



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **HMI INTEGREERIMINE LIIMIMASINAS**

### **INTEGRATION OF HMI IN GLUEING MACHINE**

**TOOTMISE AUTOMATISEERIMINE ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ**

Üliõpilane:     Aleksei Ivanov

Üliõpilaskood: 178643RDDR

Juhendaja:     Sergei Pavlov, lektor

Kohtla-Järve 2021



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

## **ИНТЕГРИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА В МАШИНУ ПРИКЛЕЙКИ ФЛАНЦЕВ**

**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ РАБОТА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВА**

Студент: Алексей Иванов

Студ. код: 178643RDDR

Руководитель: Сергей Павлов, лектор

Kohtla-Järve 2021

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"08" detsember 2021.

Autor: Aleksei Ivanov

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"08" detsember 2021.

Juhendaja: Sergei Pavlov.

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Aleksei Ivanov (sünnikuupäev: 10.09.1992)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose HMI INTEGRERIMINE LIIMIMASINAS, mille juhendaja on Sergei Pavlov,
  - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Aleksei Ivanov, 178643RDDR

Õppekava, peaariala: RDDR08/17 - Tootmise automatiseerimine

Juhendaja(d): Sergei Pavlov, lektor

Konsultant:

### Lõputöö teema:

HMI rakendamine masinas, mis liimib ääriku süsinikplokkile.

Implementing HMI in a machine that glues a flange to a carbon block.

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Masina moderniseerimine
2. Masina tehniliste rikete põhjuste kuvamine
3. Mehaaniliste lülitite asendamine HMI-ga

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Tehnilise dokumentatsiooni uurimine, tehnilise lahenduse valimine	13.10.21
2.	HMI programmeerimine	13.11.21
3.	Tehnilise dokumentatsiooni ja lõputööde koostamine	13.12.21
4.	EELKAITSMINE	15.12.21
5.	LÕPUTÖÖ KAITSMINE	12.01.22

**Töö keel:** vene keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "01".....201....a

**Üliõpilane:** Aleksei Ivanov ..... "08"detsember 2021a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Sergei Pavlov ..... "08"detsember 2021a  
/allkiri/

**Konsultant:** ..... ".....".....201....a  
/allkiri/

**Programmijuht:** Sergei Pavlov ..... "08"detsember 2021a  
/allkiri/

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	7
ПОЯСНЕНИЕ СОКРАЩЕНИЙ .....	8
ВВЕДЕНИЕ .....	9
1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	11
1.1 Описание существующей системы.....	11
1.2 Поставленная задача .....	11
1.3 Недостатки старой системы и причины необходимости модернизации .....	12
1.4 Исходные материалы .....	12
1.5 Предлагаемое решение .....	15
1.4.1 Реле OMRON G2R-1-SD 24VDC (S) .....	15
1.4.2 HMI - Weintek MT8071iP .....	16
1.5 Программа HMI.....	17
1.6 Электрическая схема .....	22
1.7 Программа контроллера .....	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	26
SUMMARY .....	27
КОККУVÕTE .....	28
ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....	29
ДОПОЛНЕНИЯ .....	30
ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	42

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Данная работа выполнена по инициативе обслуживающего персонала участка сборки Нарвского филиала компании AQUAPHOR. Основные исходные данные были собраны с существующего оборудования компании, в частности, со станка приклейки фланцев к угольному фильтрующему блоку. Работа представляет из себя модернизацию станка посредством внедрения человеко-машинного интерфейса (HMI) и расширения возможностей станка изменением существующей программы контроллера. Добавление человеко-машинного интерфейса производится с целью обеспечить вывод информации о возможных возникающих ошибках на дисплей, уйти от использования механических кнопок и переключателей. Изменения в исходной программе станка направлены на обеспечение функционала внедряемого человеко-машинного интерфейса и добавление ручного режима управления, что должно дать возможность проверки исполнительных устройств посредством включения/выключения их на дисплее, в то время как станок не выполняет производственную задачу. Отдельно выражается благодарность Сергею Павлову – за помощь в решении технических вопросов и руководство составлением работы.

## **ПОЯСНЕНИЕ СОКРАЩЕНИЙ**

PE - полиэтилен

HMI – Человеко-машинный интерфейс

ПЛК – программируемый логический контроллер

НО – нормально открытый (разомкнутый) контакт

dpi – dots per inch, точек на дюйм



## **ВВЕДЕНИЕ**

Успешность производства, его прибыль, репутация, влияние на экономику напрямую зависит от таких вещей как качество и количество выпускаемого продукта. Особенно это важно на больших производствах, где задержки в секунды или доли секунд могут стать результатом невыпущенных десятков единиц товара. Так для борьбы с нежелательными задержками оборудование модифицируется – программы меняются в сторону более эргономичных, тратящих меньше ресурсов времени и энергии на исполнение; исполнительные устройства, заменяются на более современные – имеющие больший рабочий ресурс, способные выполнять операции более точно, более безотказно. Целью этой работы является разработка человеко-машинного интерфейса станка по приклейке фланцев.

В первую очередь подобная модификация направлена на то, чтобы предоставить техническому персоналу возможность через интерфейс проводить техническое обслуживание: проверять работоспособность исполнительных устройств, проверять срабатывание датчиков (концевых выключателей, датчиков контроля наличия компонентов, датчиков контроля вращения фланцев); а также и иметь возможность быстро диагностировать причины аварийных остановок оборудования посредством вывода сообщения с причиной аварии на интерфейс. Второстепенным положительным эффектом внедрения данной модификации можно считать возможность уйти от использования определенного количества механических кнопок и переключателей, главным минусом которых, в условиях описываемого оборудования, является постепенный приход в негодность из-за поломок механических частей, на замену которых, в том числе, тратятся временные и финансовые ресурсы.

Для данного производства объект модернизации является типовым оборудованием. Под этим подразумевается, что данный станок, с различием в механических компонентах, насчитывает 7 машин. Единственным индикатором аварии на такой машине является красная индикаторная лампа. Это означает, что обязанностью технического персонала является осмотр всего станка с целью выявления ошибки и дальнейшего ее устранения. Соответственно при аварии выпуск продукта остановлен, и продукт не выпускается – это означает что производство несет убытки. На момент написания этой работы упомянутое оборудование также не обладает ручным режимом работы. Так как все исполнительные устройства являются пневматическими, диагностика их работы в существующих условиях возможна только в процессе выпуска продукта или в момент, когда выпуск не производится, посредством ручного управления пневматических распределителей

– что является не эргономичным из-за расположения пневмоострова и исполнительных устройств.

Задачами этой работы являются:

подбор модели человеко-машинного интерфейса,

разработка программы человеко-машинного интерфейса,

модификация существующей программы контроллера.

Работы над программой интерфейса выполнены в программном обеспечении EasyBuildPro для HMI Weintek, линейки продукта IP series.

Работы по модификации программы контроллера машины выполнены в программном обеспечении CODESYS 2.3

Электрические схемы отредактированы в графическом редакторе Adobe Photoshop.

# **1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

## **1.1 Описание существующей системы**

Существующая система представляет собой станок по приклейке фланцев. Станок выполняет следующие операции: контроль наличия фланца, контроль готовности клеевого аппликатора, перемещение угольного блока (карбон блока) по лестнице – накопителю, дальнейшее перемещение с лестницы на каретку, дозирование клея на фланец, установка фланца из бункерных накопителей на поворотный цилиндр станка, прижатие фланцев с клеем к карбон блоку на каретке, перемещение карбон блока в накопительный барабан, прижатие блоков в барабане для корректной приклейки фланца к карбон блоку, отпускание карбон блока на конвейер в ходе последующих вращений барабана. Алгоритм выполнения операций описан на Рисунке 1 (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 1).

## **1.2 Поставленная задача**

Основываясь на исходных материалах, создать работу по внедрению HMI в станок по приклейке фланцев. В функции HMI должны входить:

- Ручной режим, в котором будет осуществлено управление исполнительными механизмами станка вне автоматического режима. Включение и выключение исполнительных механизмов в ручном режиме не должно иметь возможность причинять ущерб исполнительным механизмом станка и продукту.
- Мониторинг состояния датчиков станка.
- Включение и выключение автоматического режима.
- Счетчик произведенных операций склеивания.
- Вывод сообщений о подробных причинах аварийной остановки станка.

Работа должна содержать:

- Ключевые исходные материалы работы.
- Экраны интерфейса, описание функций и элементов.
- Измененную программу.
- Схему подключения HMI.
- Монтажную схему.

При выполнении работы стоит учитывать и основываться на:

- исходных материалах.
- средах программирования контроллеров и HMI, используемых на производстве AQUAPHOR.

## **1.3 Недостатки старой системы и причины необходимости модернизации**

Недостатки существующей системы:

- Физические переключатели/кнопки.
- Переключатели кнопки находятся не эргономично. Кнопки на вынесенном пульте (СТАРТ/СТОП) находятся с одной стороны станка, а кнопки сброса ошибки, переключатель режима работы двигателей, индикатор готовности с противоположной стороны.
- Отсутствие централизованного мониторинга значений датчиков, за исключением контроллера, находящегося в закрытом электрическом шкафу.
- Отсутствие разделенных ручного и автоматического режима работы станка.
- Отсутствие регистра ошибок машины.
- Отсутствие счетчика срабатываний датчика на поворот фланца – нет возможности определить который из двух датчиков был причиной остановки станка (важно, при недостаточном количестве импульсов срабатывания датчика станок переходит в состояние аварии).
- Симуляция работоспособности пневматических устройств возможна только посредством ручного управления распределителей на пневмоострове. Расположение пневмоострова не эргономично для проверки работоспособности (в нижней части станка, ниже всех пневматических устройств).

Причины необходимости модернизации:

- Присутствующие недостатки системы делают проверку работоспособности пневматических элементов затруднительной и требуют большее количество времени по сравнению с предложенным решением.
- Механические переключатели склонны к износу.
- В системе необходимо иметь возможность быстро определить какой датчик является причиной аварии.
- Отсутствует регистр возникших аварий.

## **1.4 Исходные материалы**

При реализации оборудования работа была основана на установленном на станке оборудовании:

- Контроллер WAGO 750-841.
- Модуль расширения WAGO 750-430, 8 дискретных входов, – 5 шт.
- Модуль расширения WAGO 750-530, 8 дискретных выходов, – 2 шт.

- AC/DC преобразователь MEANWELL DR-120-24.

Исходные технические данные и документация:

- Адресация переменных контроллера.

В таблице входов контроллера (см. Таблица 1) представлены данные о входных переменных программы и описание устройств, подключенных к входам контроллера: тэг – обозначение переменной в контроллере; операнд – физический вход контроллера, отвечающий за состояние переменной; название – описание роли конкретного устройства на оборудовании.

