).

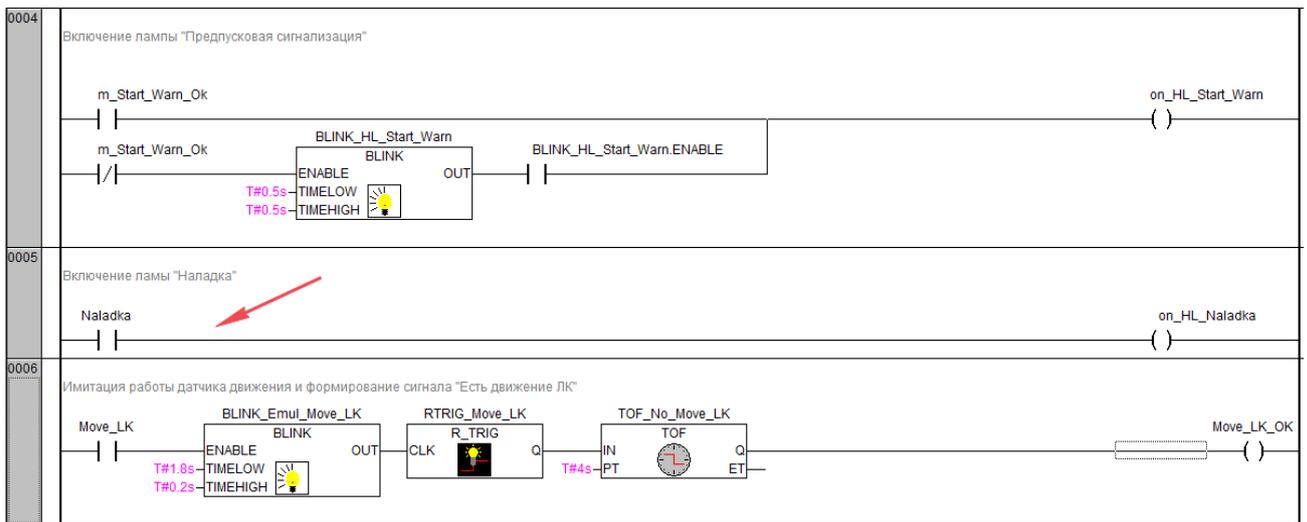


Рис. 21. Включение лампы «Наладка»

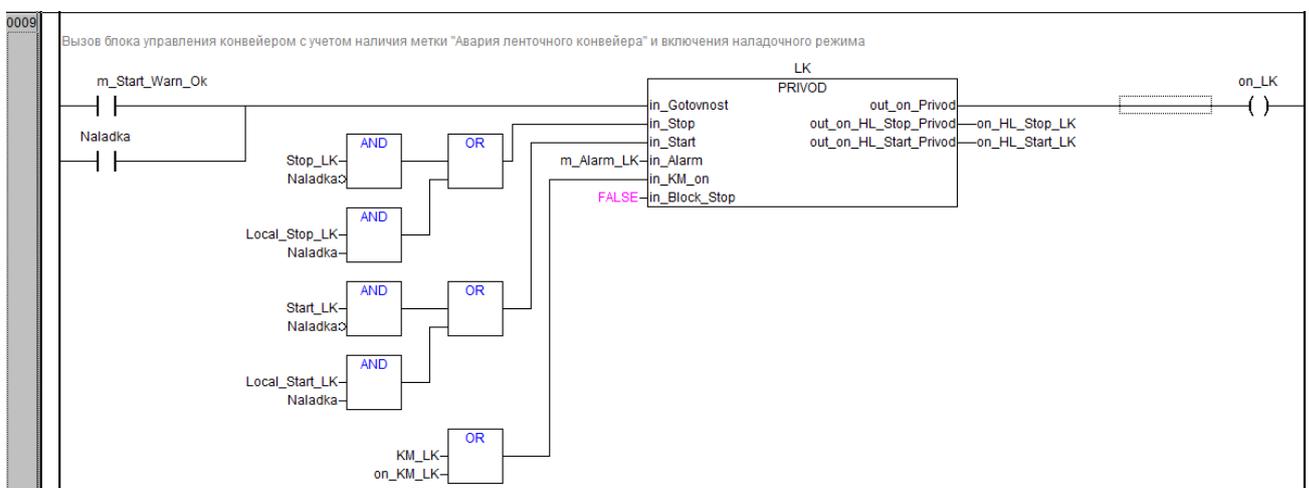


Рис. 22. Вызов блока управления конвейером с учетом наличия метки «Авария ленточного конвейера» и включения наладочного режима (цепи перед ним без изменений)

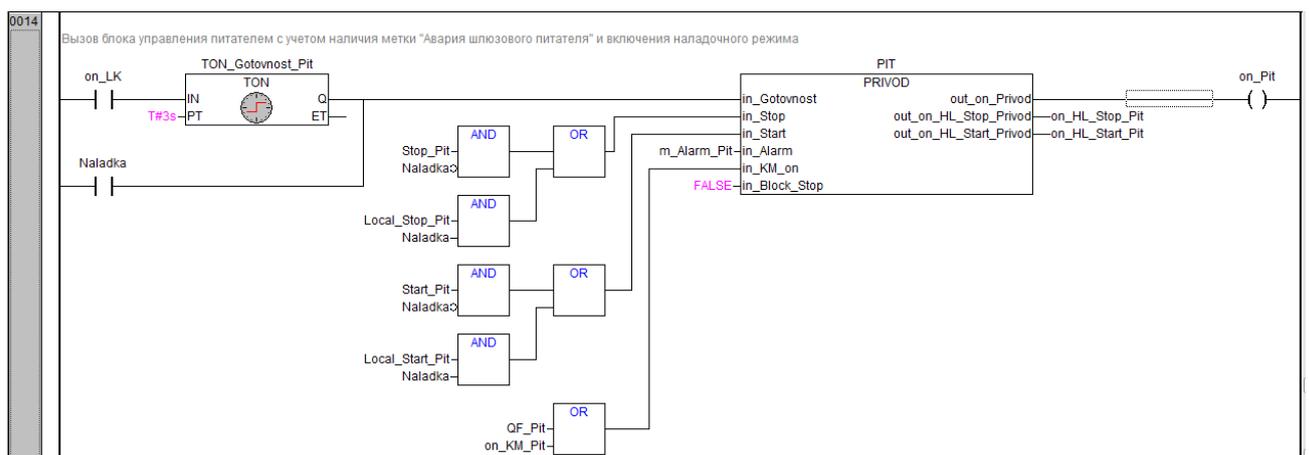


Рис. 23. Вызов блока управления питателем с учетом наличия метки «Авария ленточного конвейера» и включения наладочного режима (цепи перед ним и после без изменений)

6. Реализация автоматического режима работы

Автоматический режим работы предусмотрен для автоматического запуска всего оборудования в соответствии технологией. Включается данный режим работы как правило переключателем или ключ-биркой. Предположим, нормально открытый сигнал с переключателя «Автом» подает сигнал на 5 вход ПЛК (назовите переменную *Auto_Start*).

Запуск и останов линии при этом будет осуществляться кнопками «Общий ПУСК» и «Общий «СТОП», которые будут подавать соответствующие сигналы на входы 1 и 2 ПЛК (назовите переменные *Start_All* и *Stop_All*). Таким образом, *при переходе в режим «Автом»* нужно организовать запуск и останов приводов по технологической цепочке. При этом нужно учесть, что ленточный конвейер может быть остановлен только после останова ленточного питателя.

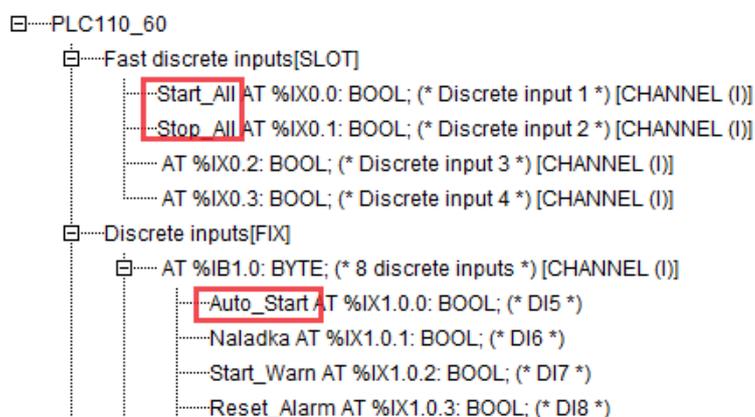


Рис. 24. Введение новых переменных в конфигурацию контроллера для реализации автоматического режима

Address	Variable	Description
0002	VAR	
0003	LK: PRIVOD;	(*Блок управления ленточным конвейером*)
0004	NO_Move_LK: BOOL;	(*Нет движения ЛК*)
0005	Move_LK_OK: BOOL;	(*Есть движение ЛК*)
0006	PIT: PRIVOD;	(*Блок управления шлюзовым питателем*)
0007	Move_Pit_OK: BOOL;	(*Есть движение питателя*)
0008	TON_Gotovnost_Pit: TON;	(*Таймер задержки включения готовности питателя*)
0009	on_KM_LK: BOOL;	(*Переменная для имитации контактора ЛК*)
0010	on_KM_Pit: BOOL;	(*Переменная для имитации контактора питателя*)
0011	BLINK_Emul_Move_LK: BLINK;	(*Блок мигания для эмуляции движения ЛК*)
0012	RTRIG_Move_LK: R_TRIG;	(*Триггер переднего фронта для сигнала датчика движения ЛК*)
0013	TOF_No_Move_LK: TOF;	(*Задержка отключения сигнала "Есть движение ЛК"*)
0014	BLINK_Emul_Move_Pit: BLINK;	(*Блок мигания для эмуляции движения питателя*)
0015	RTRIG_Move_Pit: R_TRIG;	(*Триггер переднего фронта для сигнала датчика движения питателя*)
0016	TOF_No_Move_Pit: TOF;	(*Задержка отключения сигнала "Есть движения питателя"*)
0017	m_Alarm_LK: BOOL;	(*Метка "Авария ленточного конвейера"*)
0018	m_Alarm_Pit: BOOL;	(*Метка "Авария шлюзового питателя"*)
0019	RTRIG_Start_Warn: R_TRIG;	(*Триггер переднего фронта кнопки "Пусковая сигнализация"*)
0020	TP_Start_Warn: TP;	(*Импульс предупредительной сигнализации*)
0021	m_on_Start_Warn: BOOL;	(*Сигнал включения предупредительной сигнализации*)
0022	FTRIG_Start_Warn: F_TRIG;	(*Триггер заднего фронта включения предупредительной сигнализации*)
0023	m_Start_Warn_Ok: BOOL;	(*Метка "Предупредительная сигнализация проведена"*)
0024	FTRIG_on_LK: F_TRIG;	(*Триггер отключения ЛК*)
0025	BLINK_HL_Start_Warn: BLINK;	(*Мигание лампы предупредительной сигнализации*)
0026	m_Alarm: BOOL;	(*Метка аварии, включается при наличии любой аварии в системе*)
0027	m_Stop_All: BOOL;	(*Метка общего останова*)
0028	m_Start_All: BOOL;	(*Метка общего пуска*)
0029	FTRIG_Stop_All: F_TRIG;	(*Триггер отключения ленточного конвейера*)
0030	TOF_Reset_Stop_All: TOF;	(*Задержка отключения сброса метки общего останова*)
0031	TOF_Block_Stop_LK: TOF;	(*Задержка отключения ЛК*)
0032	END VAR	

Рис. 25. Введение дополнительных локальных переменных для реализации автоматического режима

