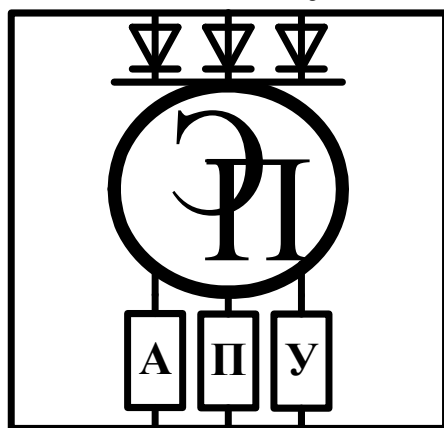


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСТРОЙСТВА В МЕХАТРОНИКЕ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию  
для студентов направления подготовки  
15.03.06 «Мехатроника и робототехника»  
дневной формы обучения*



Могилев 2024

УДК 629.113:004.65  
ББК 39.33:32.973  
И74

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Электропривод и АПУ» «30» августа 2024 г.,  
протокол № 1

Составитель канд. техн. наук, доц. Л. Г. Черная

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина

Методические рекомендации к курсовому проектированию предназначены для студентов направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» дневной обучения формы. Рассмотрены аспекты проектирования информационно-измерительных систем мехатронных модулей, разработки структуры и функциональных схем систем автоматизации с применением микропроцессорных контроллеров, промышленных компьютеров и программного обеспечения. Приведены методические указания по выполнению разделов курсовой работы, рассмотрены типовые примеры.

Учебное издание

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСТРОЙСТВА В МЕХАТРОНИКЕ

Ответственный за выпуск	А. С. Коваль
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2024

## Содержание

Введение .....	4
1 Курсовая работа, ее характеристика.....	5
2 Содержание курсовой работы.....	5
3 Задание на курсовую работу.....	7
4 Методические указания по выполнению курсовой работы.....	10
Список литературы.....	45

## Введение

Целью курсовой работы является закрепление на практике знаний, полученных при изучении дисциплины «Информационные технологии и устройства в мехатронике», освоение студентами теории, основных параметров, системы обозначений и способов использования основных аналоговых, цифровых и микропроцессорных информационно-измерительных систем и устройств робототехники.

При выполнении курсовой работы студент покажет знания внутренней структуры, основных параметров и характеристик датчиков и информационно-измерительных устройств, систем обозначений и области применения, методов расчета режимов и выбора информационно-измерительных устройств, их особенностей с точки зрения применения в робототехнических системах.

При выполнении курсовой работы студент также покажет умение производить выбор информационно-измерительных устройств исходя из поставленных целей и задач, производить расчет показателей режимов работы.

В результате выполнения курсовой работы студент проведет анализ областей применения промышленных роботов, рассмотрит принципы их работы и основные компоненты, а также структурные и функциональные схемы построения промышленных роботов.

В ходе выполнения курсовой работы студент проведет анализ промышленных датчиков, используемых в промышленных условиях, отличающихся агрессивной средой и, соответственно, повышенными требованиями к информационным устройствам сбора информации, и выполнит расчёты основных типов датчиков с заданными исходными параметрами.

Промышленный робот является достаточно распространённым примером мехатронной системы, включающей разнообразные информационные устройства.

## 1 Курсовая работа, ее характеристика

В седьмом семестре студенты направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» дневной формы обучения выполняют курсовую работу по дисциплине «Информационные технологии и устройства в мехатронике» на тему «Разработка информационно-измерительной системы для управления мехатронным модулем».

Целью курсовой работы является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины.

Каждому студенту выдается индивидуальное задание на курсовую работу. Объем пояснительной записки – 30 страниц формата А4. Графическая часть – 2 листа формата А1. Рекомендуются пояснительную записку и графическую часть работы выполнять автоматизированным способом, используя изученные программные продукты.

## 2 Содержание курсовой работы

Состав курсовой работы и перечень этапов выполнения представлен на рисунке 1.

<b>Содержание пояснительной записки</b>
Титульный лист. Задание. Аннотация на русском и иностранном языках. Содержание. Введение. 1 Разработка информационно-измерительной системы для управления мехатронным модулем « _____ ». 1.1 Применение информационных устройств в мехатронике. 1.1.1 Назначение и конструкция мехатронного модуля, сборочный чертеж мехатронного модуля с перечнем составных частей и электрооборудования. 1.1.2 Описание принципа действия мехатронного модуля. 1.1.3 Требования к информационно-измерительной системе автоматизации мехатронного модуля. 1.2 Проведение патентного поиска. 1.2.1 Назначение патентного поиска. 1.2.2 Справка о патентном поиске. 1.2.3 Патентная информация, отобранная для последующего анализа. 1.3 Принципы построения информационно-измерительных систем мехатронных модулей. 1.3.1 Обзор видов структур информационно-измерительных систем и физических каналов связи. 1.3.2 Методы обмена данных (методы доступа к каналам связи) в информационно-измерительных системах. 1.3.3 Составление таблицы входных и выходных сигналов. 1.3.4 Разработка схемы структурной информационно-измерительной системы автоматизации мехатронного модуля, реализация требований.

Рисунок 1 – Состав курсовой работы и перечень этапов выполнения курсовой работы

<p>1.4 Разработка схемы функциональной информационно-измерительной системы автоматизации мехатронного модуля.</p> <p>1.4.1 Выбор и обоснование аппаратных средств (датчиков, модулей ввода/вывода, контроллера(ов), исполнительных механизмов, устройства отображения информации.</p> <p>1.4.2 Описание схемы функциональной информационно-измерительной системы автоматизации мехатронного модуля.</p> <p>1.4.3 Составление спецификации средств автоматизации.</p> <p>1.5 Датчики, применяемые для сбора информации в мехатронных устройствах.</p> <p>1.5.1 Описание конструкции, принципа действия датчиков.</p> <p>1.5.2 Схемы подключения датчиков к модулям информационной системы.</p> <p>1.6 Определение функции преобразования измерительного канала информационной системы.</p> <p>Заключение.</p> <p>Список использованных источников</p>
<p style="text-align: center;"><b>Приложения</b></p> <p>Приложение А (обязательное) – Технические характеристики комплекса программно-технических средств автоматизации.</p> <p>Приложение Б (обязательное) – Листинг программы расчета функции преобразования измерительного канала информационной системы в среде MathCad</p>
<p style="text-align: center;"><b>Перечень графического материала</b></p> <p>1 Лист формата А1, шифр ... Д1 – Мехатронный модуль – «_____»:</p> <p>Рисунок 1 – Сборочный чертеж мехатронного модуля; Таблица 1 – Перечень составных частей и электрооборудования.</p> <p>2 Лист формата А1, шифр ... Д2 – Мехатронный модуль – «_____»:</p> <p>Рисунок 1 – Схема функциональная информационно-измерительной системы автоматизации мехатронного модуля; Таблица 1– Спецификация средств автоматизации</p>
<p style="text-align: center;"><b>Презентация в формате «.pptx»:</b></p> <p>слайд № 1 – Тема курсовой работы, дисциплина, студент, руководитель; слайд № 2 – Назначение, конструкция мехатронного модуля с таблицей электрооборудования; слайд № 3 – Таблица входных и выходных сигналов; слайд № 4 – Схема структурная информационно-измерительной системы автоматизации мехатронного модуля; слайд № 5 – Спецификация средств автоматизации; слайд № 6–12 – Технические характеристики комплекса программно-технических средств автоматизации</p>

Окончание рисунка 1

Итоговая оценка курсовой работы представляет собой сумму баллов за выполнение и защиту курсовой работы и выставляется в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Оценка курсовой работы

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Балл	85...100	65...84	51...64	0...50

Курсовая работа выполняется в соответствии с методическими указаниями.