Таблица 1. Исходное назначение входных переменных

Входы		
Тэг	Операнд	Назначение
ВК1	%IX0.0	Датчик наличия крышек
ВК2	%IX0.1	Датчик наличия крышек
DZ	%IX0.2	Датчик карбонблока
A1	%IX0.3	Датчик суппорта
A2	%IX0.4	Датчик суппорта
A3	%IX0.5	Датчик суппорта
B1	%IX0.6	Датчик суппорта
B2	%IX0.7	Датчик суппорта
B3	%IX0.8	Датчик суппорта
C1	%IX0.9	Датчик поворота
C2	%IX0.10	Датчик поворота
D1	%IX0.11	Датчик поворота
D2	%IX0.12	Датчик поворота
E1	%IX0.13	Датчик каретки
E2	%IX0.14	Датчик каретки
M1	%IX0.15	Датчик ротора
M2	%IX1.0	Датчик ротора
K1	%IX1.1	Датчик подъема крышки
K2	%IX1.2	Датчик подъема крышки
L1	%IX1.3	Датчик опускания крышки
L2	%IX1.4	Датчик опускания крышки
H1	%IX1.5	Датчик перемещения крышки
H2	%IX1.6	Датчик перемещения крышки
G1	%IX1.7	Датчик перемещения крышки
G2	%IX1.8	Датчик перемещения крышки
Kn_Pusk	%IX1.9	Кнопка «Пуск»
Kn_Stop	%IX1.10	Кнопка «Стоп»
Kn_Reset	%IX1.11	Кнопка «Сброс»
Kn_Unload	%IX1.12	Кнопка «Выгрузка»

GM	%IX1.13	Готовность от Melton
CLK	%IX1.14	Счетчик 1
CLK2	%IX1.15	Счетчик 2
POV1	%IX1.16	Проверка поворота головы 1
POV2	%IX1.17	Проверка поворота головы 2

В таблице выходов (см. Таблица 2) представлены данные о выходных переменных и описание устройств, подключенных к выходам контроллера: тэг – обозначение переменной в контроллере; операнд – физический выход контроллера, отвечающий за состояние переменной; название – описание роли конкретного исполнительного устройства на оборудовании, а также тэг или группа тэгов отвечающих за отслеживание состояния конкретного исполнительного.

Таблица 2. Исходное назначение выходных переменных

Выходы		
Тэг	Операнд	Назначение
PR1	%QX0.0	Пневмораспределитель суппорта A1,B1
PR2	%QX0.1	Пневмораспределитель суппорта A2,B2
PR3	%QX0.2	Пневмораспределитель поворота C, D
PR4	%QX0.3	Пневмораспределитель каретки E
PR5	%QX0.4	Пневмораспределитель ротора M
PR6	%QX0.5	Пневмораспределитель подъема K, L
PR7	%QX0.6	Пневмораспределитель перемещения H, G
PR8	%QX0.7	Пневмораспределитель захватов F,J
PR9	%QX0.8	Пневмораспределитель иголки I1
PR10	%QX0.9	Пневмораспределитель иголки I2
Gotov	%QX0.10	Индикация готовности к работе
-	%QX0.11	<b>Не задействован</b>
R_Pusk	%QX0.12	Рабочий режим и индикация "Пуск"
Ind_Avaria	%QX0.13	Индикация режима остановки
Ind_Unload	%QX0.14	Индикация режима выгрузки
Ind_Avaria_Z	%QX0.15	Ошибка по клею

- Электрическая схема станка.
- Программа контроллера.
- Описание тэгов программы контроллера.

## 1.5 Предлагаемое решение

Для решения предоставленной задачи было решено добавить HMI фирмы Weintek. Необходимо разработать программу и дизайн для панели, а также провести модификацию программы станка с учетом внедряемого оборудования. В том числе в работе будет заменен принцип включения двигателей постоянного тока – изначально которые включаются рычагом-переключателем. При внедрении HMI целесообразнее перенести управление питанием двигателей на панель, соответственно оптимальным способом реализации будет добавить реле, которое будет управляться переключателем на панели через ПЛК, при этом питание на двигатели подается с выпрямителя через НО контакт реле.

Устройства, используемые при реализации работы:

- HMI - Weintek MT8071iP.
- Кабель Ethernet.
- Реле – OMRON G2R-1-SD 24VDC (S).
- Панель для реле – OMRON P2RFZ-05.

### 1.4.1 Реле OMRON G2R-1-SD 24VDC (S)

Для передачи электроэнергии на блок управления двигателями выбрано реле OMRON G2R-1-SD 24VDC (S). Причиной этого выбора стали:

- Совместимость с существующим оборудованием – электрические характеристики катушки реле позволяют переключать реле сигналом с выходного блока контроллера (24 В, 0.5А). Силовые контакты реле подходят по напряжению и току нагрузки цепи двигателей (24 В, 5А) [4].
- Достаточное количество контактов, не превышающее нужный функционал – одна пара контактов (SPDT) [4].
- Наличие индикатора срабатывания (LED) [4].
- Удобность типа монтажа – реле вставляется в панель реле OMRON P2RFZ-05-E [4]. Панель реле монтируется на DIN рейку [5].

Причины выбора модели панели реле OMRON P2RFZ-05-E:

- Совместимость с реле OMRON G2R-1-SD 24VDC (S) [5].
- Поддержка разных видов терминалов-клемм и проводов: кольцевые, вилочного типа, твердая жила, мягкая жила [5].

#### **1.4.2 HMI - Weintek MT8071iP**

Данный HMI выбран по следующим причинам: размера памяти устройства хватает для вмещения программы, электрические характеристики устройства соответствуют выходным характеристикам установленного на станке выпрямителя тока MEANWELL DR-120-24 [2] – рабочее напряжение устройства составляет 11-28 VDC [1], потребляемый ток 0.5 A [1], способ подключения к имеющемуся контроллеру не нуждается в добавлении дополнительных блоков связи – подключение через Ethernet [3]. Загрузка проектов осуществляется через USB носитель или с персонального компьютера через кабель Ethernet [1]. Дисплей панели обладает диагональю в 7 дюймов [1] и разрешением в 800x480 dpi [1], тип сенсорного экрана – резистивный, обладает LED подсветкой (время наработки на отказ подсветки составляет около 30000 часов [1]). В панели установлен процессор Cortex A8 [1], частота которого составляет 600 МГц [1]. Размер оперативной памяти – 128 Мб [1]. Панель может максимально содержать 1999 экранов [1]. Максимальный размер проекта, загружаемого в панель, не может превышать 16 Мб [1]. В панели присутствует функция часов реального времени, которые нужны для реализации регистра аварий. Распознавание тегов осуществляется через XML файл, который можно выгрузить из готовой программы контроллера. Создание программы для панели осуществляется в программной среде EasyBuilderPro, предоставляемой компанией Weintek.

Обусловленность выбора данного HMI:

- Функционал HMI достаточен для выполнения поставленной задачи.
- Наличие Ethernet порта дает возможность подключения к контроллеру без использования дополнительных модулей связи.
- Инженерный состав компании знаком с программным обеспечением фирмы Weintek (EasyBuilderPro) и умеет в нем работать.



## 1.5 Программа HMI

Визуализация панели HMI выполнена на программном обеспечении EasyBuilderPro. Для решения задачи создано два экрана: основной экран, на котором будут отображены: кнопки запуска, остановки и сброса аварии; переключатели, индикаторы и экран сообщений об авариях. А также экран ручного управления, в котором будет доступно управление исполнительными устройствами в ручном режиме и мониторинг датчиков. Далее приведено описание экранов, индикаторов, кнопок и панелей в разработанной программе для HMI.

### 1.5.1 Описание главного экрана (Main Screen)

Главный экран (Main Screen) изображён на рис.2

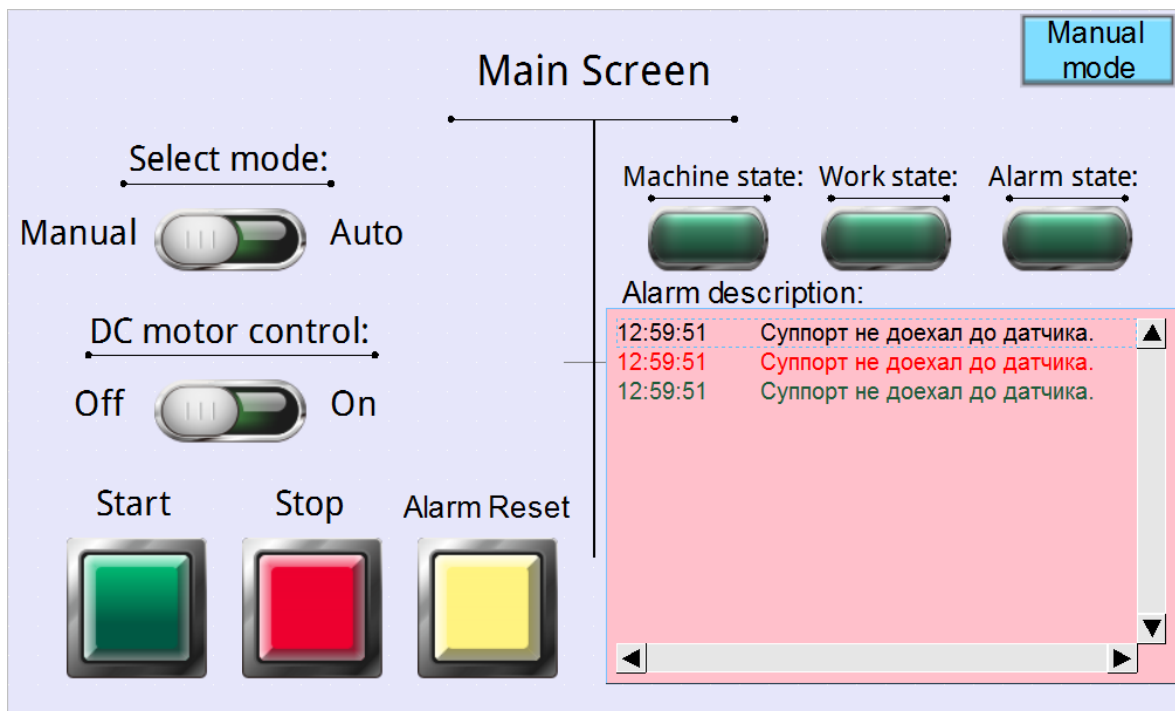


Рисунок 2. Экран "Main Screen"

Назначение элементов экрана:

- 1) Переключатель Select Mode: Manual/Auto – выбор между ручным и автоматическим режимами работы. В ручном режиме доступно управление исполнительными элементами станка. В автоматическом режиме происходит выполнение программы приклейки фланца и управление ручное управление заблокировано в целях безопасности. Во избежание ошибок при переключении с ручного режима на автоматический, исполнительные

механизмы возвращаются в исходное положение. Также при переключении режимов с Auto на Manual во время выполнения цикла программы приклейки фланца выполнение программы будет остановлено так, как будто была нажата кнопка Stop.