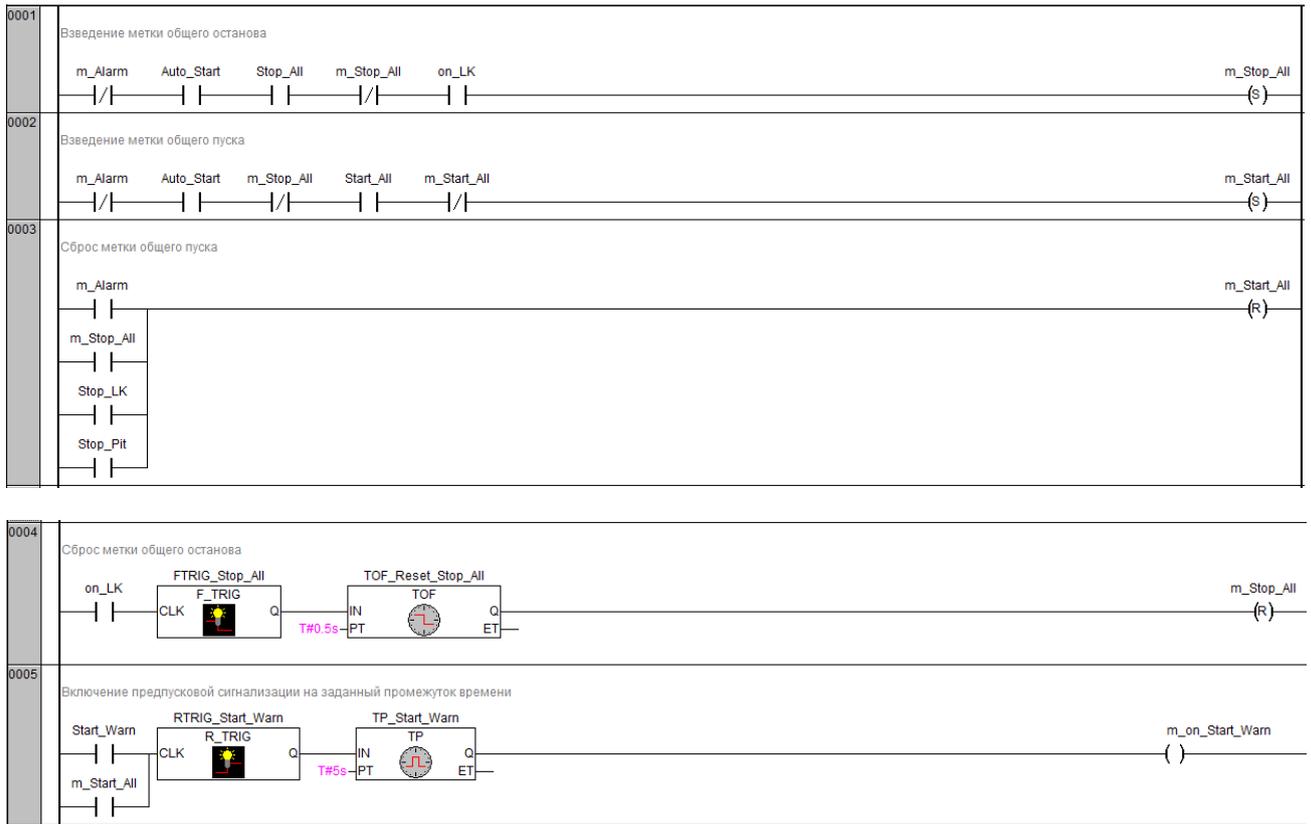


Рис. 26. Введение и сброс меток общего пуска и останова

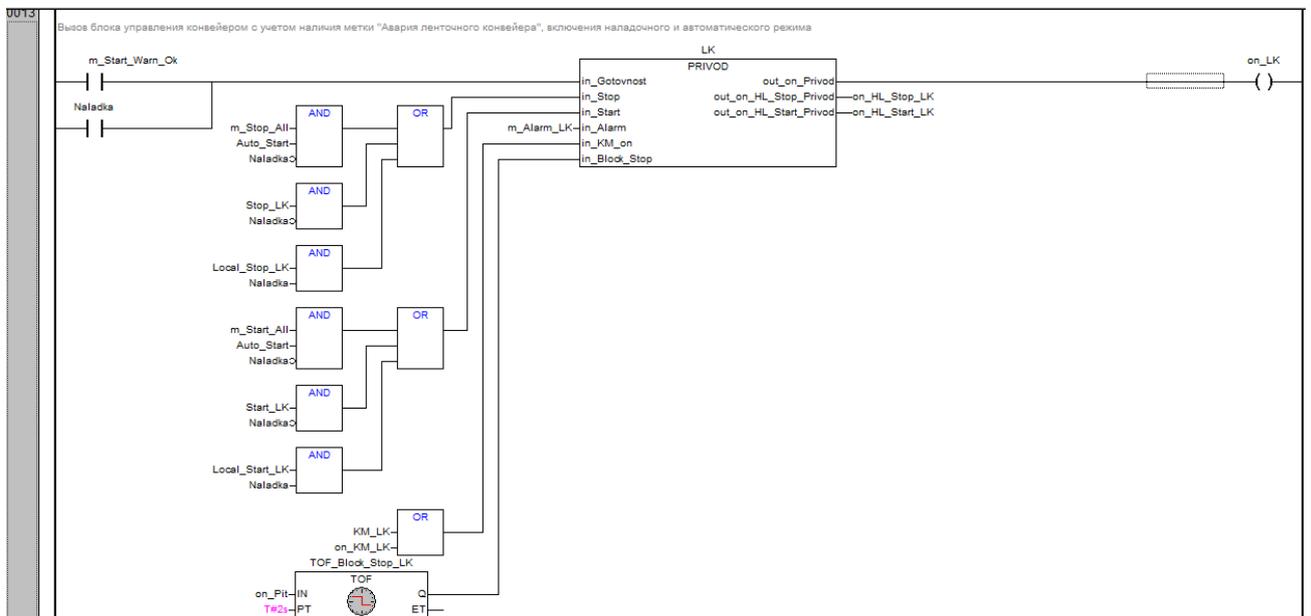


Рис. 27. Вызов блока управления конвейером с учетом наличия метки «Авария ленточного конвейера», включения наладочного и автоматического режима

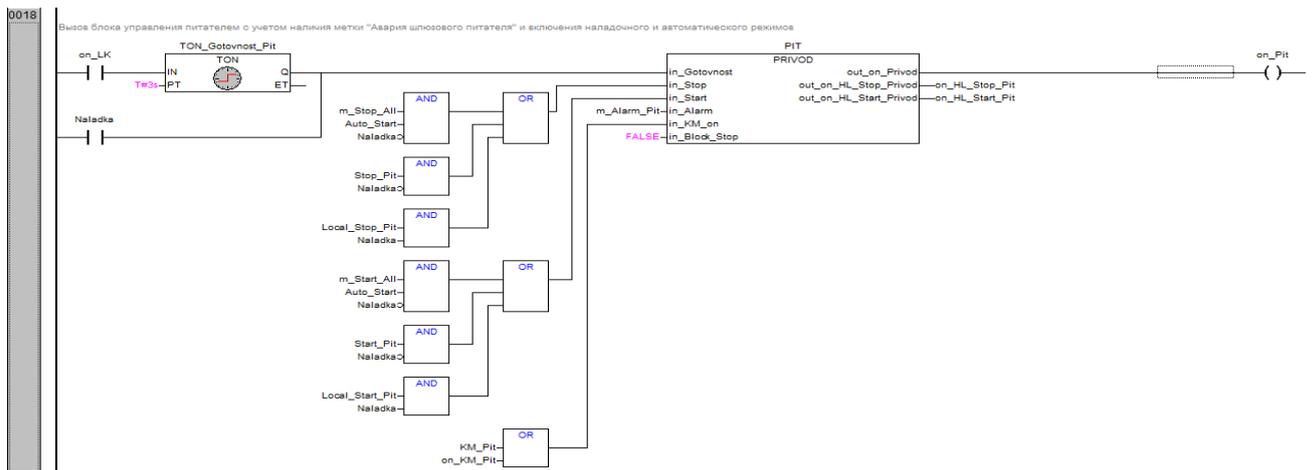


Рис. 28. Вызов блока управления питателем с учетом наличия метки «Авария шлюзового питателя», включения наладочного и автоматического режима

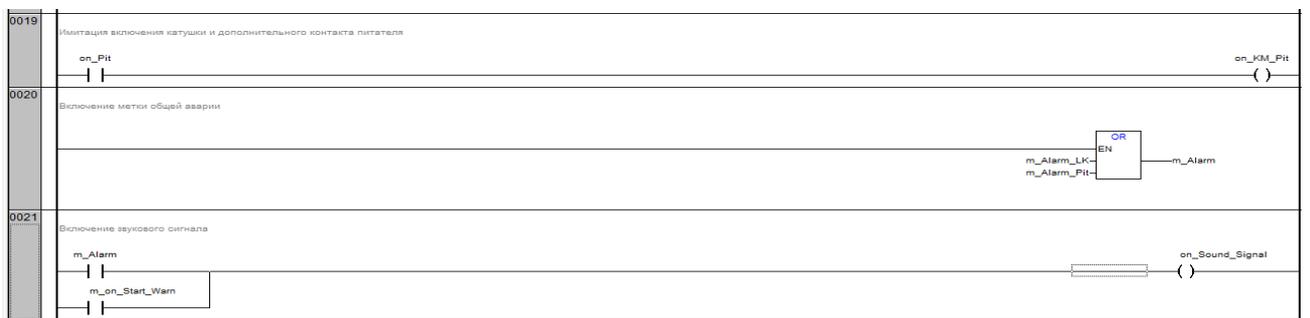


Рис. 29. Включение метки общей аварии и звукового сигнала с ее учетом

На основе конечного проекта в дальнейшем будет построена визуализация, позволяющая управлять технологической линией.

Практическая работа №4

Визуализация системы управления ленточным конвейером в CoDeSys

Внимание: в этой части практикума в качестве основы используется полный проект, выполненный в результате работы над первой частью (ПР №3).

Под термином «визуализация» будем понимать графический человеко-машинный интерфейс, представляющий собой набор условных изображений технологического процесса и его стадий, называемых «мнемосхемами», с отображением значимых технологических параметров и ситуаций, а также средств взаимодействия с автоматизированной системой управления.

На мнемосхемах изображаются (условно) агрегаты технологической линии. Чаще всего создается основная мнемосхема, на которой изображается вся технологическая цепочка и наиболее важные технологические параметры, а также набор мнемосхем для каждого агрегата, на которых можно отследить и задать технические параметры его работы. Также могут быть созданы отдельные мнемосхемы для энергоучета, формирования различного рода отчетности и т.д.

Визуализация на платформе контроллера имеет существенно меньше возможностей по сравнению с визуализацией SCADA-системы. Кроме того, дополнительные возможности контроллера (формирование отчетности, хранение данных и т.д.) на порядок ниже возможностей промышленного компьютера. Однако, для нужд небольших систем управления их может быть вполне достаточно, и тогда визуализация, реализуемая в контроллере может использоваться для отображения и управления с помощью графической панели оператора.

Основное назначение визуализации – организация рационального и эргономичного взаимодействия оператора и системы управления. Поэтому организация ее объектов должна быть предельно проста и информативна.

Для создания визуализации в CoDeSys нужно перейти на вкладку **Визуализация** в организаторе проекта и в контекстном меню выбрать *Добавить объект*. Создайте визуализацию и назовите ее **PLC_VISU** (это имя визуализации по умолчанию, которая будет запускаться при старте контроллера). В свойствах созданного объекта на вкладке **Визуализация** вы можете указать тип визуализации. **Управляющая панель** – это визуализация, автоматически отображаемая на всех других визуализациях. Это может быть меню, критически важные технологические параметры и т.д. **Визуализация без управляющей панели** – это визуализация, в которой не отображается имеющаяся в проекте управляющая панель. И наконец, **Визуализация** – это стандартный объект визуализации. Для PLC_VISU оставляем это свойство без изменений.

Для вставки элементов в окно визуализации следует воспользоваться панелью элементов, расположенных над окном. Изобразим ленточный конвейер, для чего используем элемент **Прямоугольник со скругленными углами**. При двойном щелчке на созданном объекте (или выборе пункта контекстного меню **Конфигурировать**) появляется окно **Конфигурирование элемента**. На вкладках этого окна задаются свойства выбранного объекта и привязываются переменные проекта, управляющие и управляемые этим объектом.

На вкладке **Форма** определяется форма фигуры (рис.1).

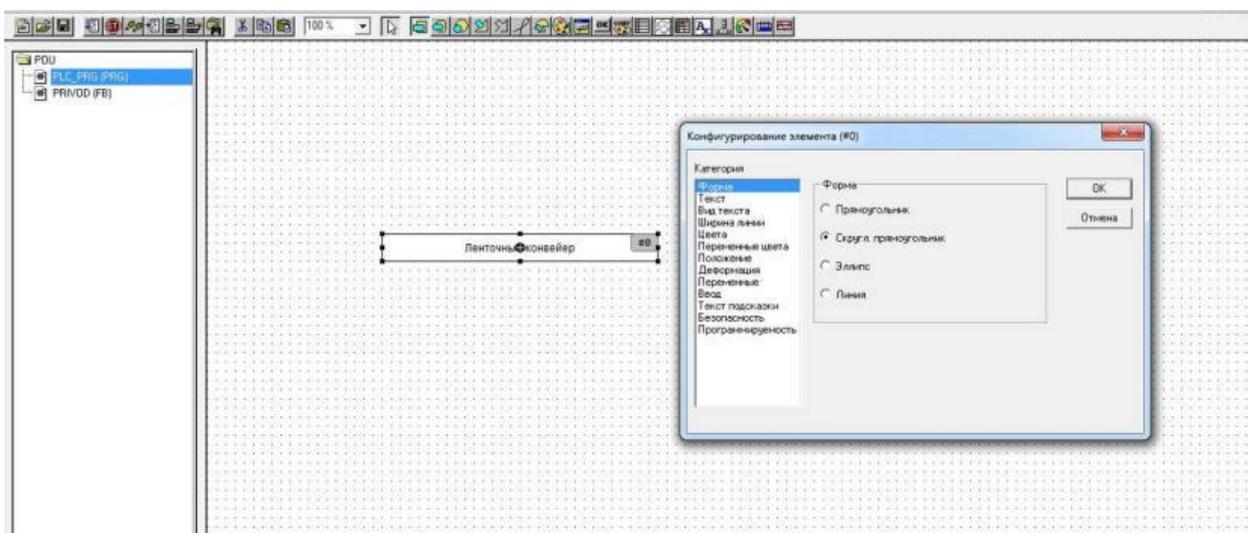


Рис.1. Вкладка «Форма» окна «Конфигурирование элемента»

На вкладке **Текст** задается текст, связанный с элементом, а также параметры этого текста. Для данного элемента нужно написать текст «Ленточный конвейер» (рис.2).