### 3 Задание на курсовую работу

Исходные данные на разработку информационно-измерительной системы для управления мехатронным модулем выбираются согласно:

– результатов конструкторско-технологической практики (конструкция мехатронного модуля «\_\_\_\_\_»), требования к информационно-измерительной системе, описание принципа действия);

– варианту индивидуального задания «Определение функции преобразования измерительного канала информационной системы», таблице 2 (см. столбец «Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{исх\ i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора»).

Таблица 2 – Варианты исходных данных для определения функции преобразования измерительного канала информационной системы

Вариант индивидуального задания	Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения $U_{исх\ i}$ от перемещения рабочего органа $M_i$ робота-манипулятора
1	Таблица 3
2	Таблица 4
3	Таблица 5
4	Таблица 6
5	Таблица 7
6	Таблица 8
7	Таблица 9
8	Таблица 10
9	Таблица 11
10	Таблица 12
11	Таблица 13
12	Таблица 14
13	Таблица 15
14	Таблица 16
15	Таблица 17

#### Индивидуальное задание

1 По полученным экспериментальным данным с датчика, отображающим зависимость выходного напряжения  $U_{исх\ i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора, определить вид зависимости (линейная, нелинейная, зависимость отсутствует) по коэффициенту корреляции.

2 По полученным экспериментальным данным с датчика, отображающим

зависимость выходного напряжения от перемещения рабочего органа робота-манипулятора, получить аналитическую функцию для дальнейшего расчёта микроконтроллером промежуточных значений.

3 Построить графики полученных аналитических зависимостей  $U_V$  относительно исходных экспериментальных данных  $U_{исх}$ .

4 Определить адекватность полученной аналитической зависимости прибору.

**Исходные данные.** В таблицах 3–17 представлены экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{исх i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора.

Таблица 3 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{исх i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{исх i}, \text{ мВ}$	10	20	40	70	110	160	220	290	370
$x_i = M, \text{ мм}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450

Таблица 4 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{исх i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{исх i}, \text{ мВ}$	10	20	40	70	110	160	220	290	370
$x_i = M, \text{ мм}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450

Таблица 5 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{исх i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{исх i}, \text{ мВ}$	100	110	130	160	200	250	310	380	470
$x_i = M, \text{ мм}$	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600

Таблица 6 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{исх i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{исх i}, \text{ мВ}$	18,9	20,0	23,0	27,0	34,0	37,8	49,0	50,3	60,6
$x_i = M, \text{ мм}$	430	510	540	602	733	931	1010	1100	1180

Таблица 7 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{исх i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{исх i}, \text{ мВ}$	7,5	3,4	1,8	1,2	0,8	0,5	0,4	0,3	0,1
$x_i = M, \text{ мм}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 8 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{исх i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{исх i}, \text{ мВ}$	100	150	280	300	350	420	560	600	630
$x_i = M, \text{ мм}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450



Таблица 9 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx i}, \text{ мВ}$	15	25	45	78	120	170	230	320	450
$x_i = M, \text{ мм}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450

Таблица 10 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx i}, \text{ мВ}$	10	20	40	70	110	160	220	290	370
$x_i = M, \text{ мм}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450

Таблица 11 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx i}, \text{ мВ}$	10	20	40	70	110	160	220	290	370
$x_i = M, \text{ мм}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450

Таблица 12 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx i}, \text{ мВ}$	100	110	130	160	200	250	310	380	470
$x_i = M, \text{ мм}$	4	8	12	16	20	24	28	32	36

Таблица 13 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx i}, \text{ мВ}$	18,9	20,0	23,0	27,0	34,0	37,8	49,0	50,3	60,6
$x_i = M, \text{ мм}$	43	51	54	60	73	93	101	110	110

Таблица 14 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx i}, \text{ мВ}$	7,5	3,4	1,8	1,2	0,8	0,5	0,4	0,3	0,1
$x_i = M, \text{ мм}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 15 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx i}, \text{ мВ}$	100	150	280	300	350	420	560	600	630
$x_i = M, \text{ мм}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450

Таблица 16 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx i}, \text{ мВ}$	15	25	45	78	120	170	230	320	450
$x_i = M, \text{ мм}$	50	100	150	200	250	300	350	400	450

Таблица 17 – Экспериментальные данные с датчика, отображающие зависимость выходного напряжения  $U_{ucx\ i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора

$y_i = U_{ucx\ i}$ , мВ	150	250	450	480	500	570	610	700	850
$x_i = M$ , мм	50	100	150	200	250	300	350	400	450

### **Оформление результатов выполнения задания**

1 Задание.

2 Исходные данные.

3 Расчетные формулы с пояснениями.

4 Таблица экспериментальных и расчетных данных для аналитической зависимости датчика  $U_V = a_0 + a_1 \cdot M$ , величина среднеквадратичного отклонения  $\sigma$ .

5 График аналитической зависимости  $U_V = a_0 + a_1 \cdot M$ , и экспериментальных данных  $U_{ucx}$ .

6 Выводы об адекватности полученной аналитической зависимости датчика перемещения рабочего органа мехатронного модуля.

## **4 Методические указания по выполнению курсовой работы**

**Аннотация.** Составляется на русском и иностранном языках.

Аннотация должна содержать общие сведения (название темы, фамилия, имя студента, группа, специальность, кафедра, должность, фамилия, имя руководителя), краткую характеристику курсовой работы с указанием цели и полученного результата.

**Содержание.** Включает заголовки разделов, подразделов, пунктов, подпунктов приложений и их наименований с указанием страниц, с которых они начинаются, в пояснительной записке.

**Введение.** В нем должна быть обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи курсовой работы.

### **4.1 Применение информационных устройств в мехатронике**

*4.1.1 Назначение и конструкция мехатронного модуля, сборочный чертеж мехатронного модуля с перечнем составных частей и электрооборудования.*

Описывается назначение и конструкция мехатронного модуля.

В качестве примера рассмотрим мехатронный модуль установки определения качества готовой продукции.

Мехатронный модуль предназначен для сортировки латексных перчаток.

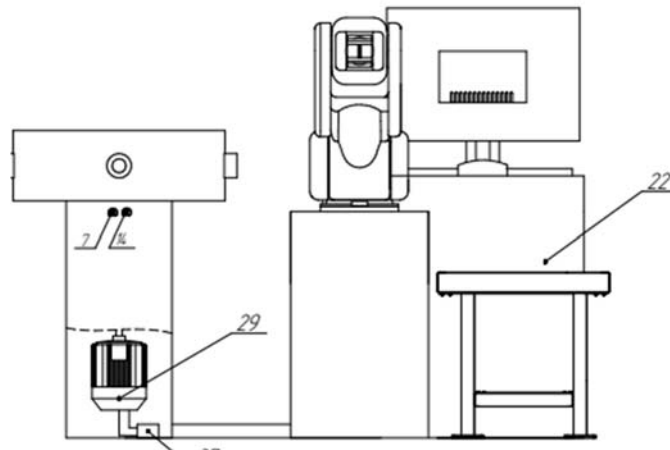
Информационно-измерительная система обеспечивает автоматическое обнаружение дефектов, таких как проколы, повреждения или неправильные размеры перчаток. Она также может осуществлять контроль соответствия перча-

ток требуемым стандартам и спецификациям. Собранные данные позволяют операторам или системе управления принимать решения о приемке или отбраковке перчаток на основе заданных критериев качества. Это помогает повысить эффективность и точность процесса контроля качества, а также уменьшить риск производства и поставки некачественной продукции.