- 2) Переключатель DC motor control: Off/On – управление двигателями, вращающими фланец во время подачи клея. Имеется возможность отключить двигатели в случае необходимости проверить работу оборудования, не проводя при этом приклейку фланца.
- 3) Кнопка Start – Включение выполнения программы автоматического цикла склеивания. Включение не произойдет если переключатель выбора режимов (Select Mode) находится в положении Manual.
- 4) Кнопка Stop – Выключение выполнения программы автоматического цикла склеивания. Программа будет остановлена по завершению полного цикла склеивания.
- 5) Кнопка Alarm Reset – Сброс аварий, возникших при выполнении программы автоматического цикла склеивания. При нажатии программа запустится с той операции, при выполнении которой возникла авария.
- 6) Индикатор Machine state – Отображает готовность станка к запуску. Индикатор горит если станок может быть запущен в автоматическом режиме. Индикатор не горит в случае, если хотя бы одно из исполнительных устройств находится не в начальном положении.
- 7) Индикатор Work state – Отображает состояние выполнения автоматического цикла приклеивания фланца. Индикатор горит если станок запущен в автоматическом режиме и нет аварий. Индикатор не горит если станок не выполняет программу приклейки фланца или при возникновении аварии.
- 8) Индикатор Alarm state – Отображает наличие возникшей аварии. Индикатор горит если на станке возникла авария в ходе выполнения программы автоматического цикла склеивания. Индикатор не горит, в случае если аварийная ошибка отсутствует.
- 9) Экран сообщений Alarm Description – содержит информацию о возникшей ошибке. При возникновении ошибки появляется запись с временем возникновения и описанием аварии, текст сообщения будет иметь черный

цвет на момент возникновения. При устранении аварии на экране возникнет сообщение с временем устранения аварии, зеленого цвета.

10) Кнопка переключения экранов Manual mode – переключает панель на экран Manual Mode.

### 1.5.2 Описание экрана ручного управления и мониторинга датчиков (Manual mode and sensor display)

Экран ручного управления и мониторинга датчиков (Manual mode and sensor display) изображён на рис.3

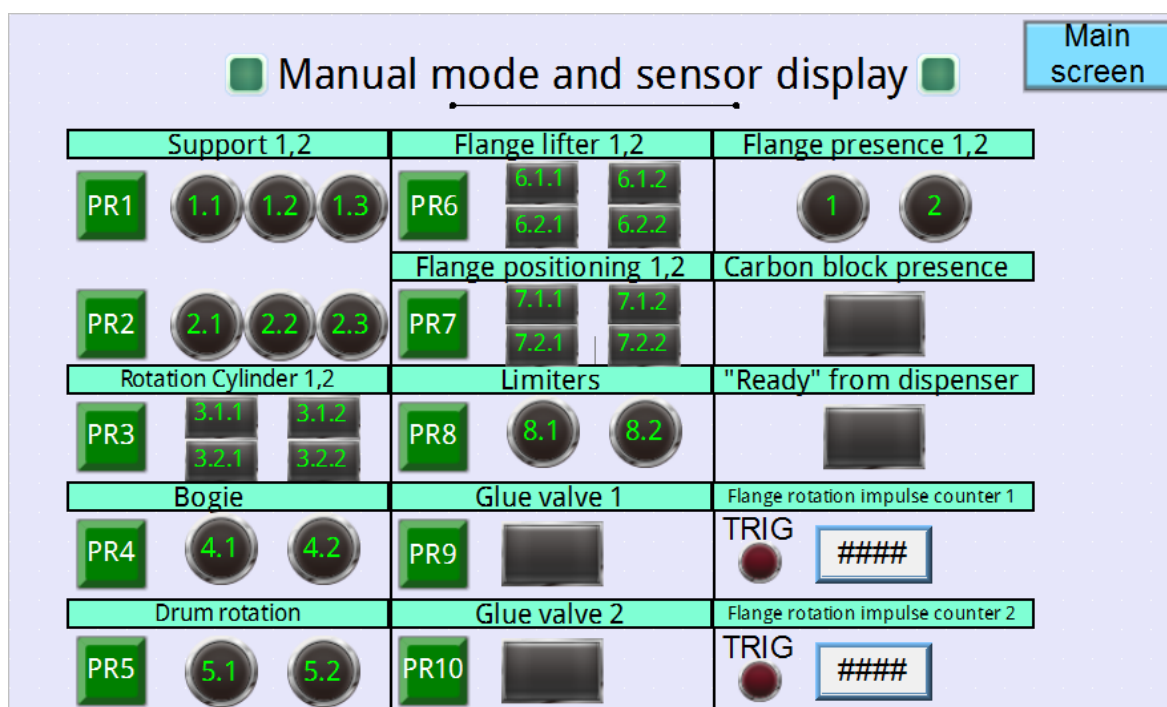


Рисунок 3. Экран "Manual mode and sensor display"

Назначение элементов экрана по секциям:

- 1) Секция Support 1,2 – содержит индикаторы и кнопки ручного управления. Кнопки отвечают за управление трех - позиционными цилиндрами. Кнопка PR1 включает пневматический распределитель, отвечающий за первую секцию цилиндров (промежуточное положение цилиндров), кнопка PR2 отвечает за вторую секцию (полностью выдвинутое положение цилиндров). Индикаторы сигнализируют срабатывание датчиков положения штоков цилиндра, где 1.1 и 2.1 начальное (целиком задвинутое) положение

цилиндров; 1.2 и 2.2 промежуточное положение; 1.3 и 2.3 конечное положение цилиндра (полностью выдвинутое)

- 2) Секция Rotation Cylinder 1,2 – содержит индикаторы и кнопки ручного управления вращающимися пневматическими цилиндрами. Кнопка PR3 включает распределитель, отвечающий за поворот цилиндров. Индикаторы 3.1.1 и 3.2.1 сигнализируют срабатывания датчика начального положения, индикаторы 3.1.2 и 3.2.2 сигнализируют срабатывание датчиков конечного повернутого положения.
- 3) Секция Bogie – содержит индикаторы и кнопки ручного управления кареткой. Кнопка PR4 включает распределитель, отвечающий за работу цилиндра каретки. Индикаторы 4.1 и 4.2 сигнализируют срабатывание датчиков начального и конечного положения цилиндра.
- 4) Секция Drum rotation – содержит индикаторы и кнопки ручного управления цилиндром, отвечающим за прокрутку барабана. Кнопка PR5 включает распределитель, отвечающий за работу цилиндра, толкающего храповик. Индикаторы 5.1 и 5.2 сигнализируют срабатывание датчиков начального положения цилиндра (задвинутого) и конечного положения (выдвинутого) соответственно.
- 5) Секция Flange lifter 1,2 - содержит индикаторы и кнопки ручного управления цилиндрами, перемещающими фланец на ротор. Кнопка PR6 включает распределитель, отвечающий за работу цилиндров. Индикаторы 6.1.1 и 6.2.1 сигнализируют срабатывание датчиков начального положения цилиндров, индикаторы 6.1.2 и 6.2.2 сигнализируют срабатывание датчика вдвинутого положения цилиндров.
- 6) Секция Flange positioning 1,2 - содержит индикаторы и кнопки ручного управления цилиндрами, перемещающими цилиндры подъема фланца (Flange lifter) под суппорт. Кнопка PR7 включает распределитель, отвечающий за работу цилиндров. Индикаторы 7.1.1 и 7.2.1 сигнализируют срабатывание датчиков начального (выдвинутого) положения цилиндров, индикаторы 7.1.2 и 7.2.2 сигнализируют срабатывание датчика вдвинутого положения цилиндров.
- 7) Секция Limiters - содержит индикаторы и кнопку ручного управления цилиндрами, отвечающими за перемещение фланца на цилиндры 6.1 и 6.2 (опускание, поднятие фланца). Кнопка PR8 включает распределитель,

- отвечающий за работу цилиндров. Индикаторы 8.1 и 8.2 отображают выдвинутое и задвинутое положение цилиндров.
- 8) Секции Glue Valve 1 и Glue Valve 2 – содержат индикаторы и кнопки ручного управления пневматическими распределителями, открывающими клапан дозировки клея. Клапан дозировки имеет нормально закрытое состояние. Кнопки PR9 и PR10 активируют Glue Valve 1 и Glue Valve соответственно. Индикаторы секций отображают состояние управляющего маркера.
  - 9) Секция Flange presence – содержит индикаторы, отображающие состояние датчиков наличия фланца 1,2.
  - 10) Секция Carbon block presence – содержит индикатор, отображающий состояние датчика наличия угольного блока.
  - 11) Секция «Ready» from dispenser – содержит индикатор, отображающий наличие сигнала готовности с клеевого аппликатора. Сигнал готовности присутствует если аппликатор достиг установленной на устройстве температуры и не присутствуют аварийные ошибки.
  - 12) Секции Flange rotation impulse counter 1 и Flange rotation impulse counter 2 – отвечают за отображение информации, связанной с контролем вращения фланца. Индикаторы TRIG отображают срабатывание датчика. В каждой секции присутствует счетчик, который отображает количество срабатывание датчика. После каждого дозирования клея количество импульсов сравнивается с установленным необходимым количеством. В случае если текущее значение меньше, включается состояние аварии. После каждой проверки текущее значение обнуляется.
  - 13) Кнопка переключения экранов Main Screen – переключает панель на экран Main Screen.
  - 14) Индикаторы Manual mode and sensor display – индикаторы у заголовка экрана. Предназначены для отображения текущего режима. Данная информация нужна потому как в автоматическом режиме работы ручное управление элементами заблокировано.

## 1.6 Электрическая схема

Исходная электрическая схема состоит из 5 листов. Часть листов было изменено в соответствии с проделанной работой.

На исходном листе 1 (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 7) изображены цепи питания блок питания AC/DC MEANWELL DR-120-24, а также подключение питания к контроллеру WAGO 750-841 и к плате управления двигателями. Внесены следующие изменения (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 8): добавлен блок HMI (A4), переключатель SA3, отвечающий за разрыв цепи питания на двигателях, заменен контактом реле K6. В том числе добавлена Ethernet линия связи HMI с контроллером. Измененные элементы выделены на Рисунке 4.