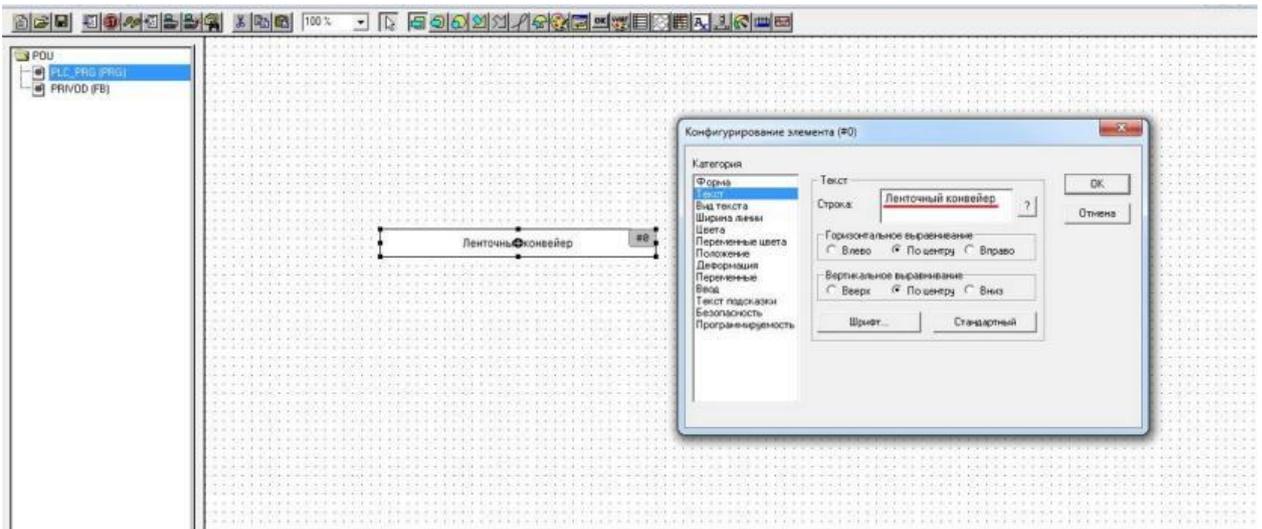


Рис.2. Вкладка «Текст» окна «Конфигурирование элемента»

Далее на вкладке **Цвета** нужно изменить цвет заливки на серый (рис.3). Тревожный цвет для объекта «Ленточный конвейер» сейчас изменять не нужно.

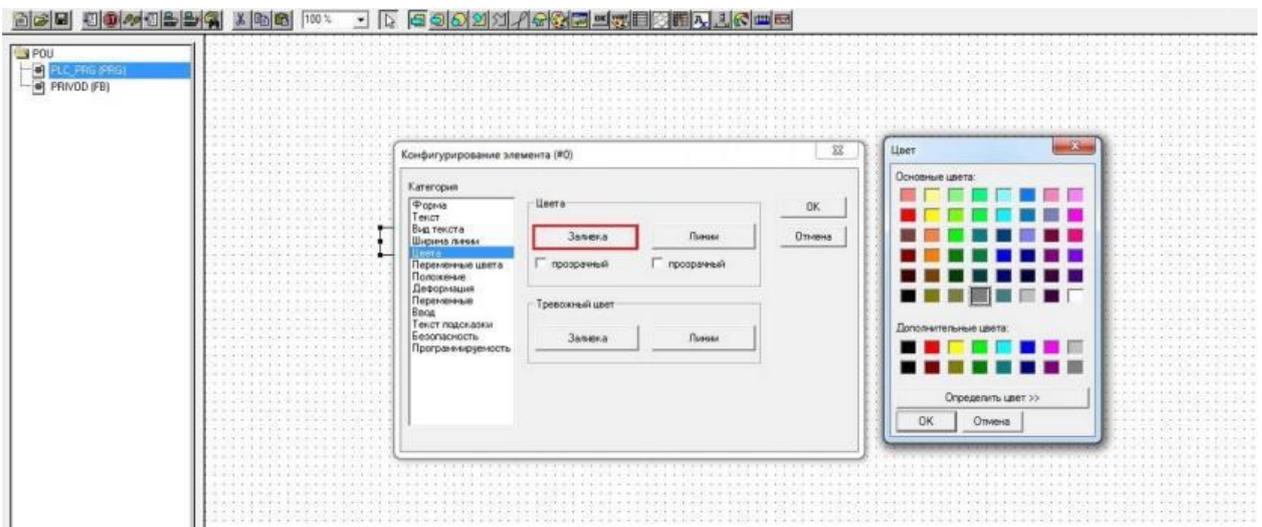


Рис.3. Вкладка «Цвета» окна «Конфигурирование элемента»

Аналогичным образом создайте кнопки «Пуск» и «Стоп» для ленточного конвейера (два круга, один темно зеленый, второй темно красный). Для того чтобы сделать надписи просто добавьте прямоугольники, и на вкладке **Текст** введите соответствующие данные (рис.4).

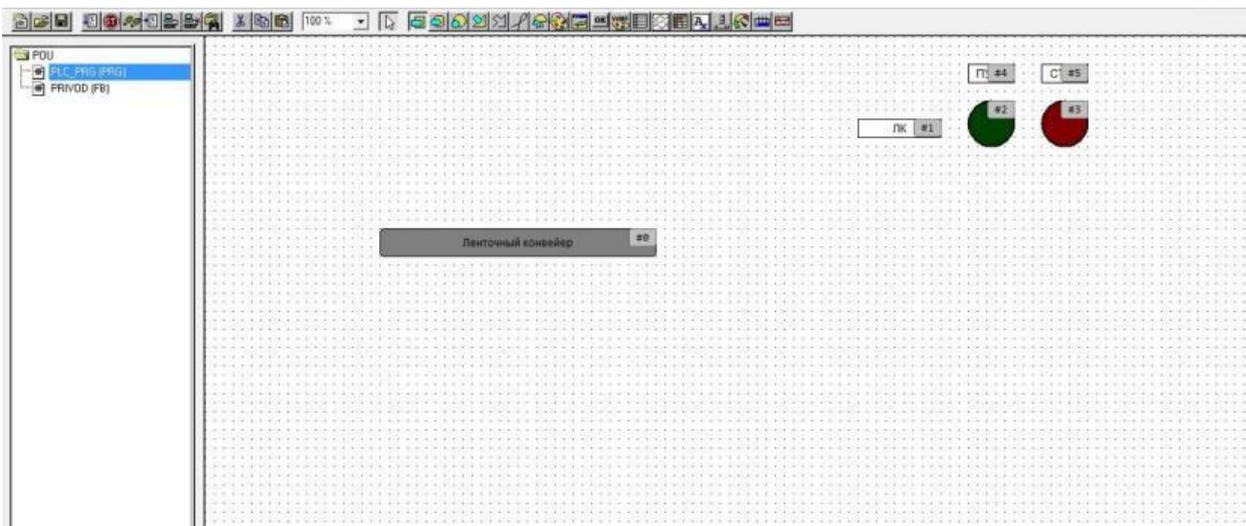


Рис.4. Окно основной визуализации после создания ленточного конвейера и кнопок

Для кнопок измените тревожный цвет. С помощью тревожного цвета можно имитировать лампу, совмещенную с кнопкой. Для кнопки «Пуск» выберите тревожный цвет ярко-зеленым, а для кнопки «Стоп» - ярко-красным.

Для того, чтобы лампы загорались, нужно на вкладке Переменные окна Конфигурирование элемента соответствующей лампы/кнопки в поле *Изменение цвета* ввести имя переменной из конфигурации ПЛК, которая отвечает за включение аналогичного выхода ПЛК (рис.5).

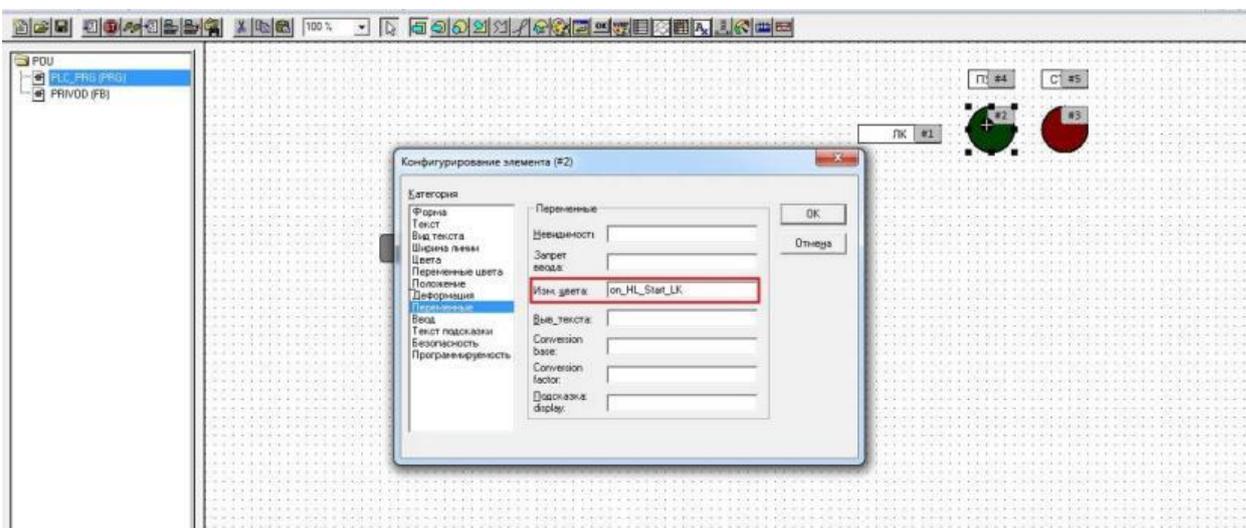


Рис.5. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы

Задайте переменные для кнопок/ламп, скомпилируйте проект и проверьте корректность работы визуализации. Если лампы не горят, обратитесь к преподавателю.

Теперь нужно добавить функционал кнопок. Допустим, что визуализация нужна нам для отладочных целей и кнопки визуализации включены параллельно кнопкам управления оператора (сигналам с входов ПЛК). Объявим глобальные переменные viz_Start_LK и viz_Stop_LK в отдельно созданной вкладке глобальных переменных (рис.6).

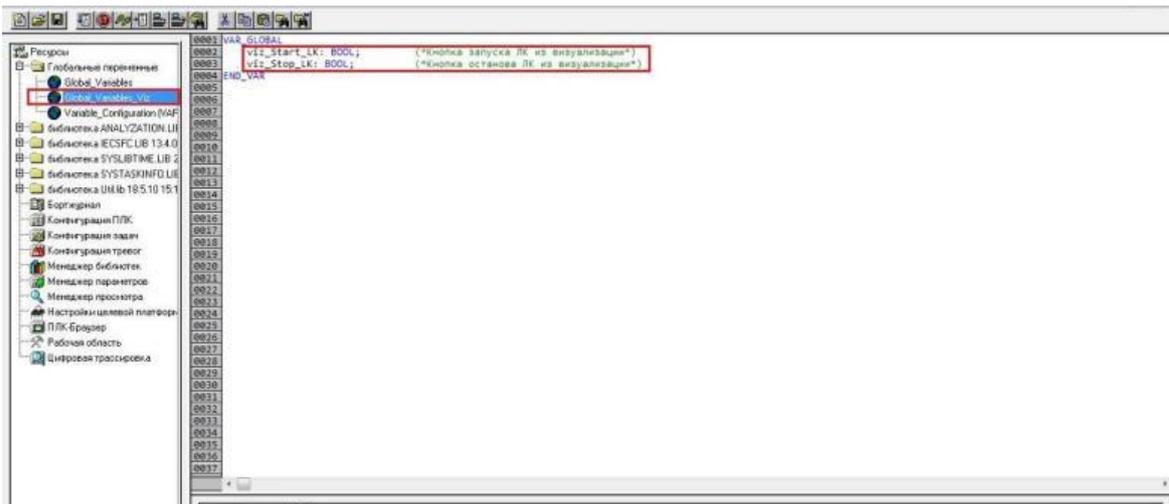


Рис.6. Объявление глобальных переменных визуализации

После того, как глобальные переменные объявлены, нужно осуществить их изменение при нажатии на соответствующую кнопку. Для этого в окне **Конфигурирование элемента** на вкладке **Ввод** нужно поставить галочку на пункте *Переменная кнопка* и в текстовом поле ввести имя соответствующей глобальной переменной (рис.7).

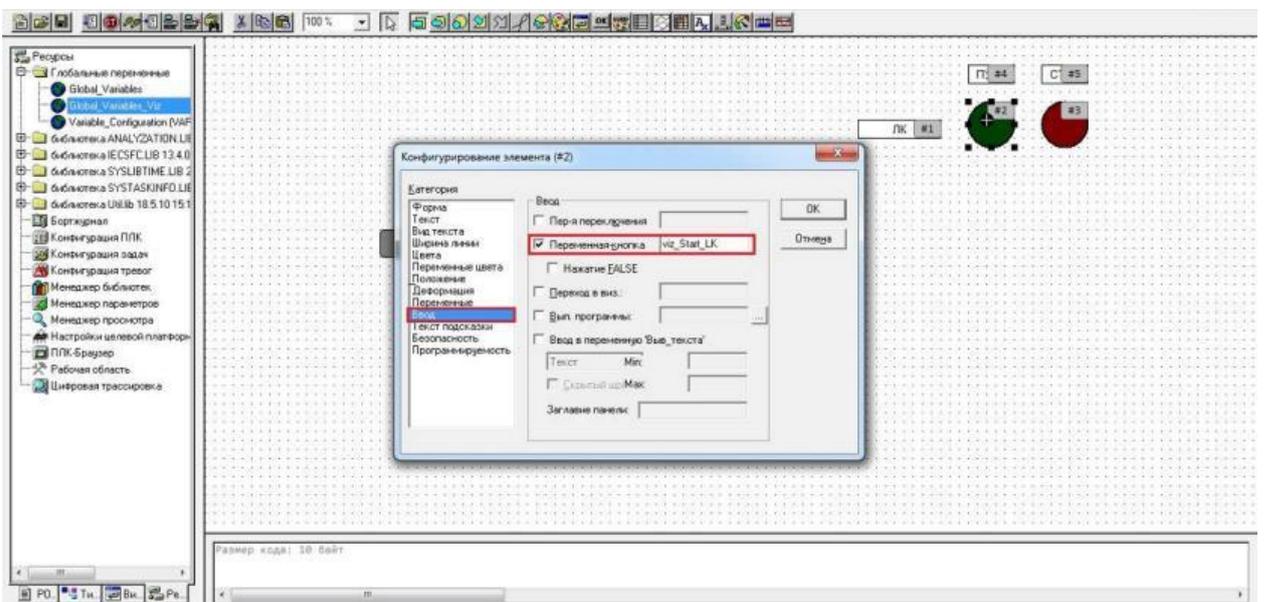


Рис.7. Выбор переменной для ввода при нажатии на кнопку

Теперь при нажатии на кнопку в режиме онлайн, указанная нами переменная будет изменять значение с нуля на единицу. Осталось включить созданные переменные параллельно с входами контроллера. Для этого нужно в пусковой и стоповой цепях блока ленточного конвейера в *PLC_PRG* с сигналами запуска и останова с входов ПЛК через блок ИЛИ добавить сигналы из визуализации (рис.8).