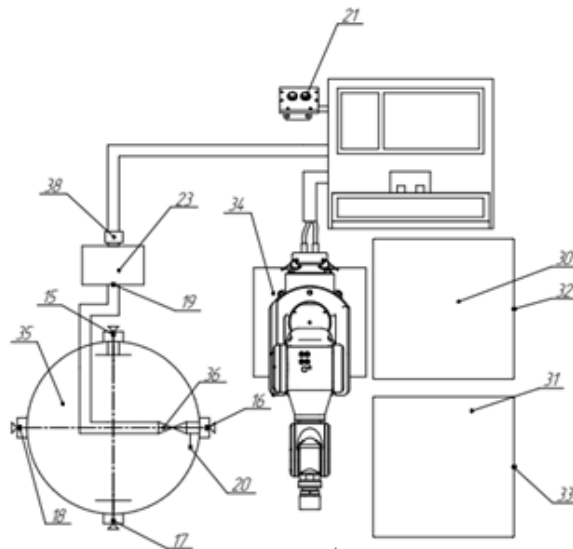
На рисунке 2 представлены основные компоненты мехатронного модуля.

Сборочный чертеж мехатронного модуля с перечнем составных частей и электрооборудования представлен на чертеже...Д1.

а)



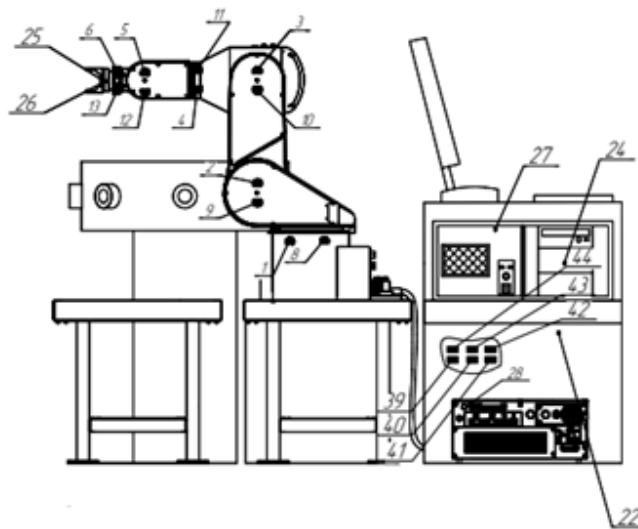
б)



а – вид спереди; б – вид сверху; в – вид сбоку

Рисунок 2 – Основные компоненты мехатронного модуля

в)



Окончание рисунка 2

#### 4.1.2 Описание принципа действия мехатронного модуля.

В качестве примера рассмотрим мехатронный модуль установки определения качества готовой продукции.

После нажатия кнопки включения компрессор начинает нагнетать воздух в систему контроля перчаток. Перчатки закрепляются на специальную установку и, как только срабатывает датчик наличия перчатки на канале для подачи воздуха, установка поворачивается, постепенно перемещая перчатку к соплу.

Как только перчатка оказывается в позиции выхода воздуха, проверяется наличие давления воздуха в системе, и если его достаточно, на 5-й секунде начинается подача воздуха. Если давление на выходе системы соответствует норме, значит перчатка качественная, робот перемещает ее в отсек для качественных перчаток. Если же давление не соответствует, то перчатка признается некачественной и робот перемещает ее в отсек для некачественных перчаток. Подача перчаток на установку происходит извне непрерывно на свободные позиции.

Основными компонентами мехатронного модуля являются следующие.

1 Промышленный робот Kawasaki RS005L (позиция 34). Kawasaki RS005L – это шестиосевой робот (робот-манипулятор), работающий с нагрузкой до 5 кг на дистанции до 903 мм. Повторяемость Kawasaki RS005L составляет 0,03 мм, а масса робота приблизительно равна 37 кг.

2 Блок электроуправления. Несет ответственность за контроль работы всех систем. В блок электроуправления входит:

- контроллер Kawasaki BX100L (позиция 28). Обеспечивает управляемое движение звеньями робота, а также взаимосвязь робота с системой управления станком и связь с оператором через пульт;

- реле (позиции 37–44). Предназначено для управления работой шести серводвигателей осей, для работы асинхронного двигателя установки и компрессора.

3 Установка контроля качества перчаток (позиция 35). Приводится в дви-

жение асинхронным электродвигателем (позиция 29). Применяется для контроля качества латексных перчаток путем оценки давления в перчатке.

Установка состоит из:

- асинхронного электродвигателя (см. позицию 29), который вращает установку вокруг своей оси;
- электропневматического клапана (позиция 36), осуществляет пропускание воздуха для оценки качества перчатки;
- компрессора (позиция 23), осуществляет подачу сжатого воздуха в систему.

4 Пульт управления установкой (позиция 21). Пульт управления используется в качестве интерфейса для управления работой робота-фрезеровщика. Панель является связующим звеном между человеком и прикладной программой мехатронного модуля.

В пульт управления входит:

- кнопка «Старт» (позиция 5) – производит запуск установки;
- кнопка «Стоп» (позиция 6) – останавливает работу установки.

5 Промышленный компьютер (позиция 24). Осуществляет отображение процессов, протекающих при перемещении рабочего органа робота, которое проходит в реальном времени при помощи человеко-машинного интерфейса. Также предоставляет доступ к данным контроллера по интерфейсу Ethernet.

6 Накопители перчаток (позиции 30 и 31). Служат накопителем для перчаток после проверки их качества. Если перчатка качественная, она перемещается в накопитель качественных перчаток (см. позицию 30). Если же перчатка некачественная, она перемещается в накопитель для некачественных перчаток (см. позицию 31). Перемещение осуществляет робот.

#### *4.1.3 Требования к информационно-измерительной системе автоматизации мехатронного модуля.*

В качестве примера рассмотрим мехатронный модуль установки определения качества готовой продукции.

Требования к мехатронному модулю контроля качества латексных перчаток могут включать следующие аспекты:

- автоматическое распознавание дефектов: мехатронный модуль может быть оборудован системой автоматического распознавания дефектов, которая способна классифицировать и определять различные типы дефектов перчаток. Это позволяет быстро и точно обнаруживать и отбраковывать перчатки с неприемлемыми дефектами;
- автоматизированное принятие решений: мехатронный модуль должен иметь возможность автоматического принятия решений на основе результатов контроля качества. Это может включать автоматическую сортировку перчаток на основе их качества или принятие решения о проведении дополнительной обработки или отбраковке определенных партий перчаток;
- интеграция в производственную линию: мехатронный модуль должен быть способен интегрироваться в производственную линию для непрерывного контроля качества перчаток. Он должен быть совместим с другими системами и процессами производства, такими как автоматическая подача материала или

упаковка готовых перчаток;

– быстроедействие и надежность: мехатронный модуль должен работать с высокой скоростью и обеспечивать надежную работу в течение продолжительного времени без сбоев или перебоев. Это важно для обеспечения эффективности и непрерывности процесса контроля качества;

– легкость использования и обслуживания: мехатронный модуль должен быть удобным в использовании и обслуживании. Он должен иметь интуитивно понятный пользовательский интерфейс, а также быть легким в настройке и обслуживании для операторов и технического персонала.