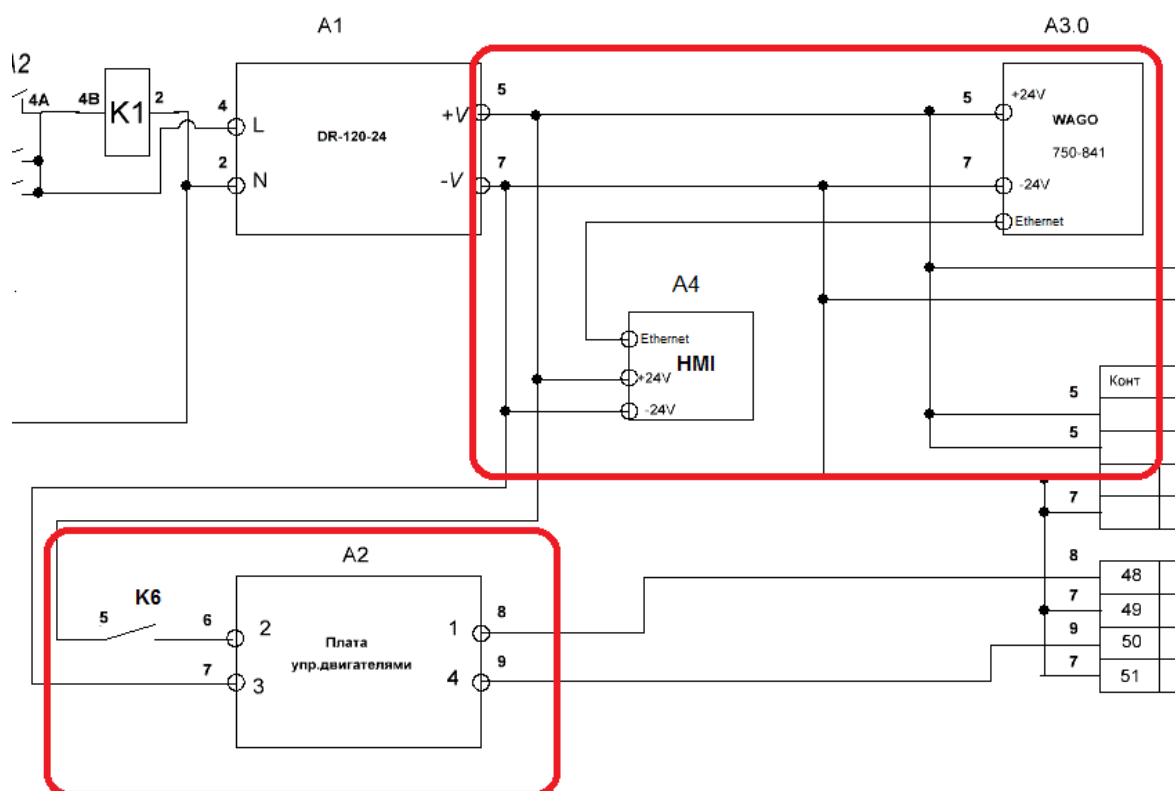


Рисунок 4. Изменения в листе 1. Добавленные устройства и линии.

На исходном листе 2 (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 9) изображены подключения датчиков к контактной шине (X2) и дальнейшее подключение датчиков от контактной шины к блокам входов контроллера (A3.1 и A3.2). Этот лист остался без изменений.

На исходном листе 3 (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 10) изображены подключения датчиков и кнопок к контактной шине (X2) и дальнейшее подключение к входным блокам контроллера (А3.3, А3.4 и А3.5). Внесены следующие изменения (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 11): Убраны элементы и подключения элементов, функционал которых не нужен после добавления НМІ, в частности – кнопки «СТАРТ», «СТОП», «СБРОС» и «РАЗГРУЗКА», также убран ПДУ. Измененные элементы выделены на Рисунке 5.

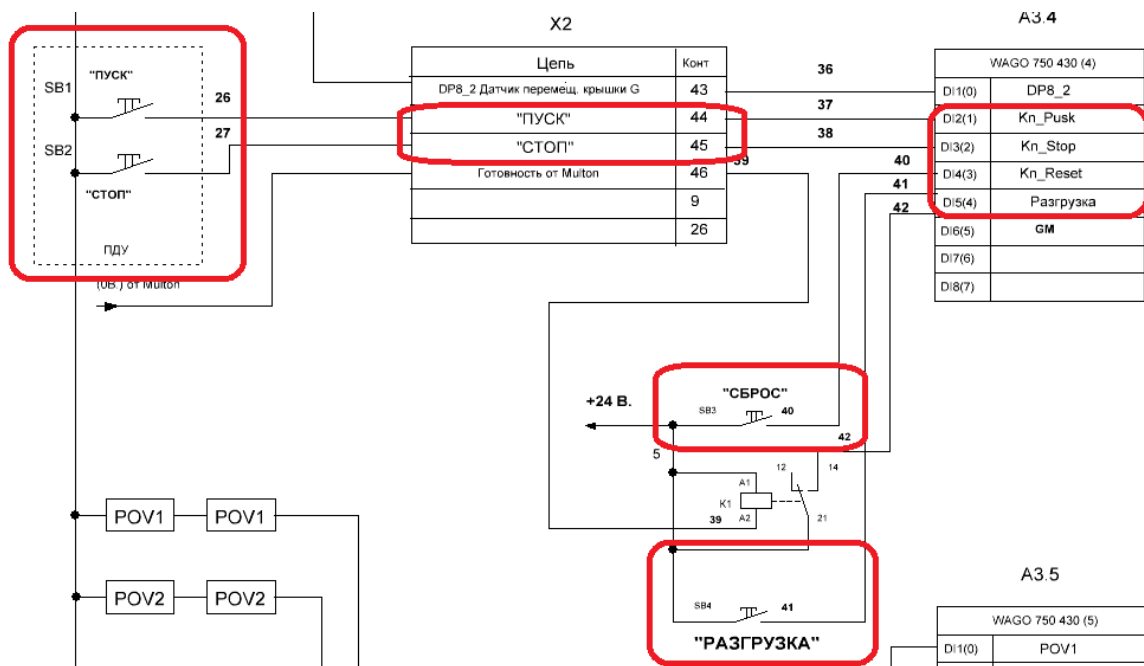


Рисунок 5. Изменение в листе 3. Выделены убранные устройства.

На исходном листе 4 (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 12) изображены подключение исполнительных устройств к контактной шине (X2) и дальнейшее подключение к выходным блокам контроллера (А3.5 и А3.6), ПДУ и индикаторы состояния станка. Внесены следующие изменения (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 13): Убраны элементы и соединения более не задействованные, в частности – ПДУ. Переделано подключение исполнительных устройств PR9 и PR10, ранее PRB1 и

PRB2 – так как убран ПДУ. Добавлено реле К6 для управления двигателями и подключения реле. Измененные элементы выделены на Рисунке 6.

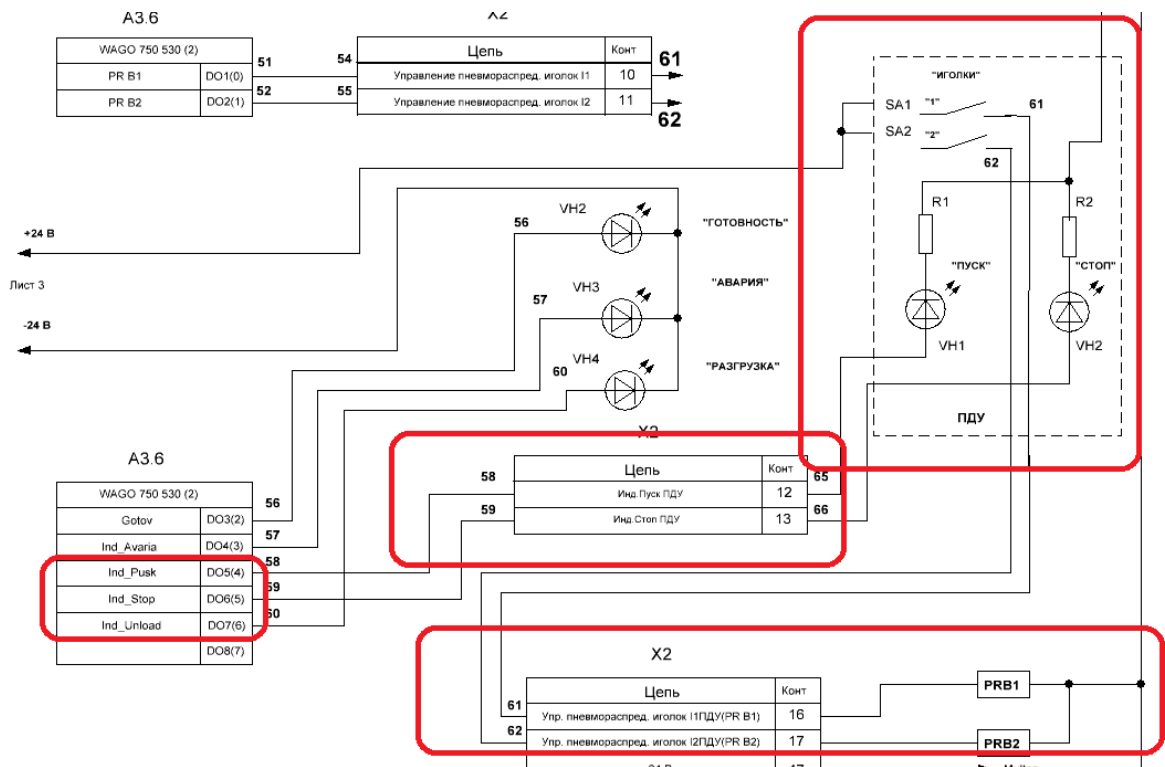


Рисунок 6. Изменения в листе 4. Выделены убранные устройства и соединения, а также переделанные цепи устройств PRB1 и PRB2.

На исходном листе 5 (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 14) изображены блоки контроллера и устройства, подключенные к каждому задействованному входу и выходу. Внесены следующие изменения (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 15): убраны не используемые подключения индикаторов с блоков выходов. Убраны не используемые подключения кнопок с блоков входов.



## 1.7 Программа контроллера

Программа контроллера написана в среде CodeSys 2.3. Поддерживаемый способ подключения PLC к HMI – CodeSys v2 (Symbolic Addressing) (Ethernet). Для обеспечения корректного выполнения задачи HMI в программе контроллера были произведены следующие изменения:

- Теги управления цилиндрами были задекларированы как глобальные теги – чтобы их можно было переключать через панель HMI. (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 16)
- Теги индикаторов и кнопок также были задекларированы как глобальные теги.
- Создана логика, при которой нельзя управлять исполнительными элементами станка во время работы в автоматическом режиме. (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 17)
- Добавлено управление исполнительными элементами в ручном режиме. Созданы глобальные теги для кнопок HMI.
- Создана логика, при которой при переходе в автоматический режим устройства возвращаются в исходное положение. Это сделано для того, чтобы обезопасить исполнительные элементы на тот случай если кнопка управления была нажата. (см. ДОПОЛНЕНИЯ: Рисунок 18)
- Созданы необходимые теги для управления: тег режима работы, тег управления реле двигателей
- Созданы теги аварий для отображения в регистре на панели HMI.
- Теги счетчиков датчиков поворота фланца сделаны глобальными чтобы их значение можно было видеть на HMI.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Представленный вариант дальнейшей модификации оборудования можно считать полезным так как эти изменения направлены на то, чтобы расширить как функции отслеживания работы датчиков и счетчиков, так и на расширение возможности работы технического персонала с оборудованием. А именно позволяет совершать управление исполнительными устройствами станка, что должно сделать проверку и техническое обслуживание оборудования более удобным и быстрым. Экраны интерфейса человек-машина выполнены с учетом программы контроллера, в частности кнопки управления исполнительными устройствами в ручном режиме (экран Manual mode and sensor display) имеют не только словесное описание, но и обозначены в соответствии с тегами контроллера. Интерфейс пользователя создан таким образом чтобы можно было различить назначения элементов экрана (кнопок, индикаторов, счетчиков и регистров). Выбранное оборудование соответствует поставленной задаче – памяти панели HMI достаточно на реализацию задачи, объекты программного обеспечения визуализации панели позволяют создать кнопки, индикаторы, счетчика, обозначения и регистр аварий. Подключение контроллера к панели HMI осуществляется без добавления в оборудования дополнительных элементов связи через Ethernet кабель. Электрические характеристики питания панели HMI и реле управления двигателями подходят к оборудованию. Данная работа была продумана так, чтобы в ней было задействовано минимальное количество новых элементов для воплощения поставленной задачи.