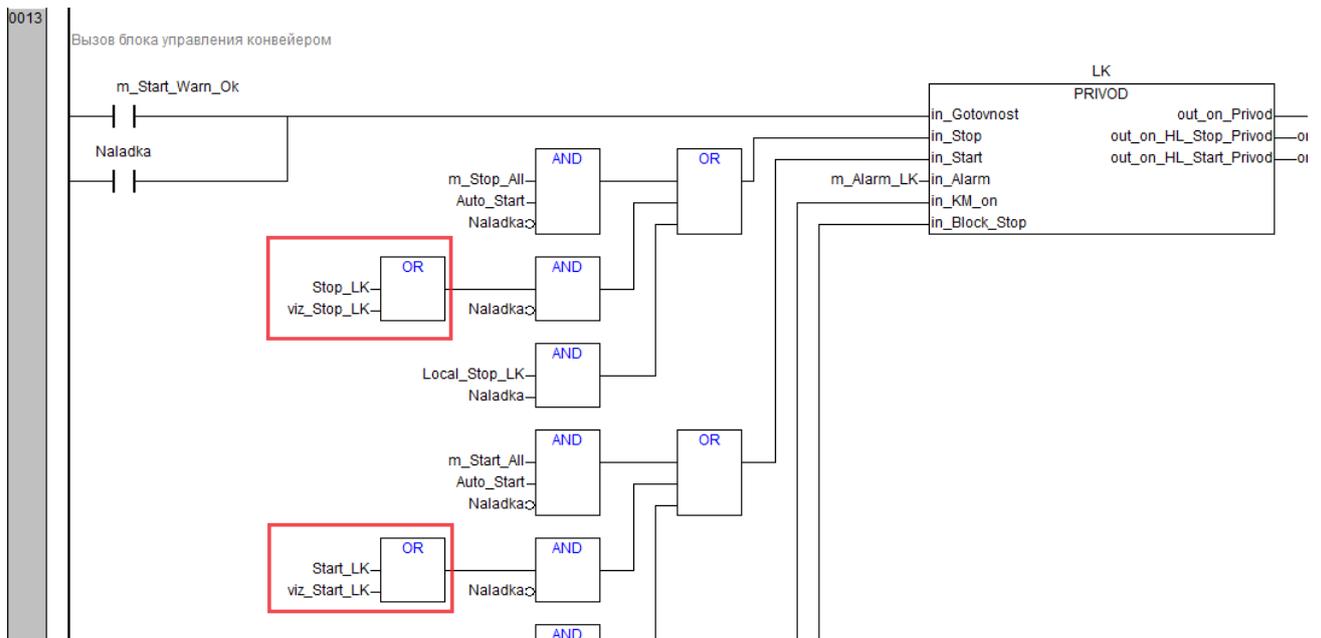


Рис.8. Добавление запуска и останова из визуализации в цепочку пуска и останова ленточного конвейера

Теперь осуществим изменение цвета изображения конвейера таким образом, чтобы он отображал одновременно и сигналы, соответствующие пусковой лампе, и сигналы, соответствующие стоповой лампе. Для этого создадим глобальные переменные viz_Change_Color_LK типа BOOL (переменная для разрешения изменения цвета) и viz_Color_LK типа DWORD (значение цвета), с помощью которых будет реализовано изменение цвета изображения ленточного конвейера (рис.9).



Рис.9. Добавление глобальных переменных для управления цветом изображения ленточного конвейера

Переменную viz_Change_Color_LK нужно указать в поле *Изменение цвета* на вкладке **Переменные** окна **Конфигурирование элемента** изображения ленточного конвейера, а переменную viz_Color_LK в поле *Тревожный* вкладки **Переменные цвета** (рис.10 и 11).

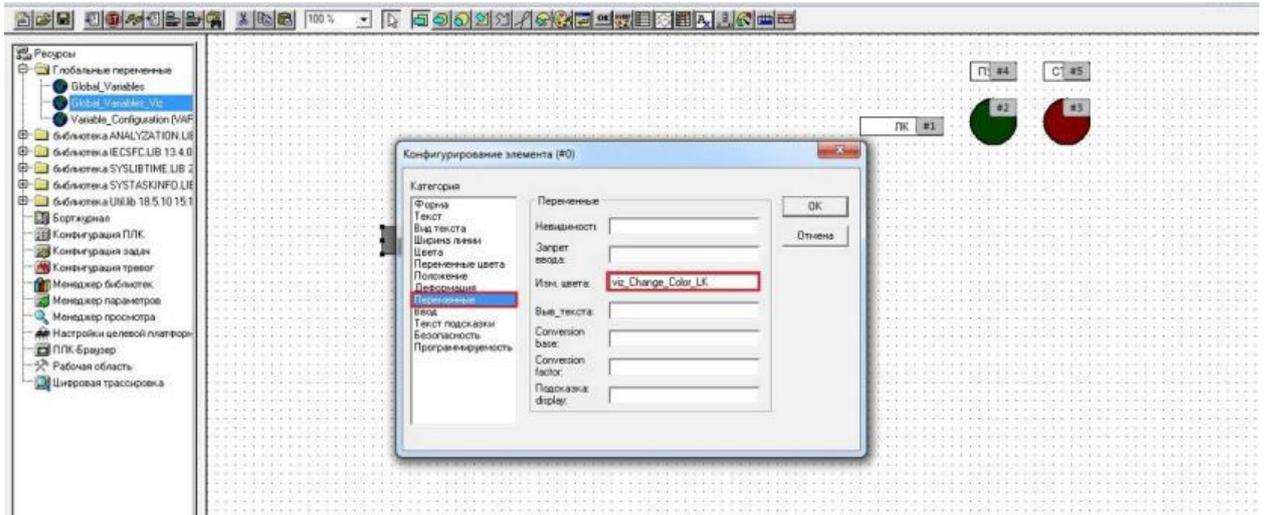


Рис.10. Указание переменной viz_Change_Color_LK

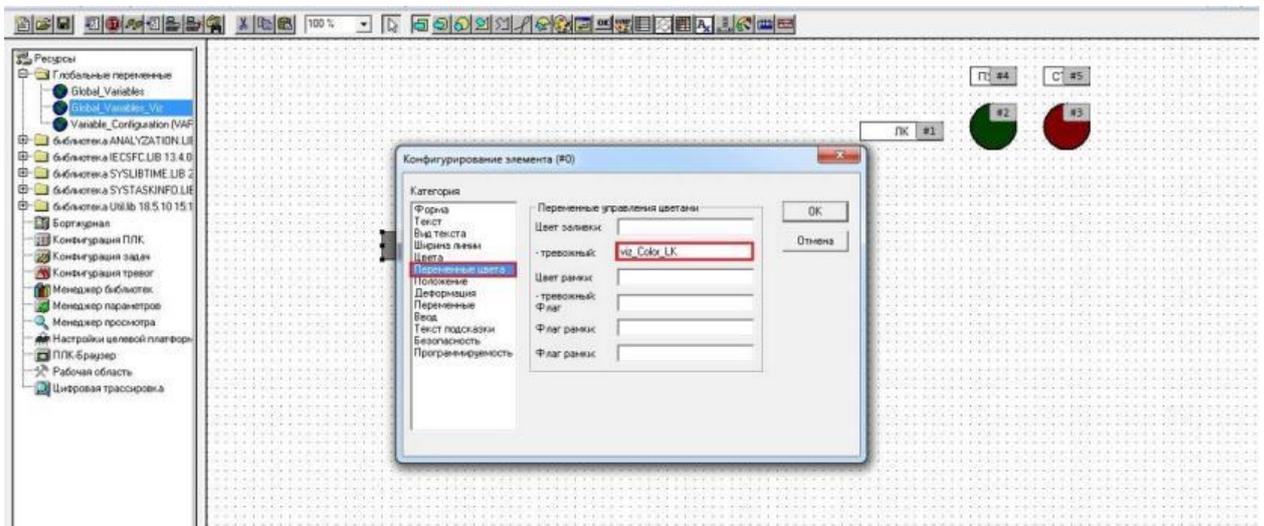


Рис.11. Указание переменной viz_Color_LK

Теперь нужно создать функциональный блок на языке ST для задания значений созданных переменных (назовите его **Change_Color_Privod**). Логика его работы довольно проста: на вход принимаются сигналы включения сигнальных ламп; если есть сигнал хотя бы одной из ламп, то выдается выходной сигнал «Разрешение на изменение цвета», а значение принимает цвет в соответствии с имеющимся сигналом (для стартовой лампы – зеленый, для стоповой – красный). Объявление переменных и код функционального блока приведены на рис.12.

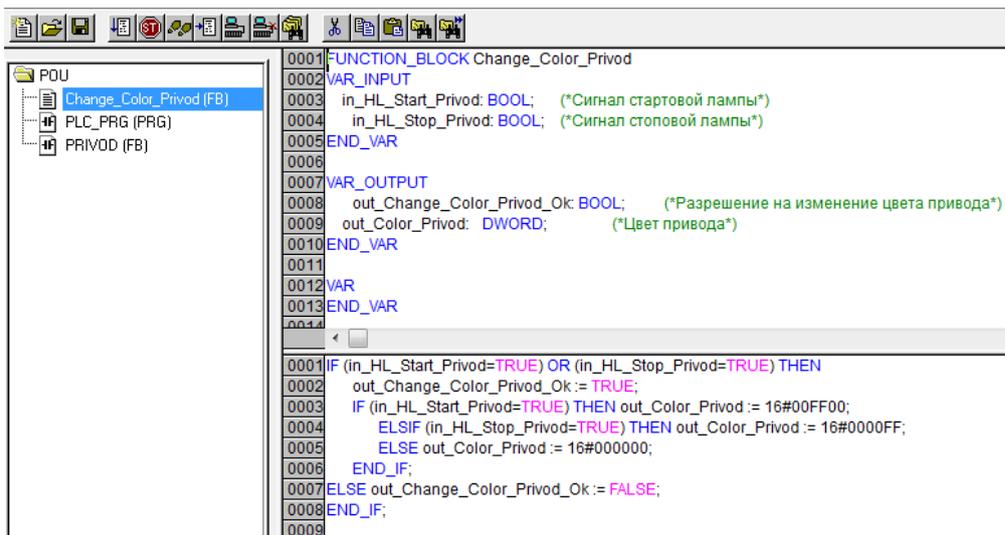


Рис.12. Функциональный блок изменения цвета привода

Чтобы изменять цвет изображения ленточного конвейера, нужно создать для него экземпляр блока *Change_Color_Privod* (назовите его **FB_Change_Color_LK**). Вызовем этот блок сразу после вызова блока привода ленточного конвейера (**LK**). На вход блока нужно подать сигналы включения лампы запуска и останова ленточного конвейера, а значения выходов присвоить созданным глобальным переменным (рис.13).

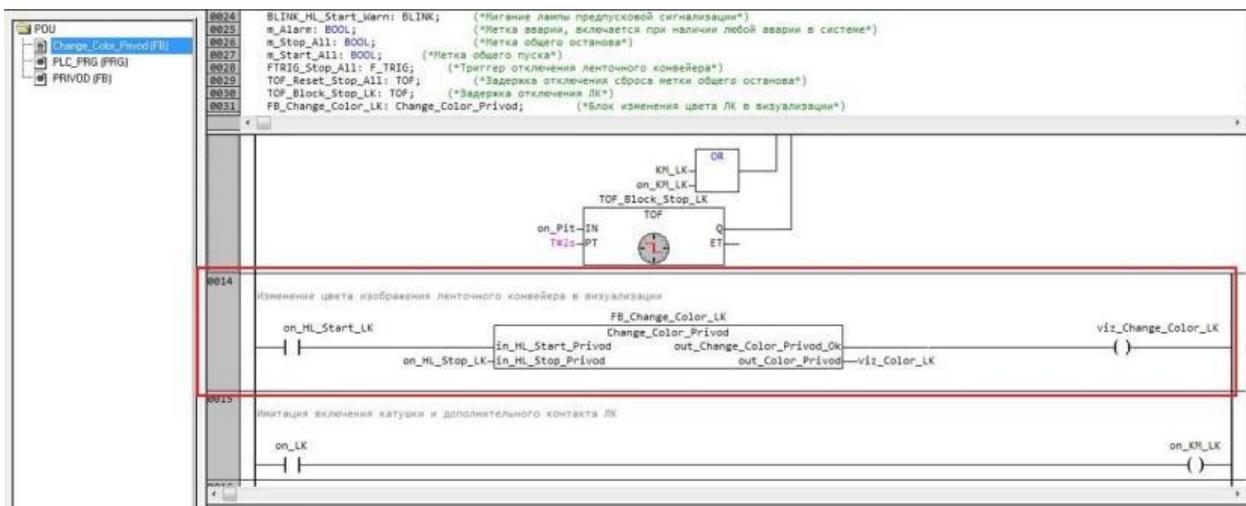


Рис.13. Вызов функционального блока изменения цвета ленточного конвейера

Скомпилируйте проект и запустите его. Проверьте правильность работы визуализации. В случае успешного выполнения переходите к самостоятельной работе.