Учет этих требований при разработке мехатронного модуля контроля качества латексных перчаток поможет обеспечить высокую степень контроля и надежность в процессе производства перчаток.

## 4.2 Проведение патентного поиска

Целью патентных поисков или, как их более правильно называть патентных исследований, является получение исходных данных для обеспечения высокого технического уровня и конкурентоспособности объектов техники, использования современных научно-технических достижений и исключения дублирования разработок. Задачей патентных исследований является отбор и анализ действующих патентов, которые достаточно близко затрагивают разрабатываемый объект.

### 4.2.1 Справка о патентном поиске.

Поиск патентов и изобретений произведен в банке данных Федерального института промышленной собственности Российской Федерации (ФИПС). Патентная документация приведена в таблице 18. Международная патентная информация представлена на сайте: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).

Таблица 18 – Патентная документация

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Классификационный индекс	Заявитель (патентообладатель), страна. Номер заявки, дата публикации	Название изобретения (полной модели образца)	Сведения о действии охранного документа или причина его аннулирования (срок действия)
Датчик положения индуктивный	Российская Федерация, RU 2570232 С1 G01B 7/30	Патентообладатель: Открытое акционерное общество «Авангард» (RU)	Индукционный датчик углового положения	09.09.2034

### 4.2.2 Патентная информация, отобранная для последующего анализа.

4.2.2.1 Название изобретения – индукционный датчик углового положения.

Индекс МПК – G01B 7/30:

G – физика (раздел);

G01 – измерение; испытание (класс);

G01B – измерение длины, толщины или подобных линейных размеров; измерение углов; измерение площадей; измерение неровностей поверхностей или контуров (подкласс);

G01B 7/00 – измерительные устройства, характеризуемые использованием электрических или магнитных средств (основная группа);

G01B 7/30 – для измерения углов; для проверки соосности (подгруппа).

4.2.2.2 Область техники – изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения угловых перемещений (поворотов) с помощью преобразователя перемещения индукционного типа.

4.2.2.3 Сущность изобретения. Конструкция датчика, его структурные схемы и циклограмма работы представлены на рисунках 3–6.