## **SUMMARY**

Provided variant of the continued modification of the specified piece of machinery can be considered useful because the changes described in this work are pointed toward not only the indication of the sensor values, but also toward the extension of the capabilities of the technical and maintenance personnel while working with the gluing machine. Specifically, the suggested modifications allow the ability to control devices in manual mode, which must make the fulfilment of maintenance and repair tasks faster and more convenient. Screens of the HMI are made according to PLC program, specifically control buttons for the Manual mode are not only named but also signed with accordance to PLC tags. User interface is developed in such a way that the user can clearly determine the functions of buttons, indicators, counters and registers. Chosen equipment is suited for the task at hand – the memory of the HMI is sufficient for the desired project, software visualization objects are providing the ability to create buttons, indicators, counters, descriptions and alarm registers. PLC connection to the HMI is made without the use of additional equipment via the Ethernet cable. Electrical supply characteristics of the HMI panel and the relay correspond with the existing power supply. The provided work is created in the way so that minimum amount of new equipment is implemented to fulfil the placed task.

## KOKKUVÕTE

Esitatud võimalust seadmete edasiseks modifitseerimiseks võib kaaluda, kuna need muudatused on suunatud nii andurite ja loendurite töö jälgimise kasulike funktsioonide laiendamisele kui ka tehnilise personali võimekuse laiendamisele seadmetega töötamiseks. Nimelt võimaldab see juhtida masina täitevseadmeid, mis peaks muutma seadmete kontrolli ja hoolduse mugavamaks ja kiiremaks. HMI ekraanid luuakse vastavalt PLC programmile, eelkõige on käsirežiimi juhtnupud mitte ainult nimetatud, vaid ka allkirjastatud vastavalt PLC siltidele. Kasutajaliides on loodud nii, et kasutaja saab selgelt määratleda nuppude, indikaatorite, loendurite ja registreerivate funktsioonid. Valitud seadmed sobivad antud ülesande täitmiseks - HMI mälust piisab soovitud projekti jaoks, visualiseerimistarkvara objektid annavad võimaluse luua nuppe, indikaatoreid, loendureid, kirjeldusi ja häireregistreid. PLC ühendamise HMI-ga toimub Etherneti kaabli kaudu lisaseadmeid kasutamata. HMI paneeli ja releede toiteandmed vastavad olemasolevale toiteallikale. Antud töö on kavandatud nii, et ülesande täitmiseks võetakse kasutusele minimaalselt uusi seadmeid.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Технические данные панели HMI Weintek MT8071iP. [Online]  
<https://www.weintek.net/MT8071iP.html> (29.12.2021)
2. Технические данные блока питания AC/DC. [Online]  
<http://www.mean-well.ru/uploads/files/datasheets/DR-120-24.pdf>  
(29.12.2021)
3. Технические данные контроллера WAGO 750-841. [Online]  
<https://www.wago.com/global/plcs-%E2%80%93-controllers/controller-ethernet/p/750-841>  
(29.12.2021)
4. Технические данные реле OMRON G2R-1-SD 24VDC (S). [Online]  
<https://industrial.omron.eu/en/products/G2R-1-SD-24VDC-S>  
(29.12.2021)
5. Технические данные панели реле OMRON P2RFZ-05-E. [Online]  
<https://industrial.omron.eu/en/products/P2RFZ-05-E>  
(29.12.2021)
6. Проектная документация предприятия. Станок B510.

# ДОПОЛНЕНИЯ

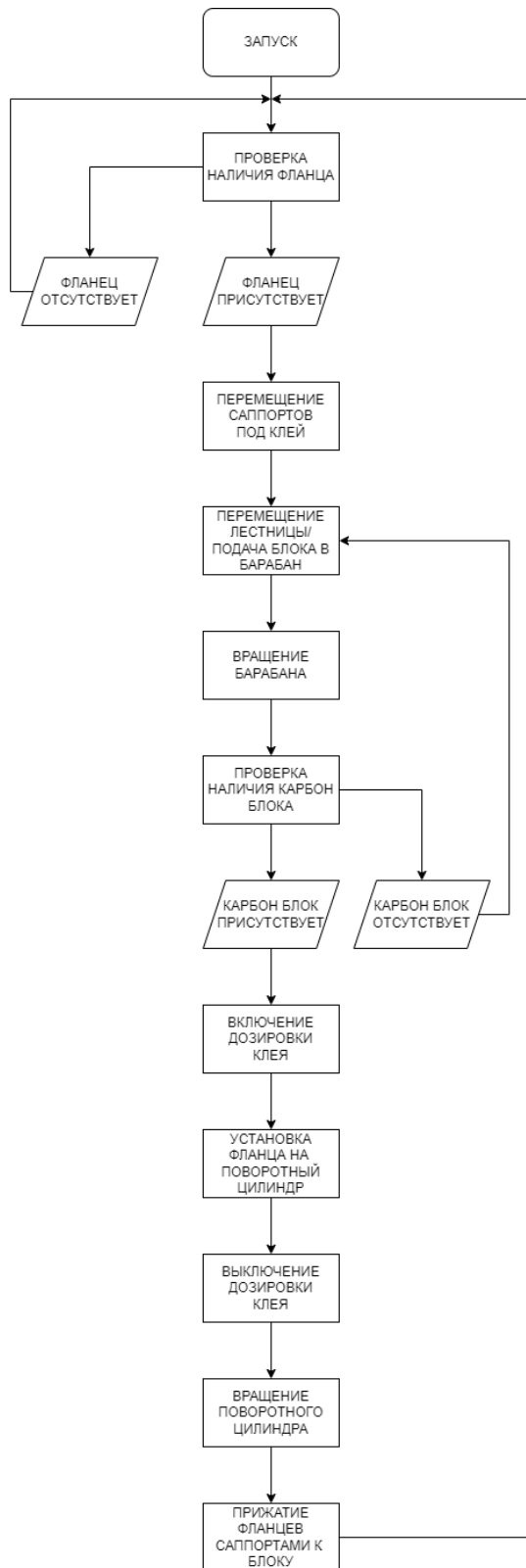


Рисунок 1. Алгоритм операций станка по приклейке фланцев.

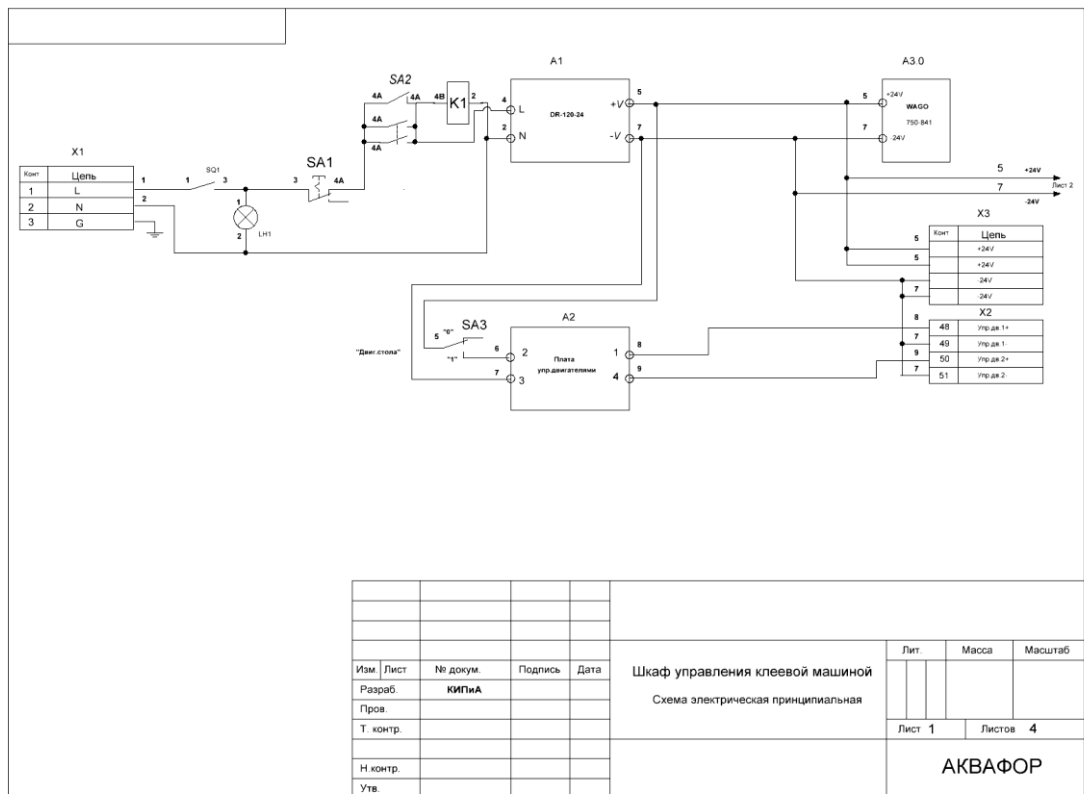


Рисунок 7. Лист 1. Принципиальная электрическая схема. Исходная. [6]