Самостоятельная работа (общее задание).

По аналогии с ленточным конвейером необходимо создать элементы визуализации для шлюзового питателя (изобразите его многогранником). Результат выполнения задания сверить с преподавателем.

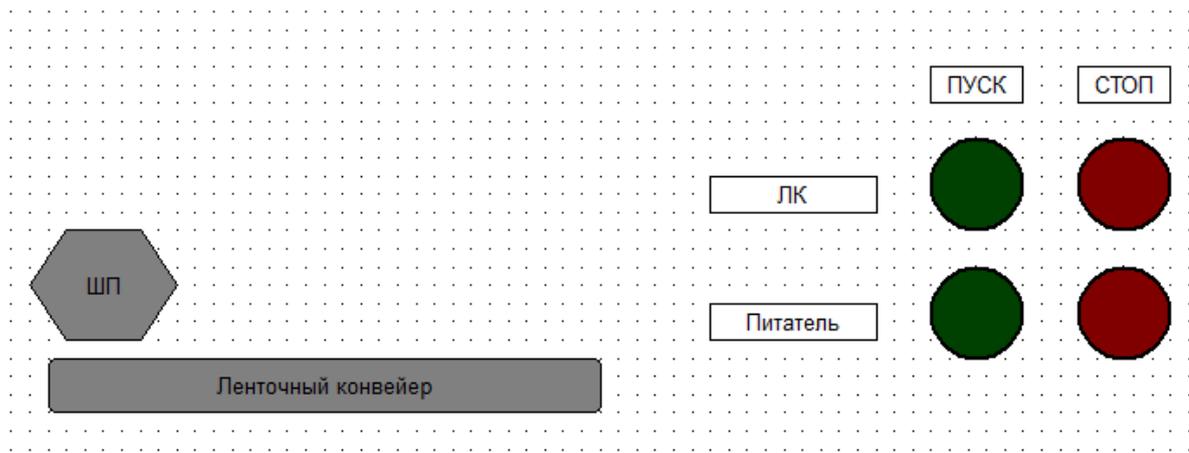


Рис. 14. Добавление элементов для визуализации работы шлюзового питателя

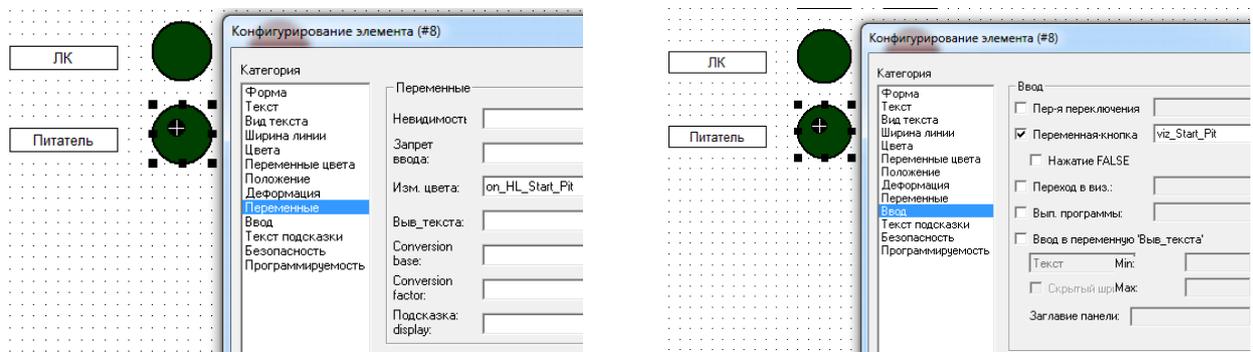


Рис. 15. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Старт» питателя и выбор переменной для ввода при нажатии на кнопку «Старт» питателя

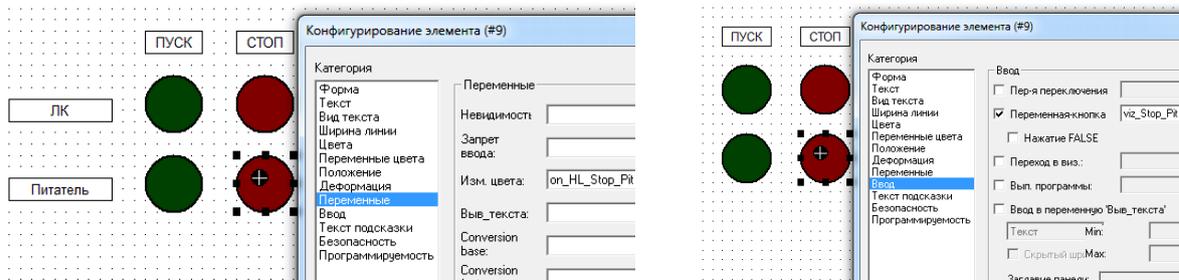


Рис. 16. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Стоп» питателя и выбор переменной для ввода при нажатии на кнопку «Стоп» питателя

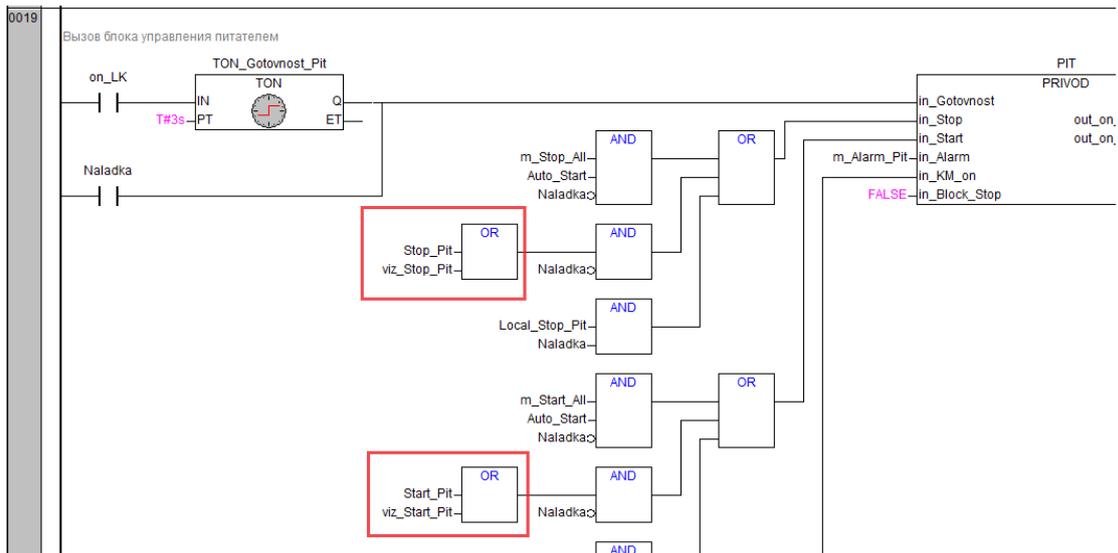


Рис.17. Добавление запуска и останова из визуализации в цепочку пуска и останова ШЛЮЗОВОГО ПИТАТЕЛЯ

```

0001 VAR_GLOBAL
0002 viz_Start_LK: BOOL; (*Кнопка запуска ЛК из визуализации*)
0003 viz_Stop_LK: BOOL; (*Кнопка останова ЛК из визуализации*)
0004 viz_Change_Color_LK: BOOL; (*Разрешение на изменени цвета ЛК*)
0005 viz_Color_LK: DWORD; (*Значение цвета изображения ЛК в формате BGR*)
0006
0007 viz_Start_Pit: BOOL; (*Кнопка запуска шлюзового питателя из визуализации*)
0008 viz_Stop_Pit: BOOL; (*Кнопка останова шлюзового питателя из визуализации*)
0009 viz_Change_Color_Pit: BOOL; (*Разрешение на изменени цвета шлюзового питателя*)
0010 viz_Color_Pit: DWORD; (*Значение цвета изображения шлюзового питателя в формате BGR*)
0011 END_VAR

```

Рис.18. Добавление глобальных переменных для управления цветом изображения ШЛЮЗОВОГО ПИТАТЕЛЯ

Рис. 19. Привязка глобальных переменных для управления цветом изображения ШЛЮЗОВОГО ПИТАТЕЛЯ

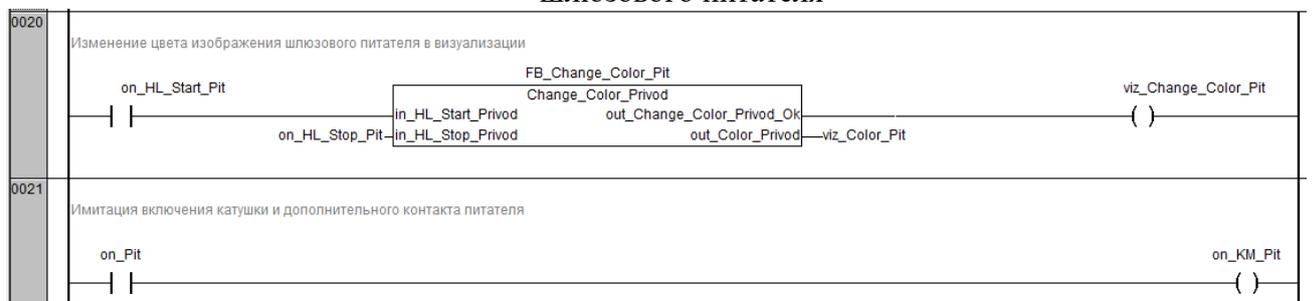


Рис.20. Вызов функционального блока изменения цвета шлюзового питателя

Далее необходимо:

1. Реализовать визуализацию аварийной сигнализации и квитирование аварийной ситуации из визуализации.

2. Реализовать визуализацию предупусковой сигнализации и включение ее из визуализации.
3. Реализовать визуализацию наладочного режима работы (сделать в визуализации местный пост управления и его работу в наладочном режиме).
4. Реализовать визуализацию автоматического режима работы (сделать в визуализации кнопки «Общий Пуск» и «Общий Стоп» и их работу в автоматическом режиме).

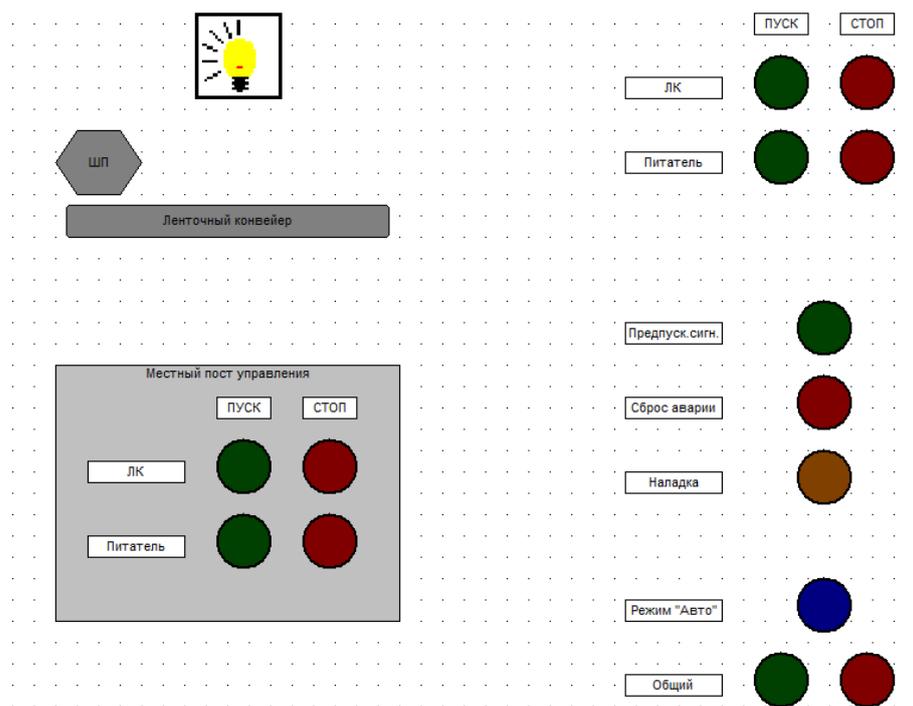


Рис. 21. Добавление элементов для визуализации аварийной и предупусковой сигнализации, наладочного и автоматического режимов работы

0001	VAR_GLOBAL	
0002	viz_Start_LK: BOOL;	(*Кнопка запуска ЛК из визуализации*)
0003	viz_Stop_LK: BOOL;	(*Кнопка останова ЛК из визуализации*)
0004	viz_Change_Color_LK: BOOL;	(*Разрешение на изменени цвета ЛК*)
0005	viz_Color_LK: DWORD;	(*Значение цвета изображения ЛК в формате BGR*)
0006		
0007	viz_Start_Pit: BOOL;	(*Кнопка запуска шлюзового питателя из визуализации*)
0008	viz_Stop_Pit: BOOL;	(*Кнопка останова шлюзового питателя из визуализации*)
0009	viz_Change_Color_Pit: BOOL;	(*Разрешение на изменени цвета шлюзового питателя*)
0010	viz_Color_Pit: DWORD;	(*Значение цвета изображения шлюзового питателя в формате BGR*)
0011		
0012	viz_Reset_Alarm: BOOL;	(*Кнопка сброса аварии в визуализации*)
0013	viz_Start_Warn: BOOL;	(*Кнопка предупусковой сигнализации в визуализации*)
0014		
0015	viz_on_Sound_Signal: BOOL;	(*Звуковая сигнализация в визуализации*)
0016		
0017	viz_Naladka: BOOL;	(*Включение наладочного режима из визуализации*)
0018	viz_Local_Start_LK: BOOL;	(*Кнопка местного запуска ЛК из визуализации*)
0019	viz_Local_Stop_LK: BOOL;	(*Кнопка местного останова ЛК из визуализации*)
0020	viz_Local_Start_Pit: BOOL;	(*Кнопка местного запуска шлюзового питателя из визуализации*)
0021	viz_Local_Stop_Pit: BOOL;	(*Кнопка местного останова шлюзового питателя из визуализации*)
0022		
0023	viz_Auto_Start: BOOL;	(*Включение автоматического режима из визуализации*)
0024	viz_Start_All: BOOL;	(*Кнопка "Общий Пуск" в визуализации*)
0025	viz_Stop_All: BOOL;	(*Кнопка "Общий Стоп" в визуализации*)
0026	viz_on_HL_Start_All: BOOL;	(*Ключение лампы "Общий Старт" в визуализации*)
0027	viz_on_HL_Stop_All: BOOL;	(*Ключение лампы "Общий Стоп" в визуализации*)
0028	END_VAR	