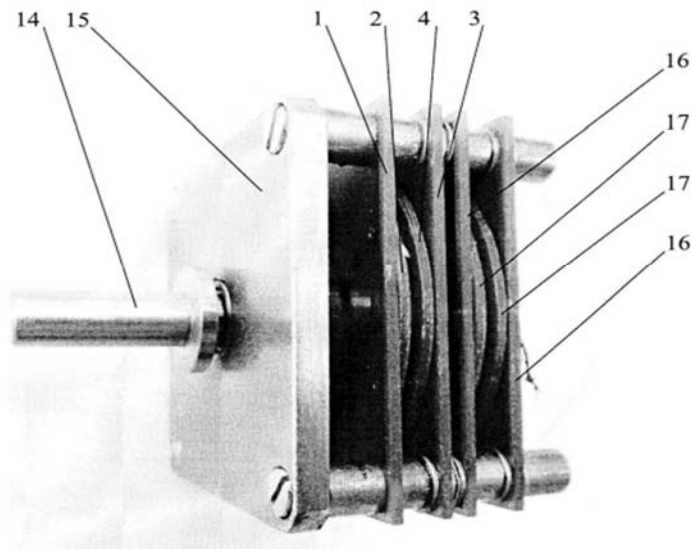


Рисунок 3 – Конструкция датчика

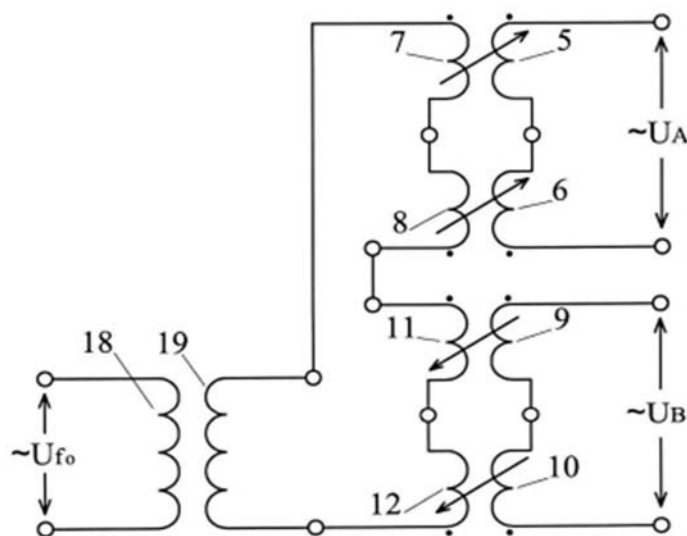


Рисунок 4 – Электрическая схема датчика

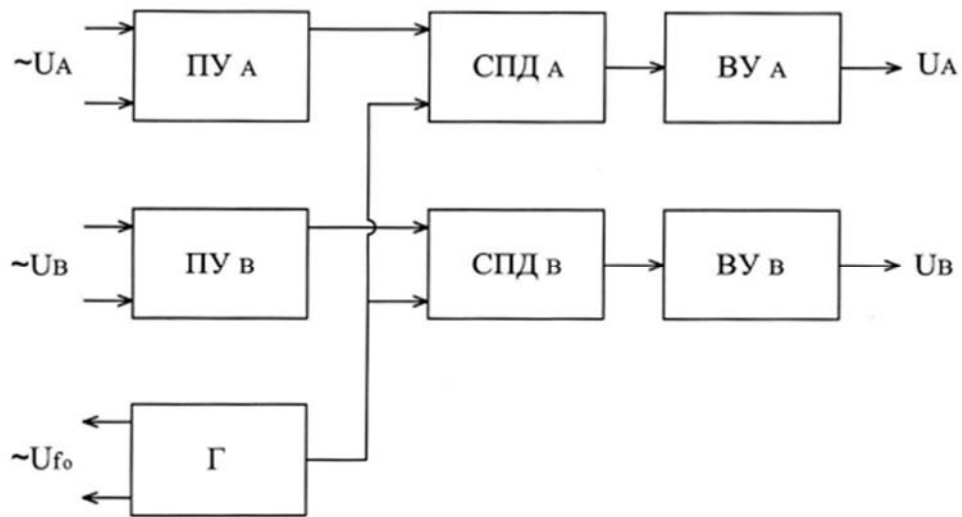


Рисунок 5 – Структурная схема датчика

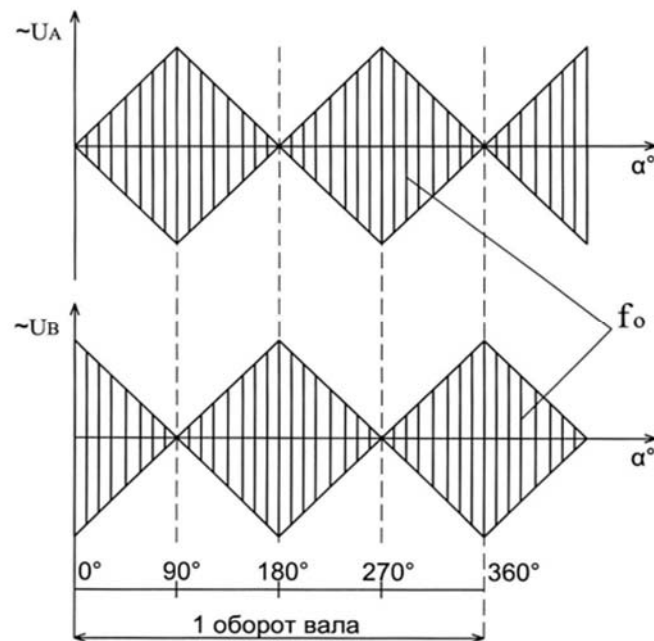


Рисунок 6 – Зависимость напряжения от угла поворота датчика

Сущность изобретения заключается в том, что индукционный датчик углового положения, содержащий установленные с общей осью вращения относительно друг друга с одной степенью свободы неподвижную и подвижную плоские пластины из диэлектрического материала, обращенные друг к другу сторонами с нанесенными на них печатными плоскими зигзагоподобными катушками индуктивности соответственно расположенными по дугам окружности активными длинными проводниками и расположенными по радиусам пассивными короткими проводниками. При этом датчик содержит две пары неподвижных и подвижных пластин, содержащих по две идентичные катушки, которые расположены равномерно в равных секторах с углом раскрытия, равным  $180^\circ$ .



Подвижные пластины жестко установлены на одном валу вращения, в одной паре пластин неподвижная и подвижные катушки расположены симметрично, а в другой паре пластин неподвижная и подвижные катушки смещены на угол, равный  $90^\circ$ . При этом на каждой пластине соответственно расположенные на них две катушки соединены между собой последовательно и встречно. Все пластины индукционного датчика углового положения с печатными катушками имеют идентичные реперные сквозные отверстия, расположенные по периферии за окружностью печатных катушек. В индукционном датчике углового положения пассивные короткие проводники печатных катушек расположены на обратной стороне пластин и соединены с длинными активными проводниками через толщину пластин при помощи металлизированных отверстий. Индукционный датчик углового положения снабжен вращающимся трансформатором, подвижная обмотка которого закреплена на валу вращения и подсоединена к зигзагоподобным катушкам индуктивности подвижных пластин датчика. Вращающийся трансформатор может быть выполнен в виде неподвижной и подвижной плоских пластин из диэлектрического материала, обращенных друг к другу сторонами с нанесенными на них печатными плоскими спиралеобразными катушками.

Индукционный датчик углового положения может быть использован для измерения угловых перемещений (поворотов) с помощью преобразователя перемещения индукционного типа.

### ***4.3 Принципы построения информационно-измерительных систем мехатронных модулей***

#### ***4.3.1 Обзор видов структур информационно-измерительных систем и физических каналов связи.***

В зависимости от распределения функций между различными техническими средствами информационной системы возможны три структуры:

- 1) централизованная;
- 2) супервизорная;
- 3) распределенная (звездообразная, кольцевая, шинная структура).

Необходимо рассмотреть:

– конструкцию, распределение функций, достоинства, недостатки каждой из приведенных структур;

– физические каналы связи. В качестве физической среды в локальных сетях используются:

- а) проводные линии связи без изолирующих и экранирующих оплеток;
- б) кабельные, где для передачи сигналов используются такие линии связи, как коаксиальный кабель (Coaxial Cable), неэкранированные (UTP) и экранированные (STP) витые пары, оптоволоконный кабель (Fiber-Optic Cable);
- в) беспроводные (радиоканалы наземной и спутниковой связи), использующие для передачи сигналов электромагнитные волны, которые распространяются по эфиру;

– конструкцию, достоинства, недостатки каждого из приведенных физических каналов связи.

#### 4.3.2 Методы обмена данных (методы доступа к каналам связи) в информационно-измерительных системах.

Для управления обменом (управления доступом к сети, арбитражу сети) используются различные методы, особенности которых в значительной степени зависят от топологии сети.

Рассмотреть детерминированные методы (метод опроса, метод передачи права) и недетерминированные методы (метод множественного доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий (столкновений) – CSMA/CD, метод шинного арбитража) доступа с учетом топологии сетей, достоинства, недостатки.

#### 4.3.3 Составление таблицы входных и выходных сигналов.

В соответствии с конструкцией и описанием принципа работы мехатронного модуля составляется таблица входных и выходных сигналов для выбора модулей программно-логического контроллера (ПЛК).

В качестве примера рассмотрим составление таблицы входных и выходных сигналов на примере мехатронного модуля – установки разгрузки изделия с поддона (таблица 19).

Таблица 19 – Таблица входных и выходных сигналов

Обозначение	Назначение	Вид	Вход/выход
SE 1-5	Датчик скорости	Дискретный (DI)	Вход
GE 2-5	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход
NS 10-5	Магнитный пускатель (M 0-5)	Дискретный (DO)	Выход
SE 1-6	Датчик скорости	Дискретный (DI)	Вход
GE 2-6	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход
NS 10-6	Магнитный пускатель (M 0-6)	Дискретный (DO)	Выход
GE 3-1	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход
GE 3-2	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход
GE 3-3	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход
HS 4-1	Кнопка «Пуск»	Дискретный (DI)	Вход
HS 4-2	Кнопка «Стоп»	Дискретный (DI)	Вход
SE 1-7	Датчик скорости	Дискретный (DI)	Вход
PE 7-1	Датчик давления	Дискретный (DI)	Вход
NS 10-8	Магнитный пускатель (Y 8-1)	Дискретный (DO)	Выход
NS 10-7	Магнитный пускатель (M 0-7)	Дискретный (DO)	Выход
SE 1-1	Датчик скорости	Дискретный (DI)	Вход
GE 2-1	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход
NS 10-1	Магнитный пускатель (M 0-1)	Дискретный (DO)	Выход
SE 1-2	Датчик скорости	Дискретный (DI)	Вход
GE 2-2	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход