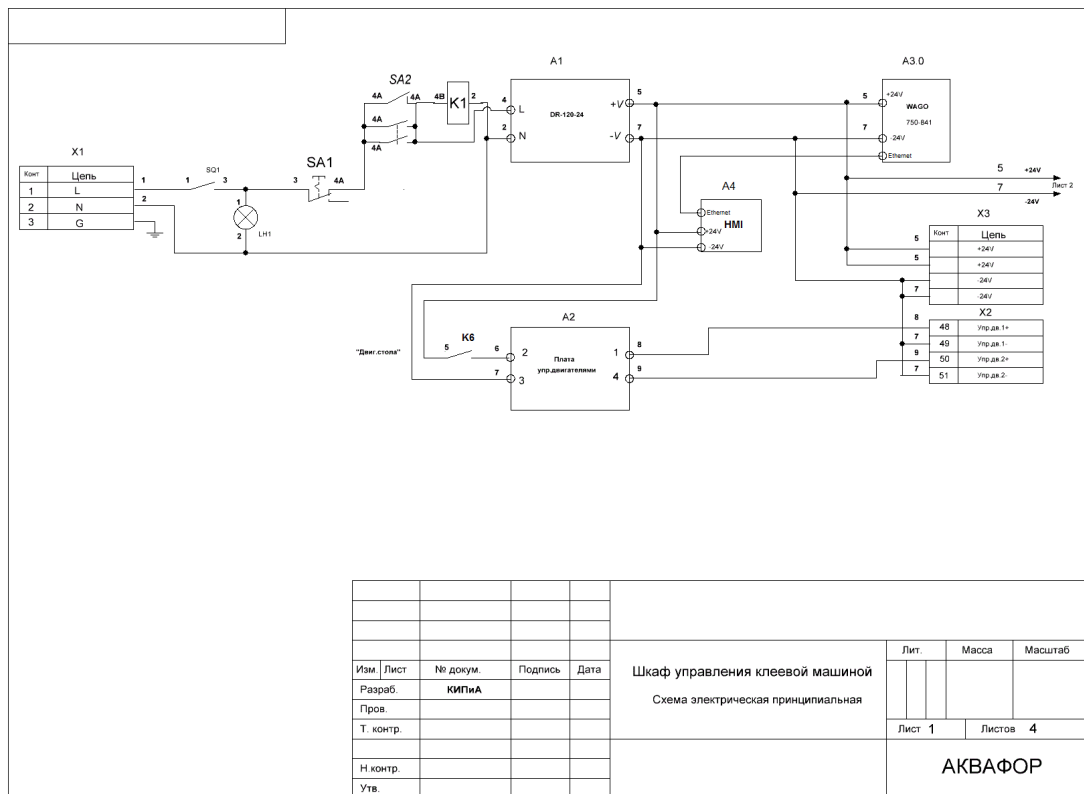


Рисунок 8. Лист 1. Принципиальная электрическая схема. Измененная



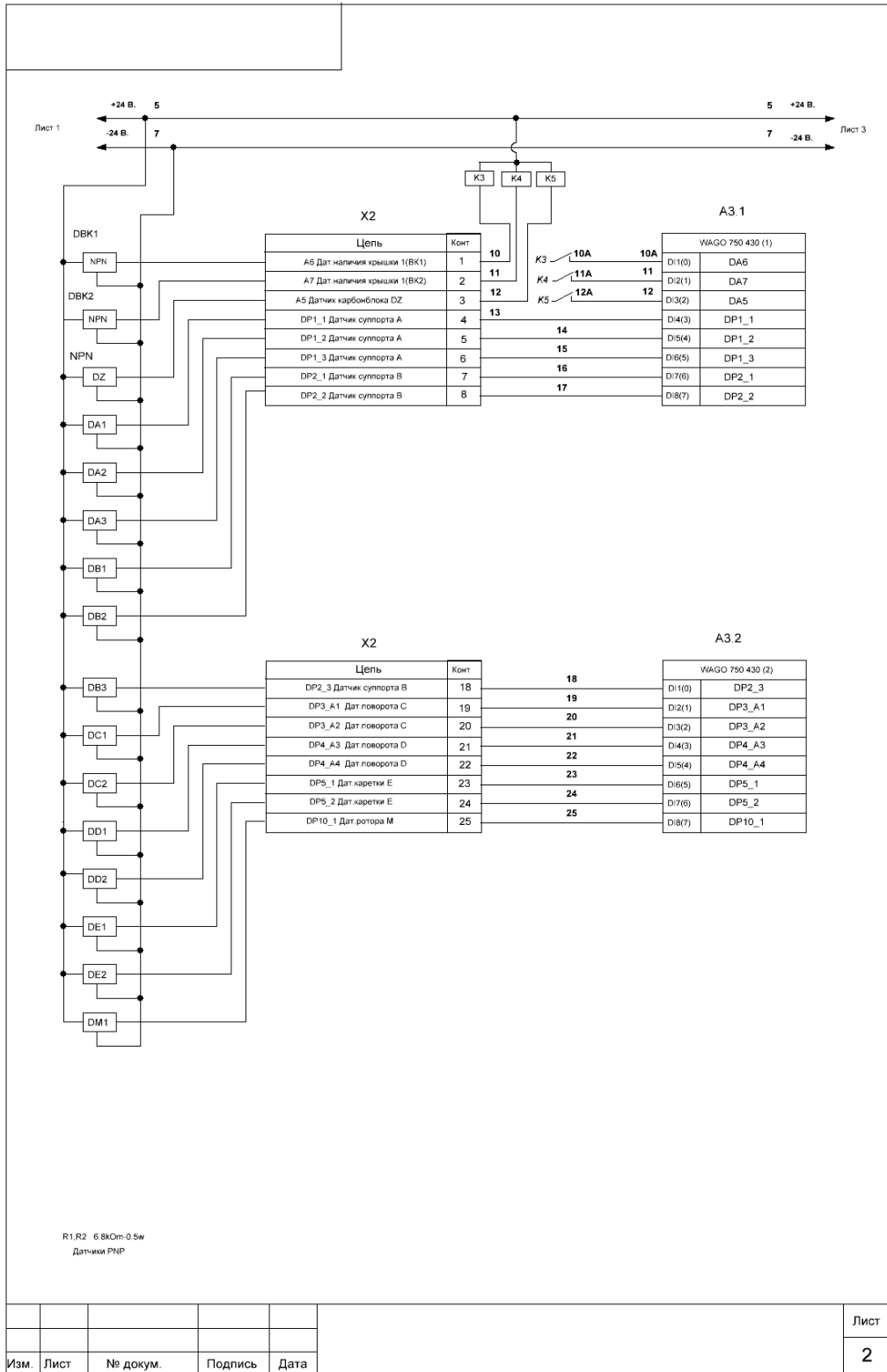


Рисунок 9. Лист 2. Схема подключения датчиков к контроллеру. Исходная. [6]

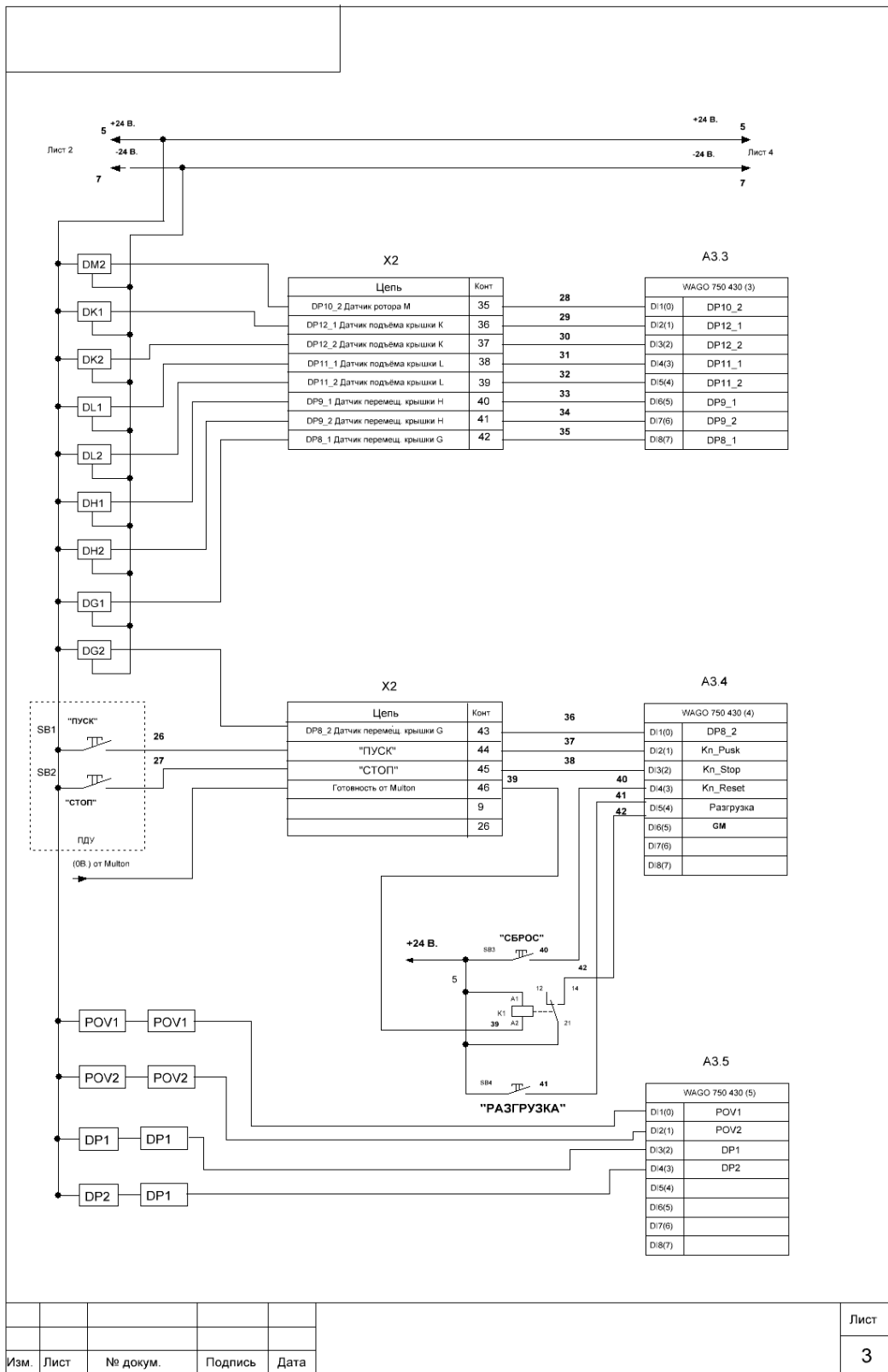


Рисунок 10. Лист 3. Схема подключения датчиков и кнопок к контроллеру. Исходная. [6]

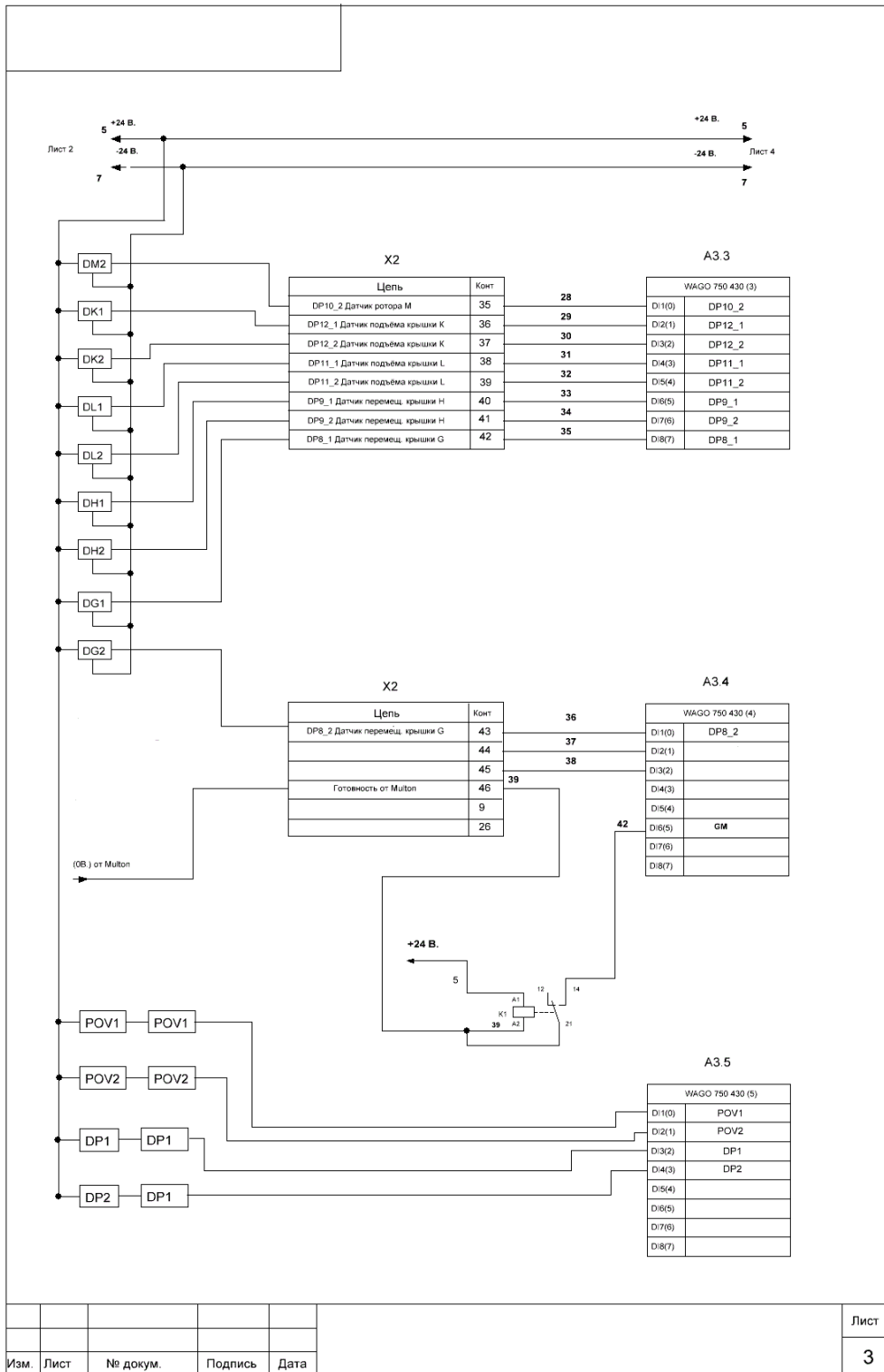


Рисунок 11. Лист 3. Схема подключения датчиков и кнопок к контроллеру. Измененная.