Рис.22. Добавление глобальных переменных для визуализации аварийной и предупусковой сигнализации, наладочного и автоматического режимов работы

0013	BLINK_Emul_Move_Pit: BLINK;	(*Блок мигания для эмуляции движения питателя*)
0014	RTRIG_Move_Pit: R_TRIG;	(*Триггер переднего фронта для сигнала датчика движения питателя*)
0015	TOF_No_Move_Pit: TOF;	(*Задержка отключения сигнала "Есть движения питателя")
0016	m_Alarm_LK: BOOL;	(*Метка "Авария ленточного конвейера")
0017	m_Alarm_Pit: BOOL;	(*Метка "Авария шлюзового питателя")
0018	RTRIG_Start_Warn: R_TRIG;	(*Триггер переднего фронта кнопки "Пусковая сигнализация")
0019	TP_Start_Warn: TP;	(*Импульс предупусковой сигнализации*)
0020	m_on_Start_Warn: BOOL;	(*Сигнал включения предупусковой сигнализации*)
0021	FTRIG_Start_Warn: F_TRIG;	(*Триггер заднего фронта включения предупусковой сигнализации*)
0022	m_Start_Warn_Ok: BOOL;	(*Метка "Предпусковая сигнализация проведена")
0023	FTRIG_on_LK: F_TRIG;	(*Триггер отключения ЛК*)
0024	BLINK_HL_Start_Warn: BLINK;	(*Мигание лампы предупусковой сигнализации*)
0025	m_Alarm: BOOL;	(*Метка аварии, включается при наличии любой аварии в системе*)
0026	m_Stop_All: BOOL;	(*Метка общего останова*)
0027	m_Start_All: BOOL;	(*Метка общего пуска*)
0028	FTRIG_Stop_All: F_TRIG;	(*Триггер отключения ленточного конвейера*)
0029	TOF_Reset_Stop_All: TOF;	(*Задержка отключения сброса метки общего останова*)
0030	TOF_Block_Stop_LK: TOF;	(*Задержка отключения ЛК*)
0031	FB_Change_Color_LK: Change_Color_Privod;	(*Блок изменения цвета ЛК в визуализации*)
0032	FB_Change_Color_Pit: Change_Color_Privod;	(*Блок изменения цвета питателя в визуализации*)
0033	RTRIG_Naladka: R_TRIG;	(*Триггер включения ключа "Наладка")
0034	RTRIG_viz_Naladka: R_TRIG;	(*Триггер включения кнопки "Наладка" в визуализации*)
0035	m_Naladka: BOOL;	(*Метка наладочного режима работы*)
0036	FTRIG_Naladka: F_TRIG;	(*Триггер отключения ключа "Наладка")
0037	FTRIG_viz_Naladka: F_TRIG;	(*Триггер отключения кнопки "Наладка" в визуализации *)
0038	m_Auto_Start: BOOL;	(*Метка автоматического режима работы*)
0039	RTRIG_Auto_Start: R_TRIG;	(*Триггер включения ключа "Авто")
0040	RTRIG_viz_Auto_Start: R_TRIG;	(*Триггер включения автоматического режима из визуализации*)
0041	FTRIG_Auto_Start: F_TRIG;	(*Триггер отключени ключа "Авто")
0042	FTRIG_viz_Auto_Start: F_TRIG;	(*Триггер отключения автоматического режима из визуализации*)
0043	END_VAR	

Рис.23. Добавление локальных переменных для визуализации аварийной и предупусковой сигнализации, наладочного и автоматического режимов работы

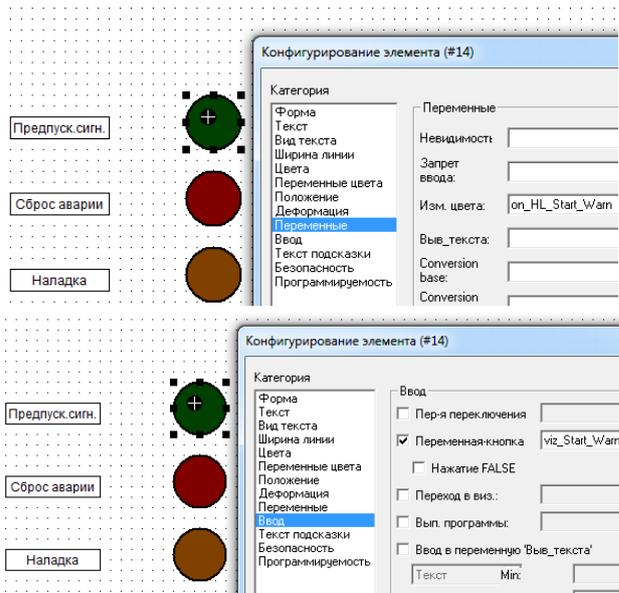


Рис. 24. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Предпусковая сигнализация» и выбор переменной для ввода при нажатии на кнопку «Предпусковая сигнализация»

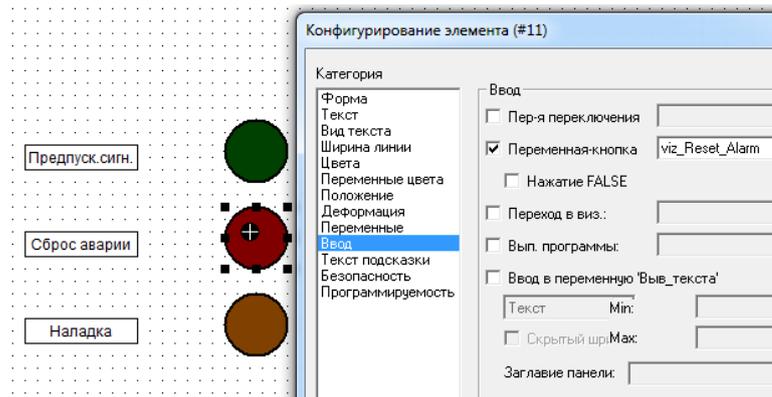


Рис. 25. Выбор переменной для ввода при нажатии на кнопку «Сброс аварии»

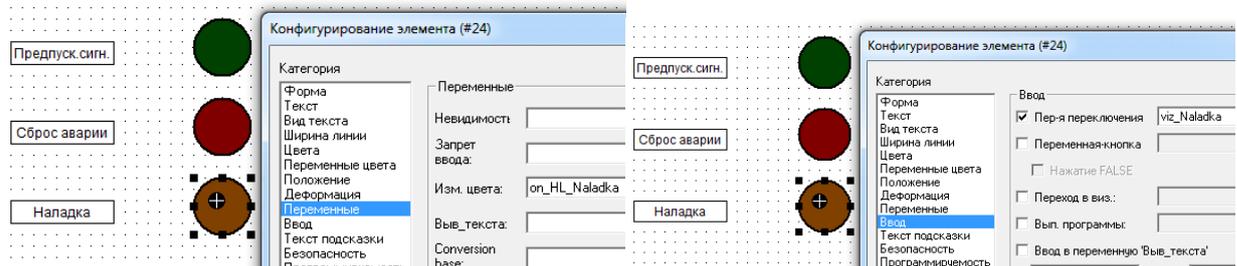


Рис. 26. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Наладка» и выбор переменной переключения для ввода при нажатии на кнопку «Наладка»

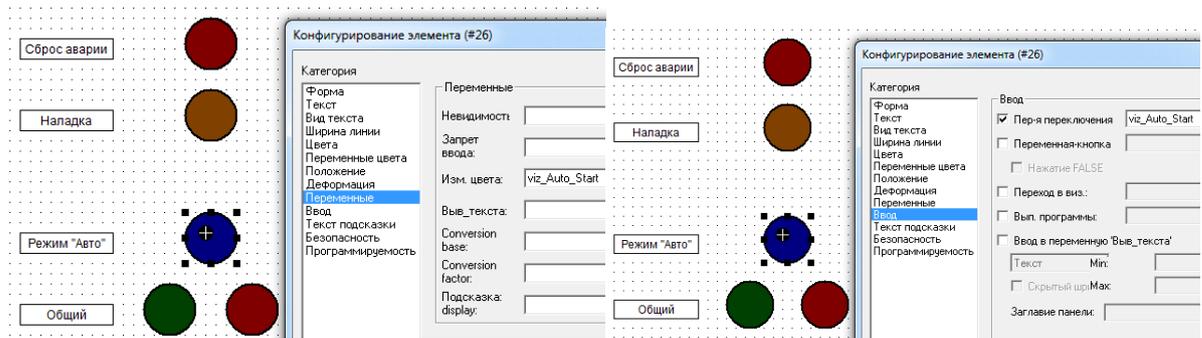


Рис. 27. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Авто» и выбор переменной переключения для ввода при нажатии на кнопку «Авто»

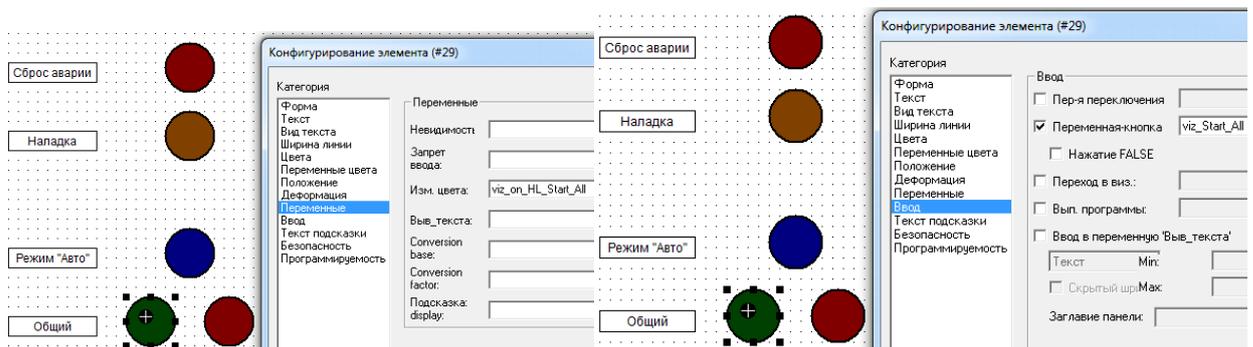


Рис. 28. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Общий ПУСК» и выбор переменной переключения для ввода при нажатии на кнопку «Общий ПУСК»
(в автоматическом режиме)

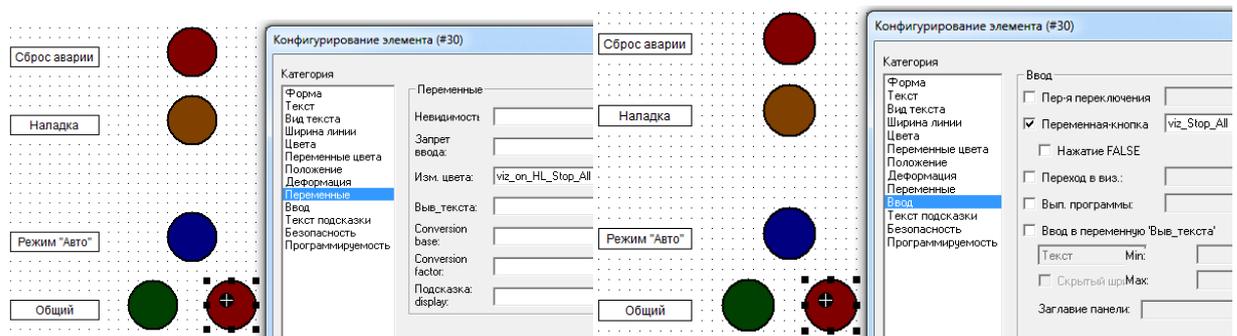


Рис. 29. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Общий СТОП» и выбор переменной переключения для ввода при нажатии на кнопку «Общий СТОП»
(в автоматическом режиме)

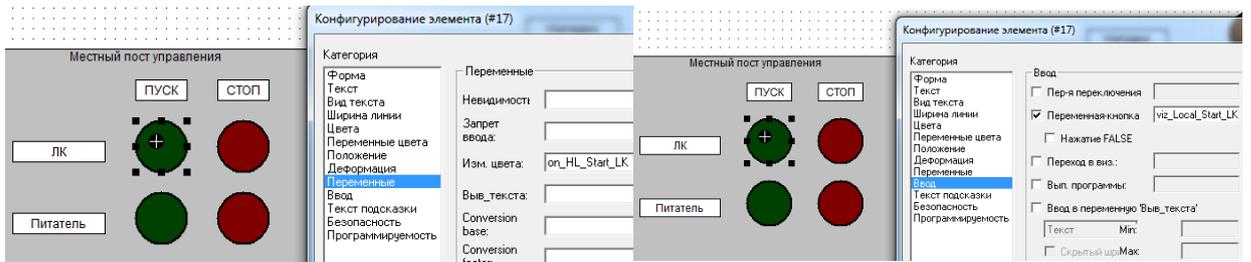


Рис. 30. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Пуск» ленточного конвейера и выбор переменной переключения для ввода при нажатии на кнопку «Пуск» ленточного конвейера (при управлении с местного поста)