Окончание таблицы 19

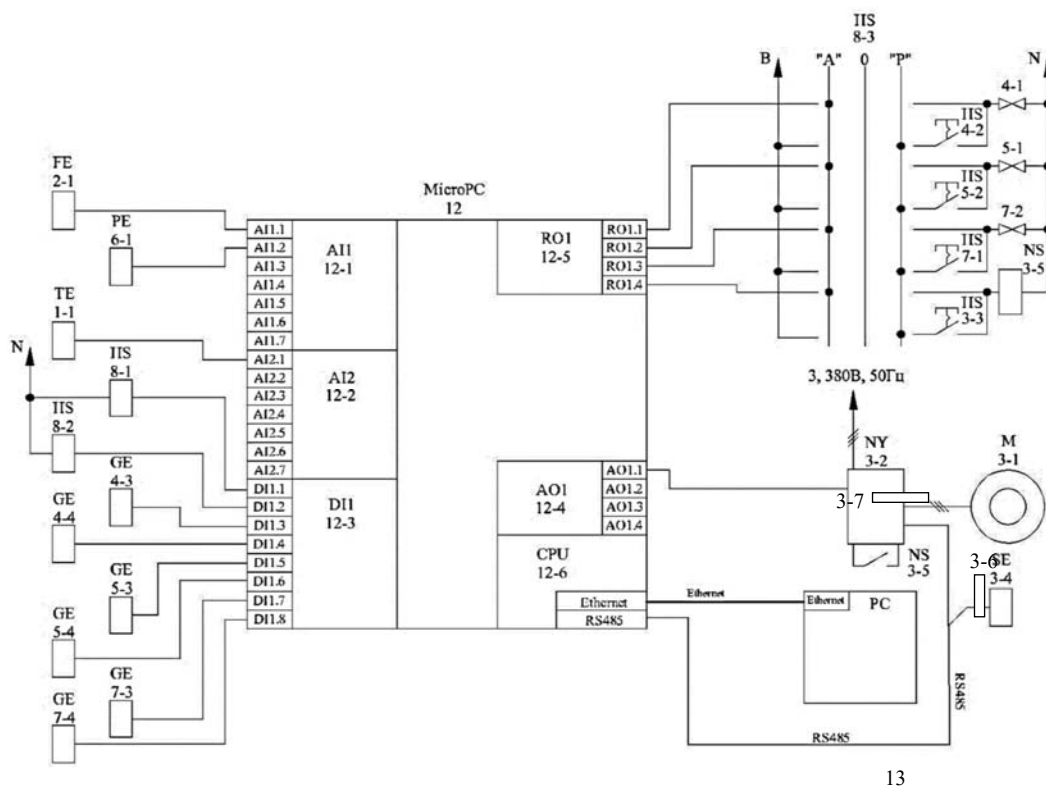
Обозначение	Назначение	Вид	Вход/выход
NS 10-2	Магнитный пускатель (М 0-2)	Дискретный (DO)	Выход
SE 1-3	Датчик скорости	Дискретный (DI)	Вход
GE 2-3	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход
NS 10-3	Магнитный пускатель (М 0-3)	Дискретный (DO)	Выход
SE 1-4	Датчик скорости	Дискретный (DI)	Вход
GE 2-4	Датчик положения	Дискретный (DI)	Вход
NS 10-4	Магнитный пускатель (М 0-4)	Дискретный (DO)	Выход

В итоге получено 18 дискретных входных сигналов и восемь дискретных выходов для выбора соответствующих модулей и контроллеров.

#### 4.3.4 Разработка схемы структурной информационно-измерительной системы автоматизации мехатронного модуля, реализация требований.

На схеме структурной изображают все основные функциональные части информационно-управляющей системы автоматизации и взаимосвязи между ними (ГОСТ 2.701–84 *Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению*). На рисунке 7 представлен пример схемы структурной информационно-измерительной системы.

На рисунке 8 представлена структурная схема информационно-измерительной системы установки разгрузки деталей с поддона.



13

Рисунок 7 – Схема структурная информационно-измерительной системы автоматизации теплообменника

Каждая ось промышленного робота RS03N фирмы Kawasaki представлена осевым модулем (11-1...11-6), датчиком положения угла поворота GE (2-1...2-6), датчиком скорости SE (1-1...1-6), магнитным пускателем NS (10-1...10-6) и серводвигателем М (0-1...0-6). Осевые модули входят в общую структуру контроллера (11-0).

Осевой модуль робота считывает информацию о положении оси и с заданной контроллером скоростью, которая контролируется датчиком скорости, активирует серводвигатель. Все осевые модули имеют общий интерфейс RS-232, который подключен к контроллеру ПЛК 6-0. Работой установки управляет контроллер ПЛК 6-0.

Осевые модули робота принимают сигналы о положении угла поворота и скорости с датчиков GE (2-1...2-6) и SE (1-1...1-6) и подают соответствующие сигналы на магнитные пускатели NS (10-1...10-6), которые включают серводвигатели М (0-1...0-6). По достижению первой заданной координаты на электромагнит схвата Y 8-1 подается напряжение, соответствующее сигналу с датчика давления схвата PE 7-1, и схват срабатывает. Далее деталь переносится роботом на стол. Все начальные параметры и корректировки вносятся в контроллеры через ПК. ПК подключается к контроллеру по Ethernet. Кнопки HS 4-1 и HS 4-2 отвечают за включение и выключение всего мехатронного модуля.

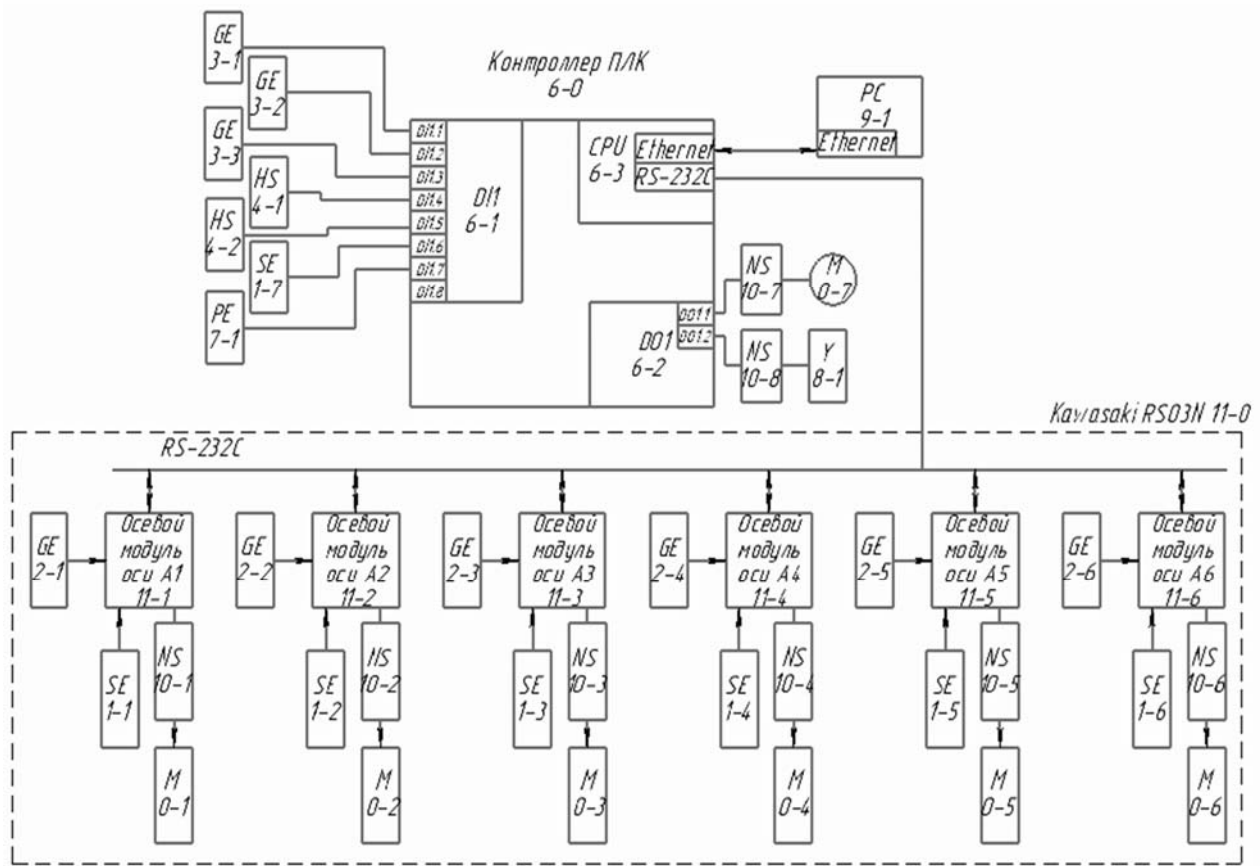


Рисунок 8 – Структурная схема мехатронной информационно-измерительной системы установки разгрузки

#### 4.4 Разработка схемы функциональной информационно-измерительной системы автоматизации мехатронного модуля

4.4.1 Выбор и обоснование аппаратных средств (датчиков, модулей ввода/вывода, контроллера(ов), исполнительных механизмов, устройства отображения информации).