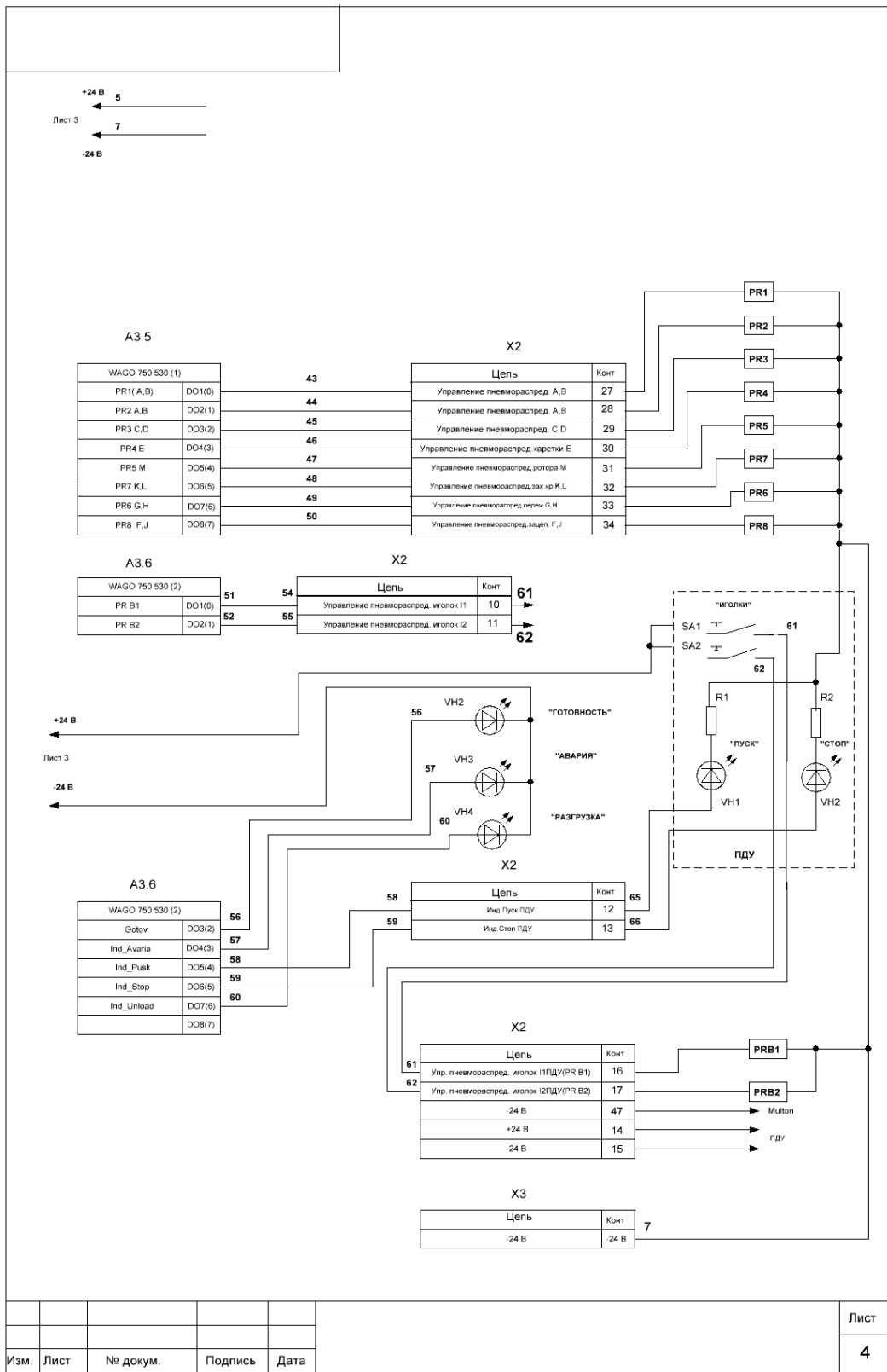


Рисунок 12. Лист 4. Схема подключения исполнительных устройств, индикаторов и ПДУ к контроллеру. Исходная. [6]

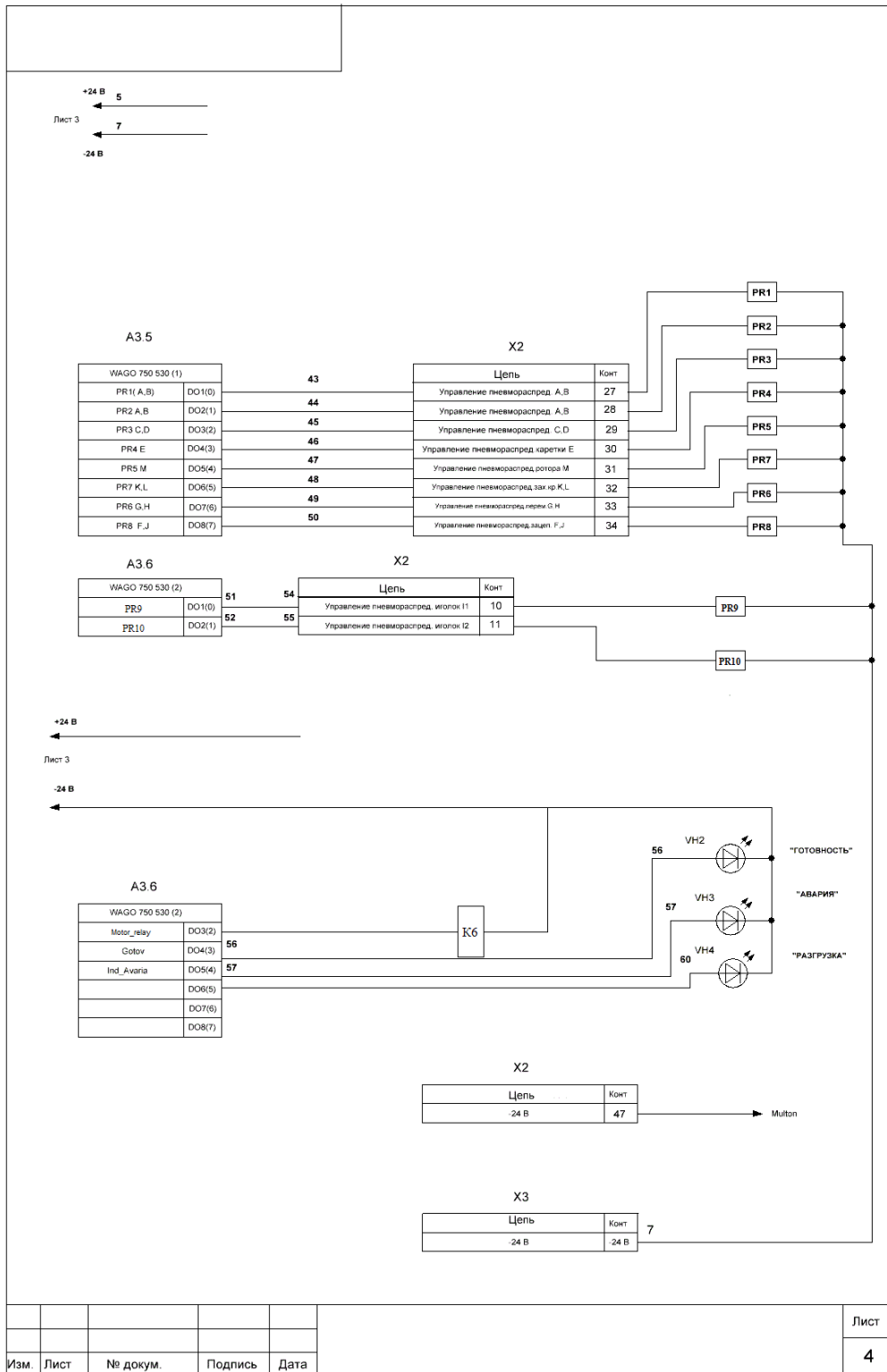


Рисунок 13. Лист 4. Схема подключения исполнительных устройств, индикаторов и ПДУ к контроллеру. Измененная.