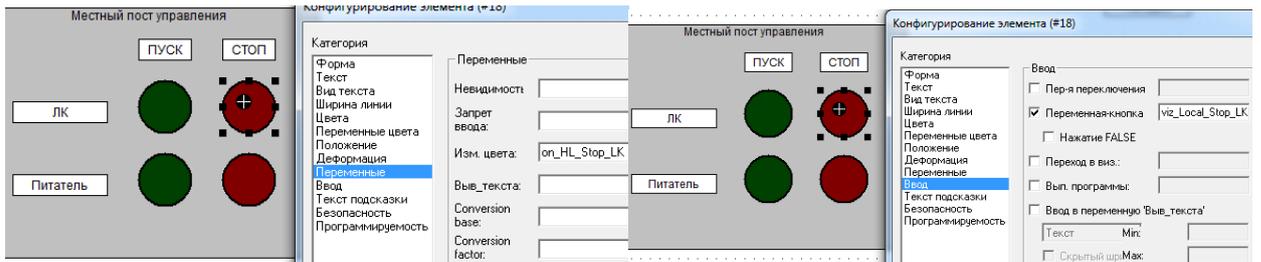


Рис. 31. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Стоп» ленточного конвейера и выбор переменной переключения для ввода при нажатии на кнопку «Стоп» ленточного конвейера (при управлении с местного поста)

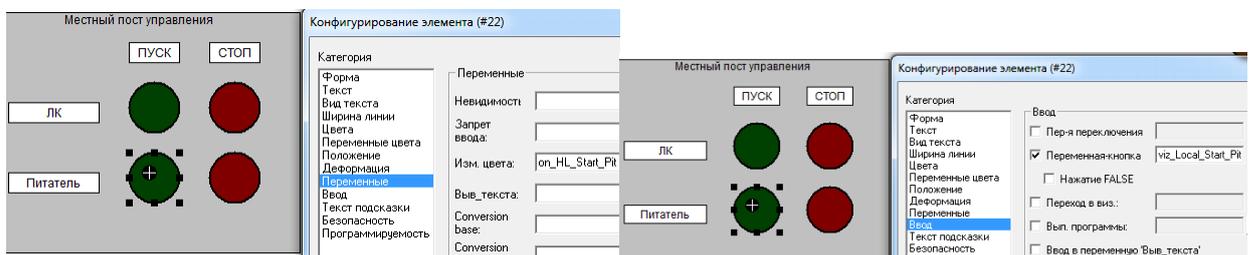


Рис. 32. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Пуск» шлюзового питателя и выбор переменной переключения для ввода при нажатии на кнопку «Пуск» шлюзового питателя (при управлении с местного поста)

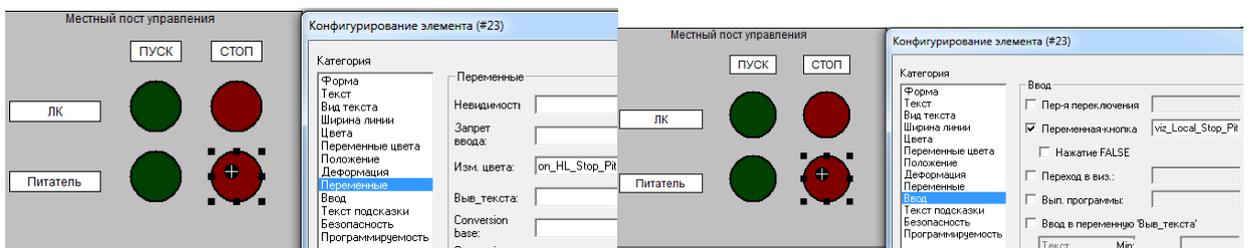


Рис. 33. Задание переменной для изменения цвета кнопки/лампы «Стоп» шлюзового питателя и выбор переменной переключения для ввода при нажатии на кнопку «Стоп» шлюзового питателя (при управлении с местного поста)

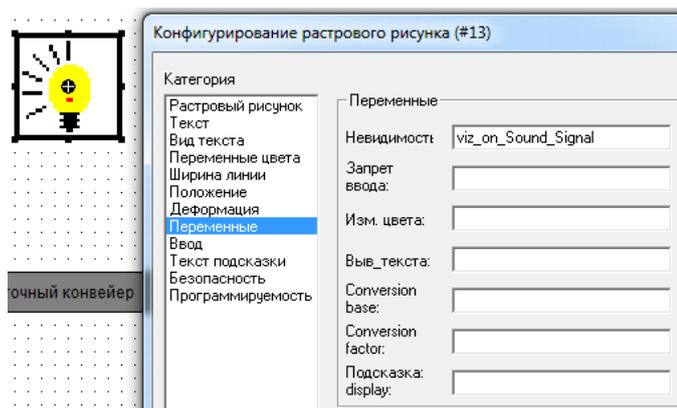
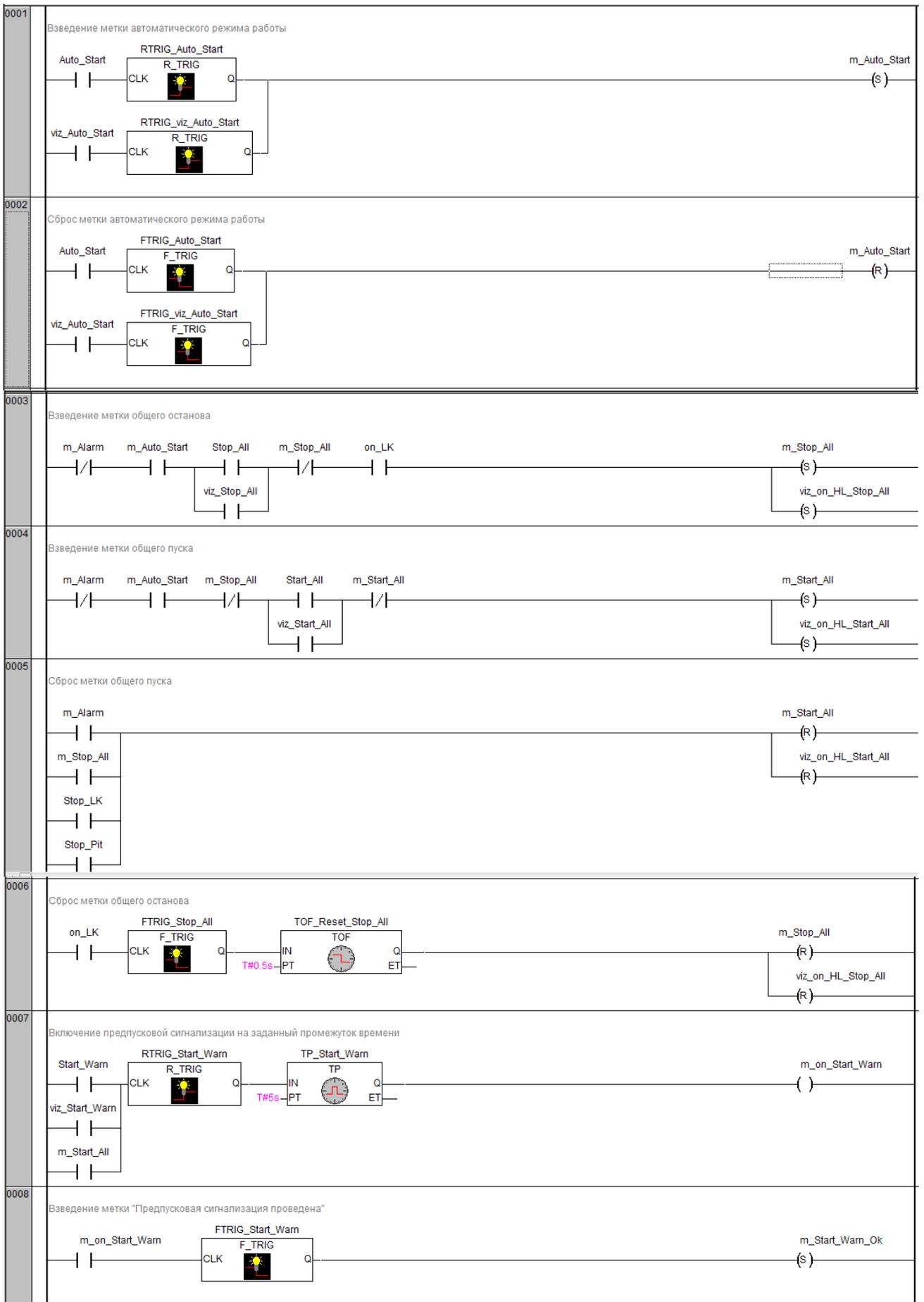
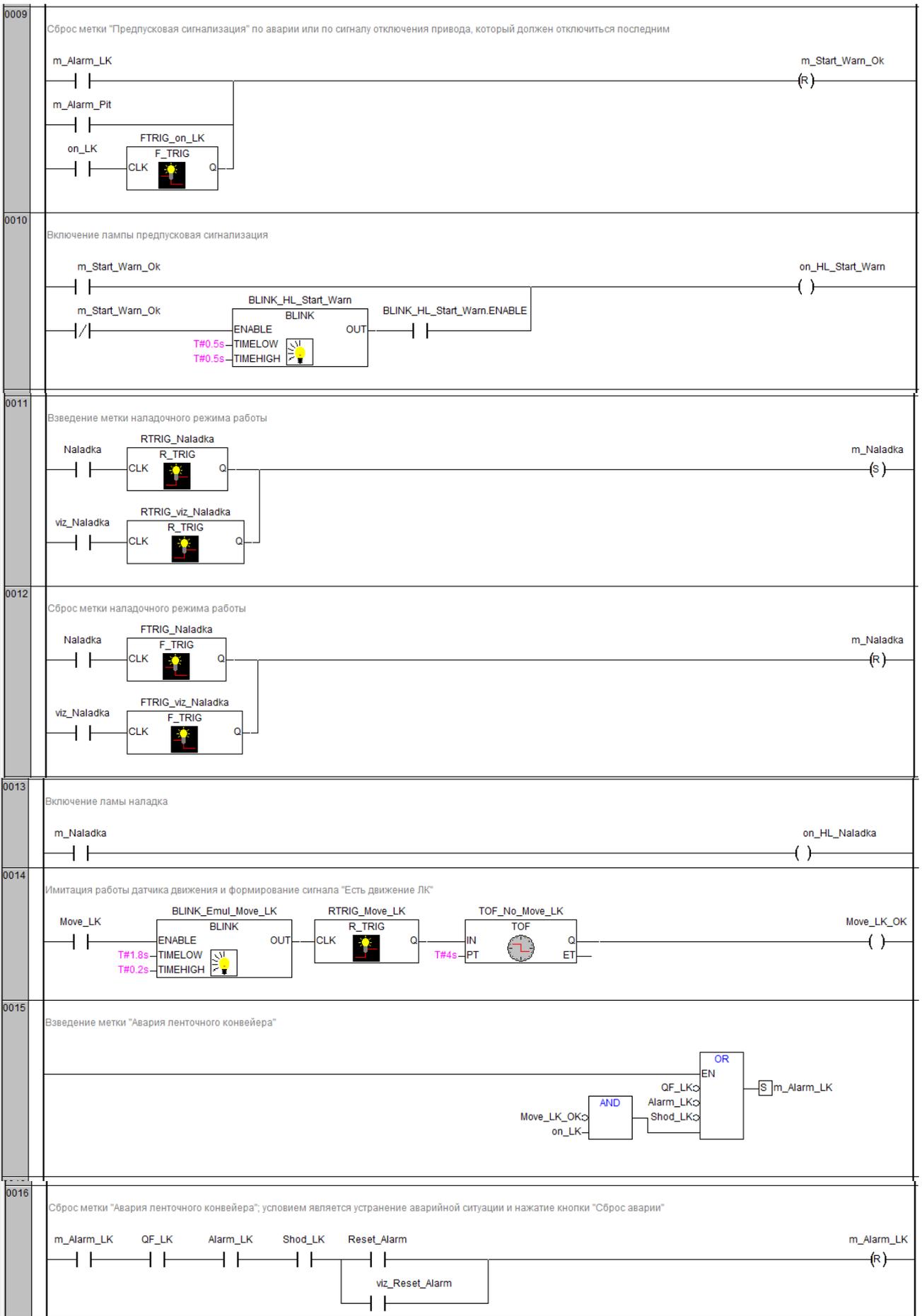
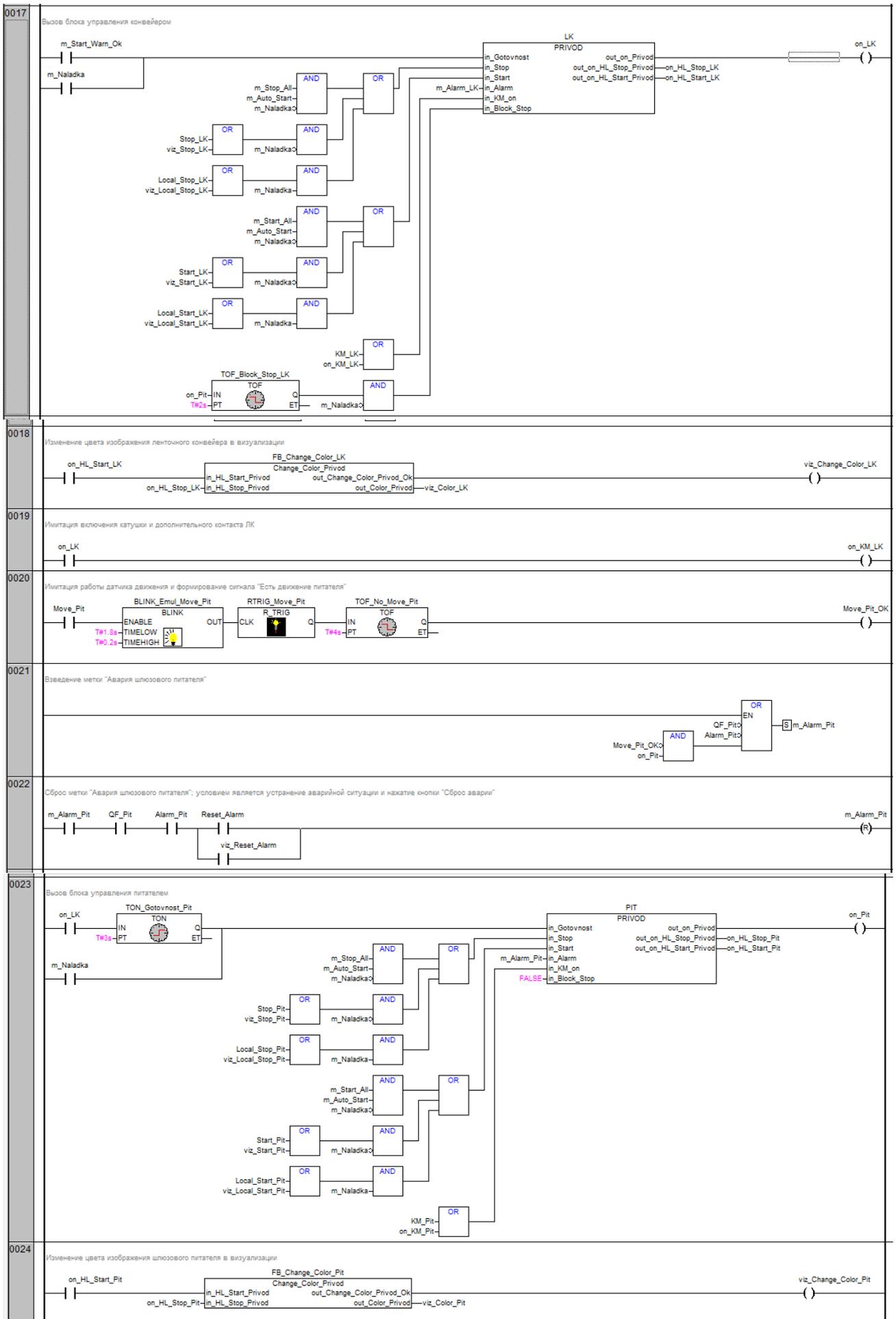
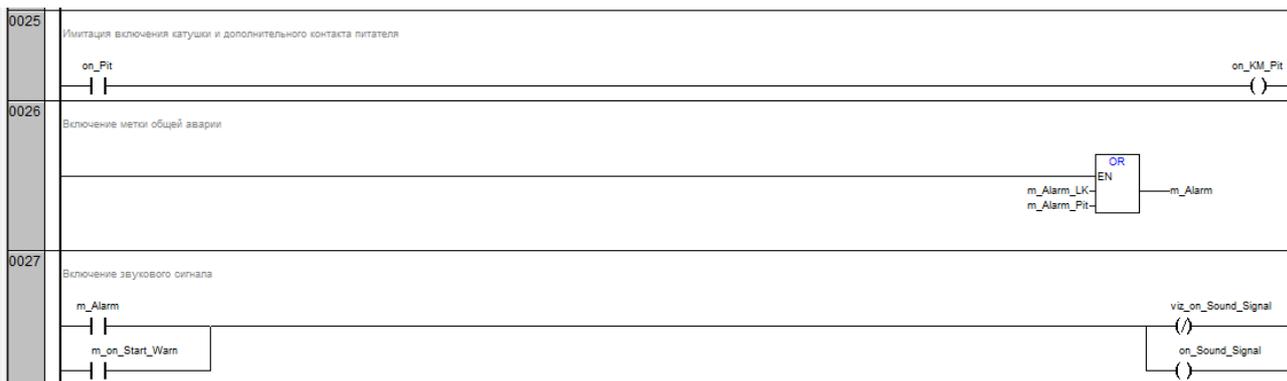