Пример выбора комплекса программно-технических средств информационно-измерительной системы автоматизации.

##### 4.4.1.1 Пример выбора датчика.

«Датчик уровня LE 2–1. Выберем гидростатический датчик уровня Perperl + Fuchs LGC-KSR3C-1XMN-NA [3, приложение А, с. 39]. Используется при непрерывном измерении уровня жидкости. Принцип измерения: гидростатическое давление (давление столба жидкости преобразуется в сигнал, пропорциональный уровню).

Технические характеристики:

- диапазон измерения датчика – 5 м;
- класс точности – 0,2 %;
- тип выходного сигнала – аналоговый, 4...20 мА.»

4.4.1.2 Контроллер Kawasaki F60 (11-0). Основные технические характеристики Kawasaki F60 приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Технические характеристики контроллера Kawasaki F60

Параметр	Характеристика
Модель	Kawasaki F60
Количество контролируемых осей	8
Вес	8,3 кг
Питание	200...230 В 50/60 Гц
Входы/Выходы	16/16
Коммуникационный интерфейс	RS232C – 2 порта
	Ethernet – 2 порта
	USB 2.0 – 3 порта
Температурный режим	0 °С...45 °С
Относительная влажность	35 % ... 85 % (строгое отсутствие конденсата или инея)
Класс защиты	IP20
Размеры	300 × 320 × 130

##### 4.4.1.3 Пример выбора компьютера.

«Промышленный компьютер XS717 (9-1). В соответствии с требованиями к системе отображение процессов, протекающих при перемещении рабочего органа робота, должно осуществляться в реальном времени при помощи человеко-машинного интерфейса, а доступ к данным контроллера – по интерфейсу Ethernet. Устройство отображение НМІ должно иметь физическое разрешение экрана не менее 17" и разрешение изображения не менее 1024 × 768 пикселей.

Выдвинутым требованиям удовлетворяет промышленный компьютер компании ESA XS717.55], имеющий физическое разрешение экрана 17" и разрешение изображения 1280 × 1024 пикселя, на рис.1.10 представлен промышленный компьютер ESA XS717».

#### 4.4.2 Описание схемы функциональной информационно-измерительной системы автоматизации мехатронного модуля.

Схема функциональная информационно-измерительной системы мехатронного модуля выполняется в соответствии с ГОСТ 21.208–2013 *Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах*. В таблице 21 представлены буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов, видов сигналов, в таблице 22 – примеры обозначений средств автоматизации.

Таблица 21 – Буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов, видов сигналов

Обозначение	Измеряемая величина		Функция прибора		Дополнительное значение
	Основное назначение первой буквы	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение, информация	Формирование выходного сигнала	
1	2	3	4	5	6
A	Анализ, величина, характеризующая состав, концентрацию	–	Сигнализация	–	Аналоговый сигнал
B	Пламя, горение	–	–	–	–
C	+	–	–	Регулирование, управление	–
D	Плотность	Разность, перепад	–	–	Дискретный сигнал
E	Напряжение	–	–	Чувствительный элемент	–
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	–	–	–
G	+	Размер, положение	Первичный показывающий прибор	–	Гидравлический сигнал
H	Ручное воздействие	–	–	–	Верхний предел измеряемой величины
I	Ток	–	Вторичный показывающий прибор	–	Входной сигнал

Окончание таблицы 21

1	2	3	4	5	6
J	Мощность	Автоматическое переключение, обегание	–	–	–
K	Время, временная программа	–	–	Станция управления	–
L	Уровень	–	–	–	Нижний предел измеряемой величины
M	+ Влажность	–	–	–	–
N	+ Резервная буква	–	–	–	–
O	+ Резервная буква				Выходной сигнал
P	Давление, вакуум	–	–	–	Пневматический сигнал
Q	Количество	Интегрирование, суммирование по времени	–	–	–
R	Радиоактивность	–	Регистрация	–	–
S	Скорость, частота	–	–	Включение, отключение, переключение, блокировка	–
T	Температура	–	–	Преобразование	–
U	Несколько разнородных величин	–	–	–	–
V	Вибрация	–	–	–	–
W	Вес, сила, масса				
X	+ Резервная буква				
Y	Событие, состояние			Вспомогательное вычислительное устройство	
Z	Перемещение	Система инструментальной безопасности, ПАЗ			
<p><i>Примечание</i> – Буквенные обозначения, отмеченные знаком «+», назначаются по выбору пользователя</p>					

Пример обозначения средств автоматизации теплообменника представлен на рисунке 9, позиционные обозначения элементов – в таблице 23.

Таблица 22 – Примеры построения условных обозначений

Наименование	Обозначение
1 Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту (термометр термоэлектрический, термометр сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т. п.)	
2 Прибор для измерения частоты вращения, установленный по месту	
3 Пусковая аппаратура для управления исполнительными механизмами (магнитный пускатель контактор, реле), установленная в шкафу или на пульте управления	
4 Ключ управления, предназначенный для выбора режима управления, установленный на щите	
5 Датчик контроля положения, установленный по месту с контактным выходом	

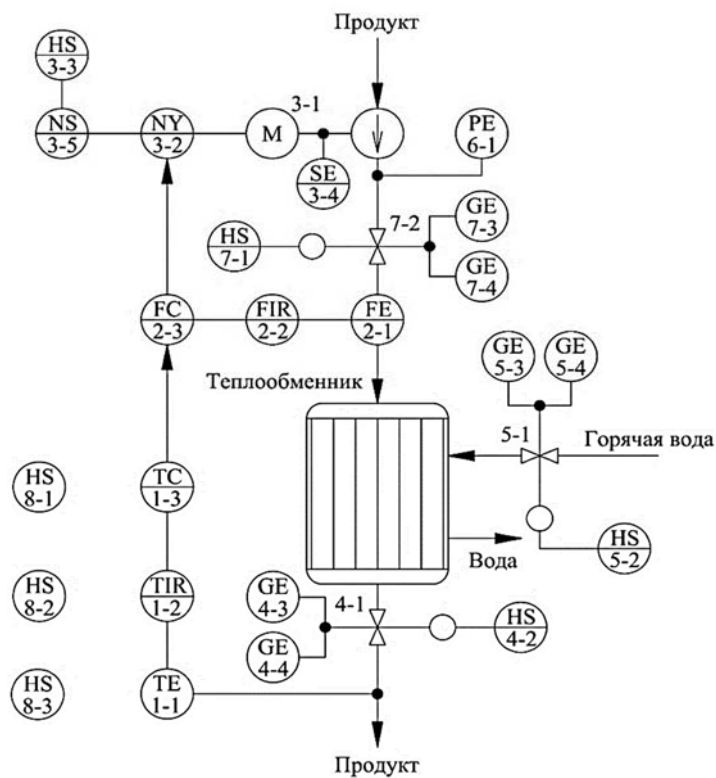


Рисунок 9 – Схема функциональная локальной системы автоматизации с учетом реализованных требований

Для обеспечения пуска насоса в трубопроводе нагнетания устанавливается запорный вентиль (клапан) 7-2 с постом управления 7-1, для измерения давления продукта на выходе насоса установлен манометр 6-1.