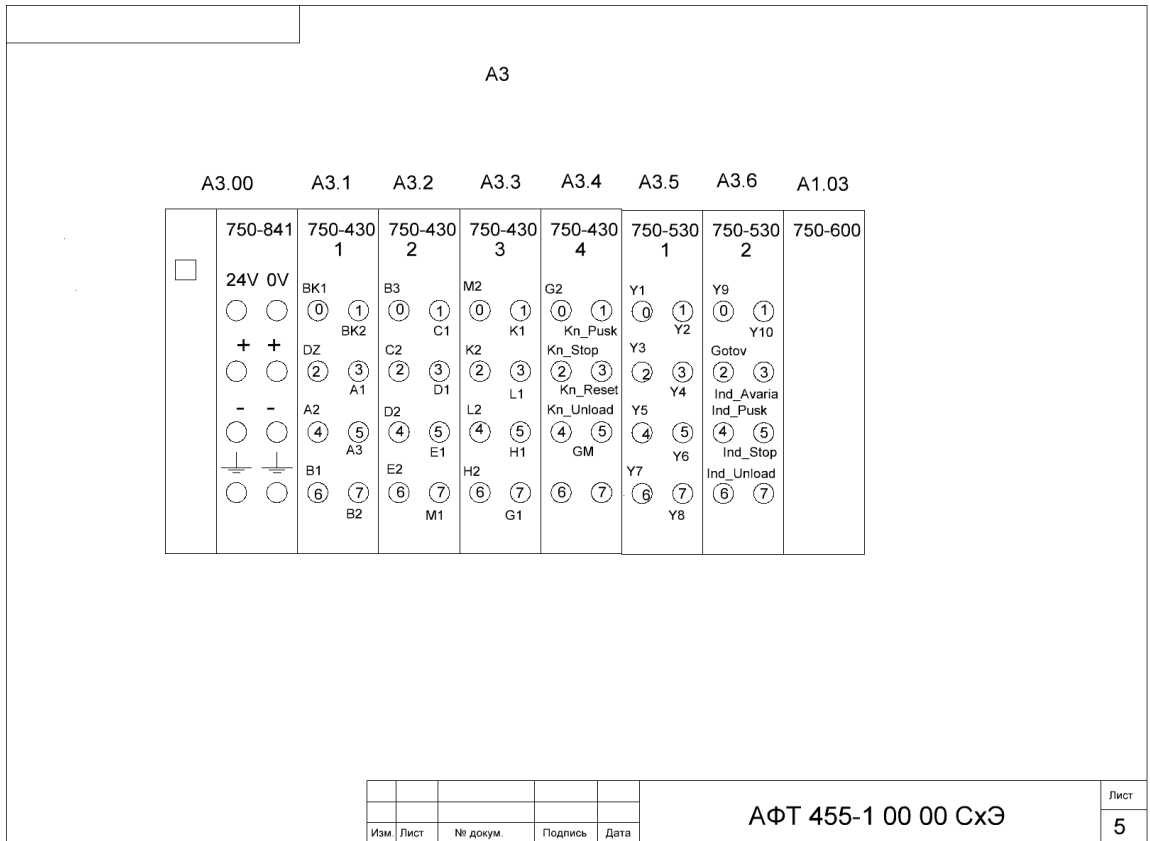
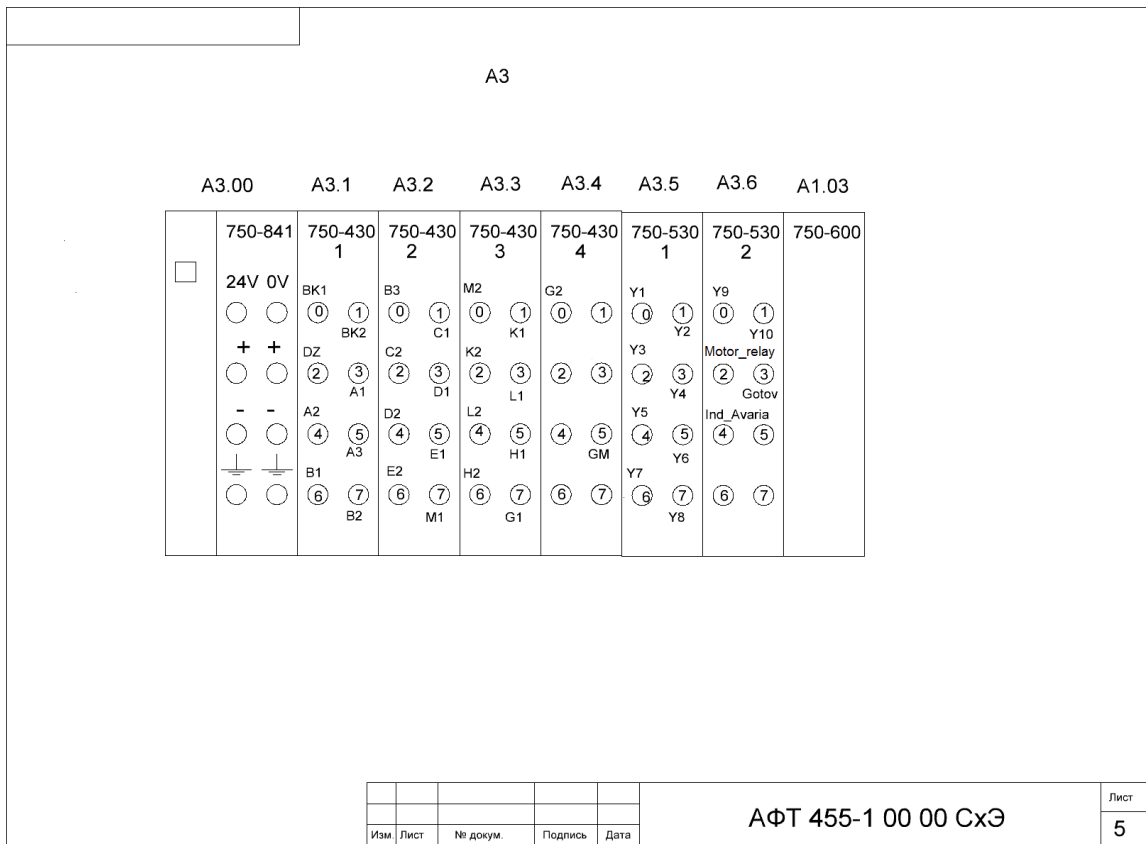


Рисунок 14. Лист 5. Схема подключенных к контроллеру элементов. Исходная. [6]



wag

Рисунок 15. Лист 5. Схема подключенных к контроллеру элементов. Измененная.

0064	(*Операнды HMI*)		
0065	Man_Auto:	BOOL;	(*HMI: переключатель MANUAL/AUTO*)
0066	Motor_Control:	BOOL;	(*HMI: вкл/выкл двигателей*)
0067	Man_PR1:	BOOL;	(*HMI: управление PR1*)
0068	Man_PR2:	BOOL;	(*HMI: управление PR2*)
0069	Man_PR3:	BOOL;	(*HMI: управление PR3*)
0070	Man_PR4:	BOOL;	(*HMI: управление PR4*)
0071	Man_PR5:	BOOL;	(*HMI: управление PR5*)
0072	Man_PR6:	BOOL;	(*HMI: управление PR6*)
0073	Man_PR7:	BOOL;	(*HMI: управление PR7*)
0074	Man_PR8:	BOOL;	(*HMI: управление PR8*)
0075	Man_PR9:	BOOL;	(*HMI: управление PR9*)
0076	Man_PR10:	BOOL;	(*HMI: управление PR10*)
0077			
0078	(*Кнопки HMI*)		
0079	Kn_Pusk:	BOOL;	(*Кнопка пуска*)
0080	Kn_Stop:	BOOL;	(*Кнопка стопа*)
0081	Kn_Reset:	BOOL;	(*Кнопка сброс*)
0082			
0083	(*Индикаторы HMI*)		
0084	Gotov:	BOOL;	(*Индикация готовности к работе*)
0085	Ind_Avaria:	BOOL;	(*Индикация аварийного режима*)
0086			
0087	(*Операнды аварий для HMI*)		
0088	Avaria_1:	BOOL;	(*Суппорт не доехал до датчика. Начальное положение. (A1/B1)*)
0089	Avaria_2:	BOOL;	(*Каретка не доехала до датчика. (E2)*)
0090	Avaria_3:	BOOL;	(*Ротор не доехал до датчика. (M2)*)
0091	Avaria_4:	BOOL;	(*Ротор не доехал до датчика. (M1)*)
0092	Avaria_5:	BOOL;	(*Каретка не доехала до датчика. (E1)*)
0093	Avaria_6:	BOOL;	(*Забирающий фланец цилиндр не доехал до датчика. Положение под кареткой. (K2/L2)*)
0094	Avaria_7:	BOOL;	(*Забирающий фланец цилиндр не доехал до датчика. Положение под кареткой. (K1/L1)*)
0095	Avaria_8:	BOOL;	(*Цилиндр перемещения фланца не доехал до датчика. Положение под ротором. (H2/G2)*)
0096	Avaria_9:	BOOL;	(*Цилиндр поворота не доехал до датчика. Под ротор. (C2/D2)*)
0097	Avaria_10:	BOOL;	(*Забирающий фланец цилиндр не доехал до датчика. Положение под ротором. (K2/L2)*)
0098	Avaria_11:	BOOL;	(*Забирающий фланец цилиндр не доехал до датчика. Положение под кареткой. Положение под ротором. (K1/L1)*)
0099	Avaria_12:	BOOL;	(*Цилиндр перемещения фланца не доехал до датчика. Положение под кареткой. (H2/G2)*)
0100	Avaria_13:	BOOL;	(*Суппорт не доехал до датчика. Среднее положение. (A2/B2)*)

Рисунок 16. Пример задекларированных глобальных тегов.

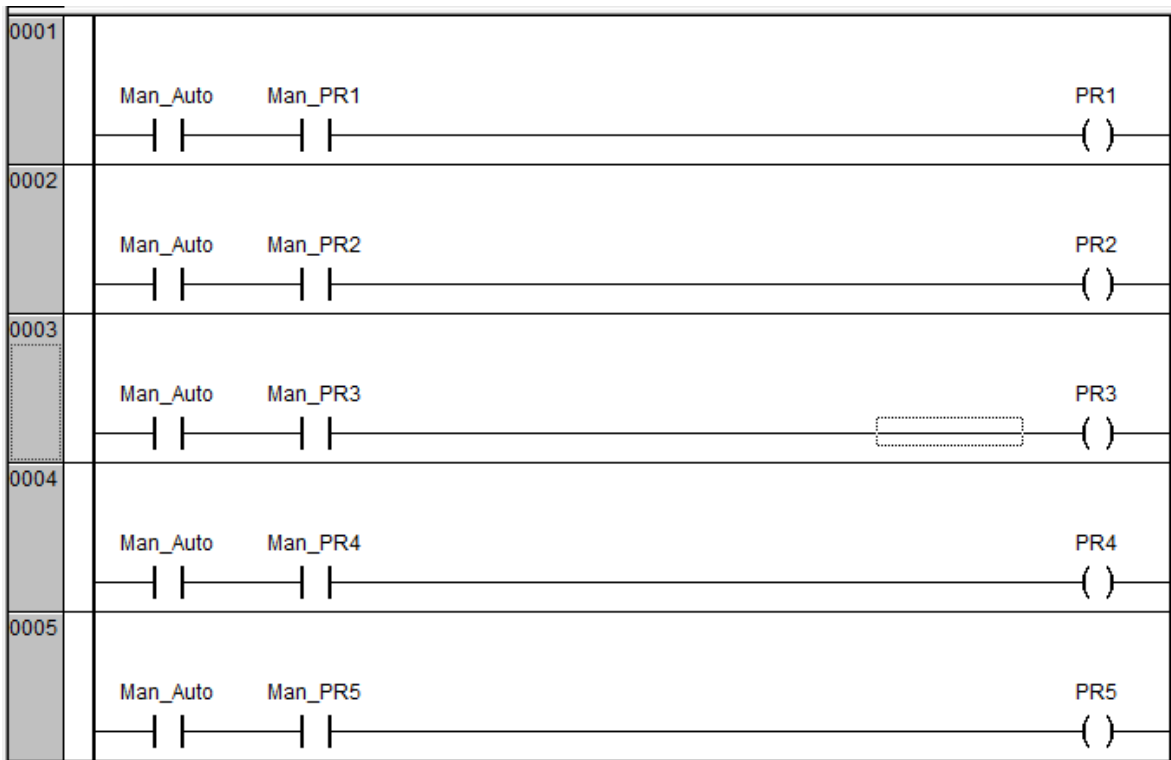


Рисунок 17. Пример управления исполнительными устройствами.





Рисунок 18. Пример сброса значения тегов ручного управления при включении в автоматический режим.

## **ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**