Рис. 34. Задание переменной для изменения видимости сигнальной лампы
(имитация звукового сигнала)









ЗАПУСК В РАБОТУ: Онлайн – Подключение – Ресурсы – Конфигурация ПЛК (установить входные сигналы контроллера, см. рис. 35) – Онлайн – Старт – Визуализация.

При правильной работе при нажатии «Старт» должна мигать лампа «Предпусковая сигнализация». При ее нажатии включается звуковой сигнал, через 5 секунд начинает мигать лампа «Пуск» ЛК и сам ЛК, информируя о готовности ЛК к работе. После запуска ЛК через 3 секунды начинает мигать лампа «Пуск» питателя и сам питатель, информируя о готовности питателя к работе. Затем можно нажать кнопку «Пуск» питателя, запуская тем самым всю линию в работу. Если линия работает в ручном режиме, то чтобы ее остановить, нужно сначала остановить питатель (кнопка «Стоп», при этом замигает лампа «Пуск» питателя), и только после этого отключить ЛК. До отключения питателя ЛК отключить не получится.

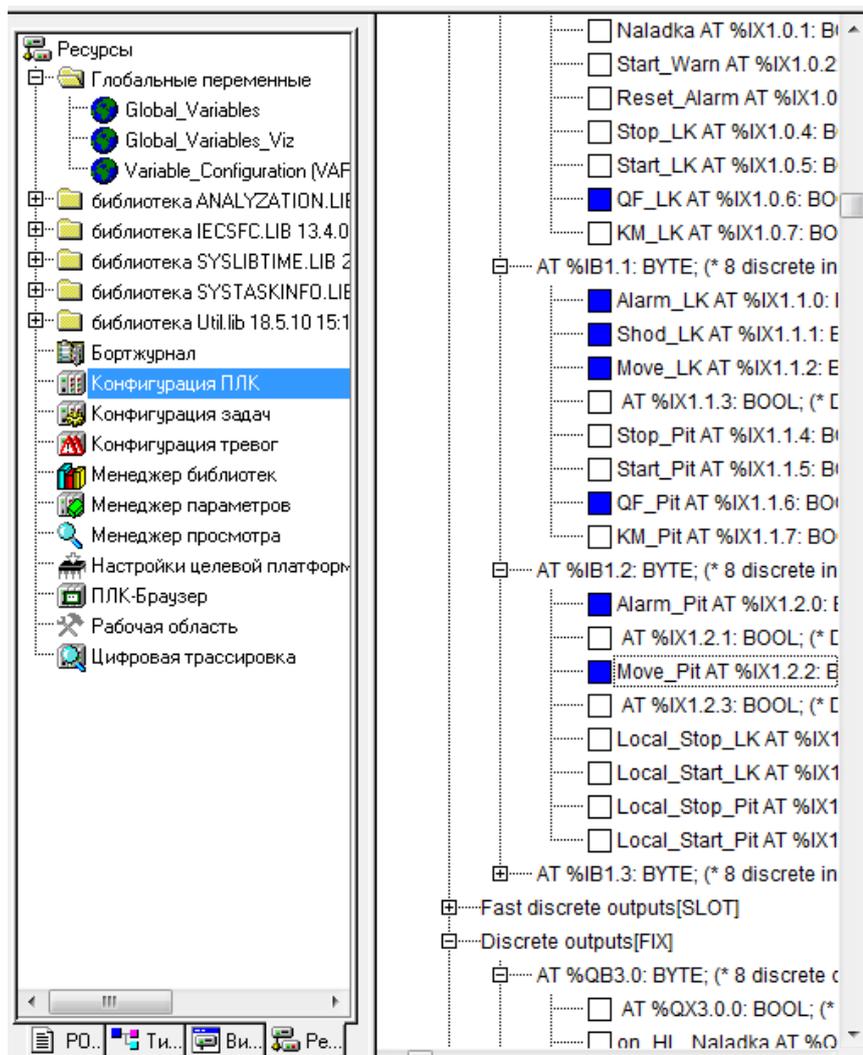


Рис. 35. Установка входных сигналов контроллера

АВАРИЯ - убрать сигнал Shod_LK. При этом ЛК замигает красным цветом, замигает красным цветом кнопка «Стоп» ЛК и будет мигать лампа предупредительной сигнализации, информируя о том, что для последующего запуска после устранения аварии нужно снова нажать кнопку предупредительной сигнализации. Оператор должен устранить аварию (снова установить сигнал Shod_LK) и нажать кнопку «Сброс аварии», подтверждая, что авария устранена.

НАЛАДОЧНЫЙ РЕЖИМ: при нажатии кнопки «Наладка» мигают ЛК, питатель, все пусковые лампы, и предупредительная сигнализация. Запуск агрегатов возможен только с местного поста управления. Можно поочередно запускать и проверять правильность работы ЛК и питателя. Когда наладка завершена, нужно снова нажать кнопку «Наладка», при этом агрегаты останавливаются, и снова загорается лампа предупредительной сигнализации.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ: запускаем переключатель «Авто» и даем общий «Пуск», при этом линия начинает автоматически работать в соответствии с технологией: подается звуковой сигнал, запускается ЛК, запускается питатель. При нажатии общего «Стоп» агрегаты останавливаются, и затем загорается предупредительная сигнализация.

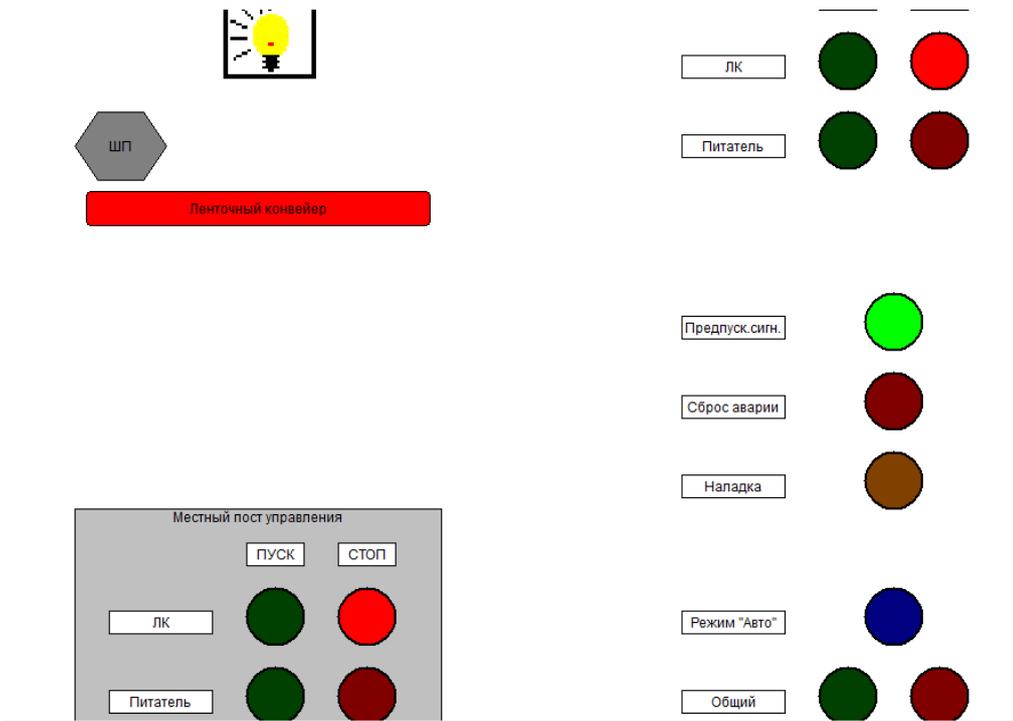


Рис. 36. Визуализация аварийной ситуации

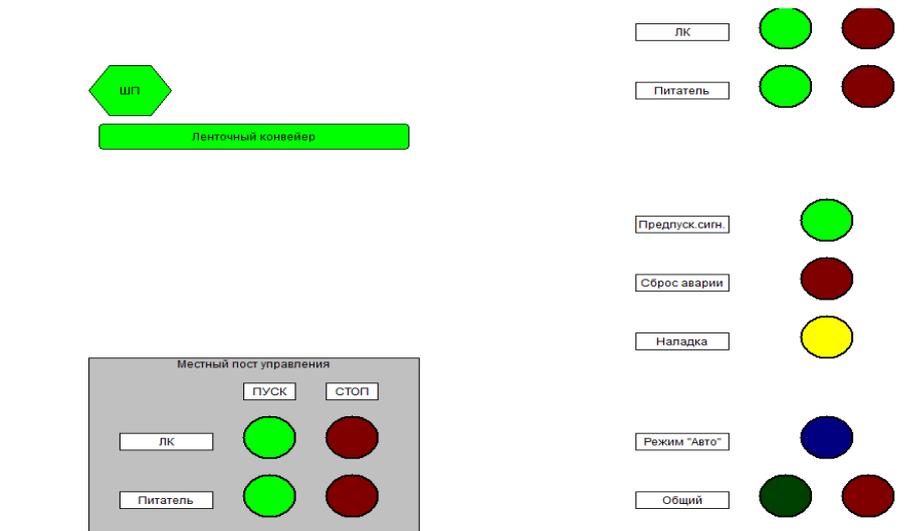


Рис. 37. Визуализация наладочного режима