Таблица 23 – Позиционные обозначения элементов дополненной функциональной схемы автоматизации каскадной автоматической системы уровня регулирования температуры в теплообменнике

Позиционное обозначение	Наименование	Буквенное обозначение
1-1	Датчик температуры	TE
1-2	Вторичный показывающий и регистрирующий прибор контроля температуры	TIR
1-3	Регулятор температуры продукта	TC
2-1	Датчик расхода продукта	FE
2-2	Вторичный показывающий и регистрирующий прибор контроля расхода продукта	FIR
2-3	Регулятор расхода продукта	FC
3-1	Двигатель насоса	M
3-2	Частотный преобразователь	NY
3-3	Кнопочный пост управления двигателя М	HS
3-4	Датчик скорости вращения двигателя М	SE
3-5	Магнитный пускатель двигателя М	NS
4-1	Клапан отсечной	
4-2	Кнопочный пост управления клапана 4-1	HS
5-1	Клапан отсечной	
5-2	Кнопочный пост управления клапана 5-1	HS
4-3	Выключатель концевой, клапан 4-1 закрыт	GE
4-4	Выключатель концевой, клапан 4-1 открыт	GE
5-3	Выключатель концевой, клапан 5-1 закрыт	GE
5-4	Выключатель концевой, клапан 5-1 открыт	GE
6-1	Датчик давления	PE
7-1	Кнопочный пост управления клапана 7-2	HS
7-2	Клапан отсечной	
7-3	Выключатель концевой, клапан 7-2 закрыт	GE
7-4	Выключатель концевой, клапан 7-2 открыт	GE
8-1	Кнопка «Пуск»	HS
8-2	Кнопка «Стоп»	HS
8-3	Переключатель выбора режима работы – автоматический, ручной (A/P)	HS

Для автоматического и дистанционного режимов работы установлены кнопка «Пуск» 8-1, кнопка «Стоп» 8-2, переключатель выбора режима работы 8-3.

Контролю подлежат следующие переменные: давление продукта на выходе насоса; температура продукта на выходе теплообменника; расход продукта.

Регулированию подлежат температура и расход продукта. Заданное значение для регулирования температуры  $T_d = (105 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ .

Сигнализации и блокировке подлежат минимальные значения температуры, равные  $T_{\min\text{ПАЗ}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $T_{\min\text{ПАЗ}} = 95 \text{ }^\circ\text{C}$  соответственно.

Также контролю подлежат переменные состояния исполнительных механизмов: скорость вращения двигателя; состояния клапанов (открыт или закрыт).

Для контроля скорости вращения двигателя применен датчик скорости 3-4.

Состояния всех клапанов контролируются концевыми выключателями. На один клапан ставится два концевых выключателя для того, чтобы обеспечить контроль двух состояний клапана: 4-3, 5-3, 7-3 – клапаны 4-1, 5-1, 7-2 закрыты; 4-4, 5-4, 7-4 – клапаны 4-1, 5-1, 7-2 открыты.

На рисунке 10 представлен фрагмент схемы функциональной информационно-измерительной системы.

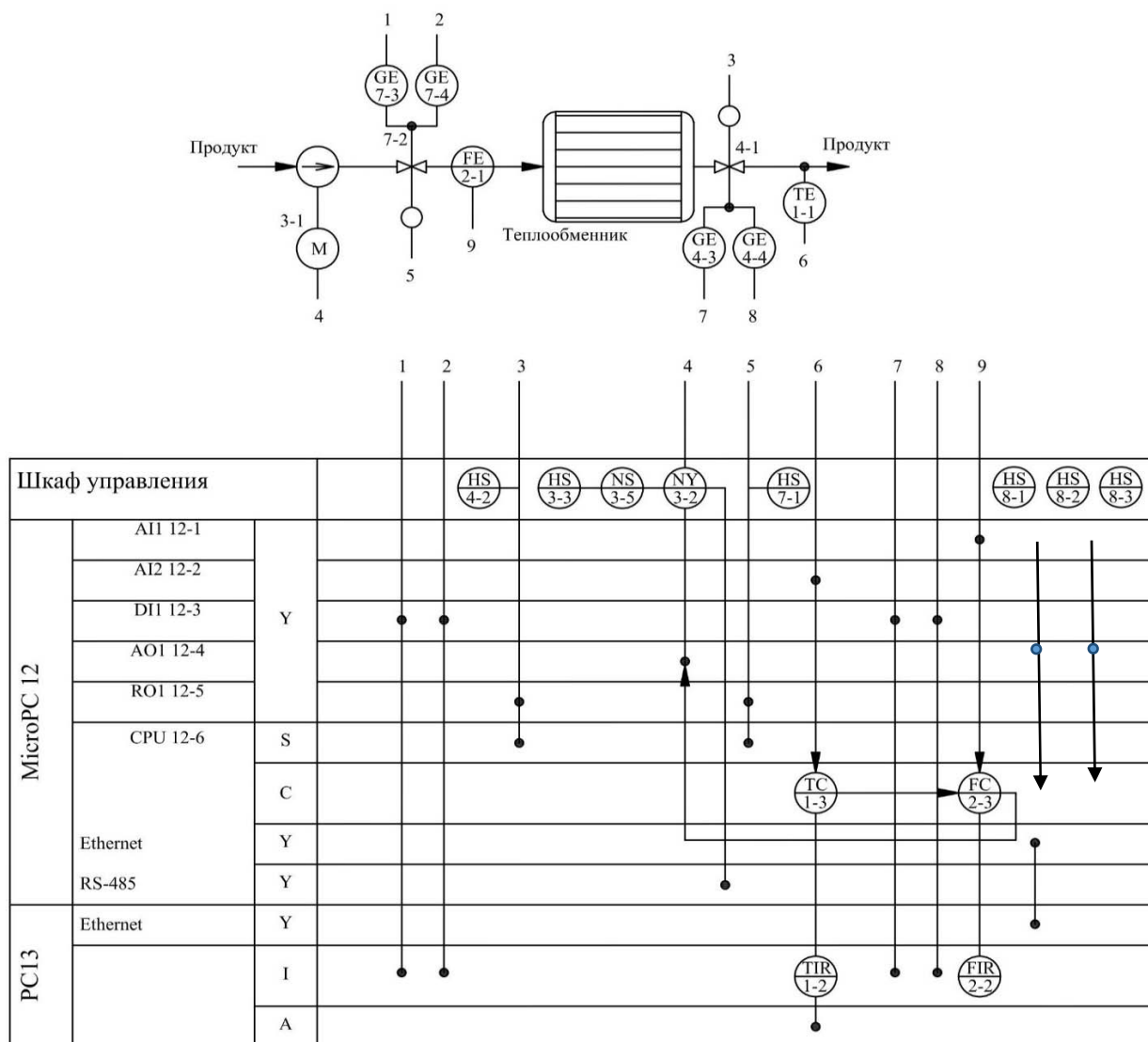


Рисунок 10 – Фрагмент схемы функциональной информационно-измерительной системы

Описание схемы функциональной рассмотрим на примере установки разгрузки деталей с поддона.

Схема функциональная представлена на рисунке 11 и на рисунке 1 графической части ИТУМ...Д2.

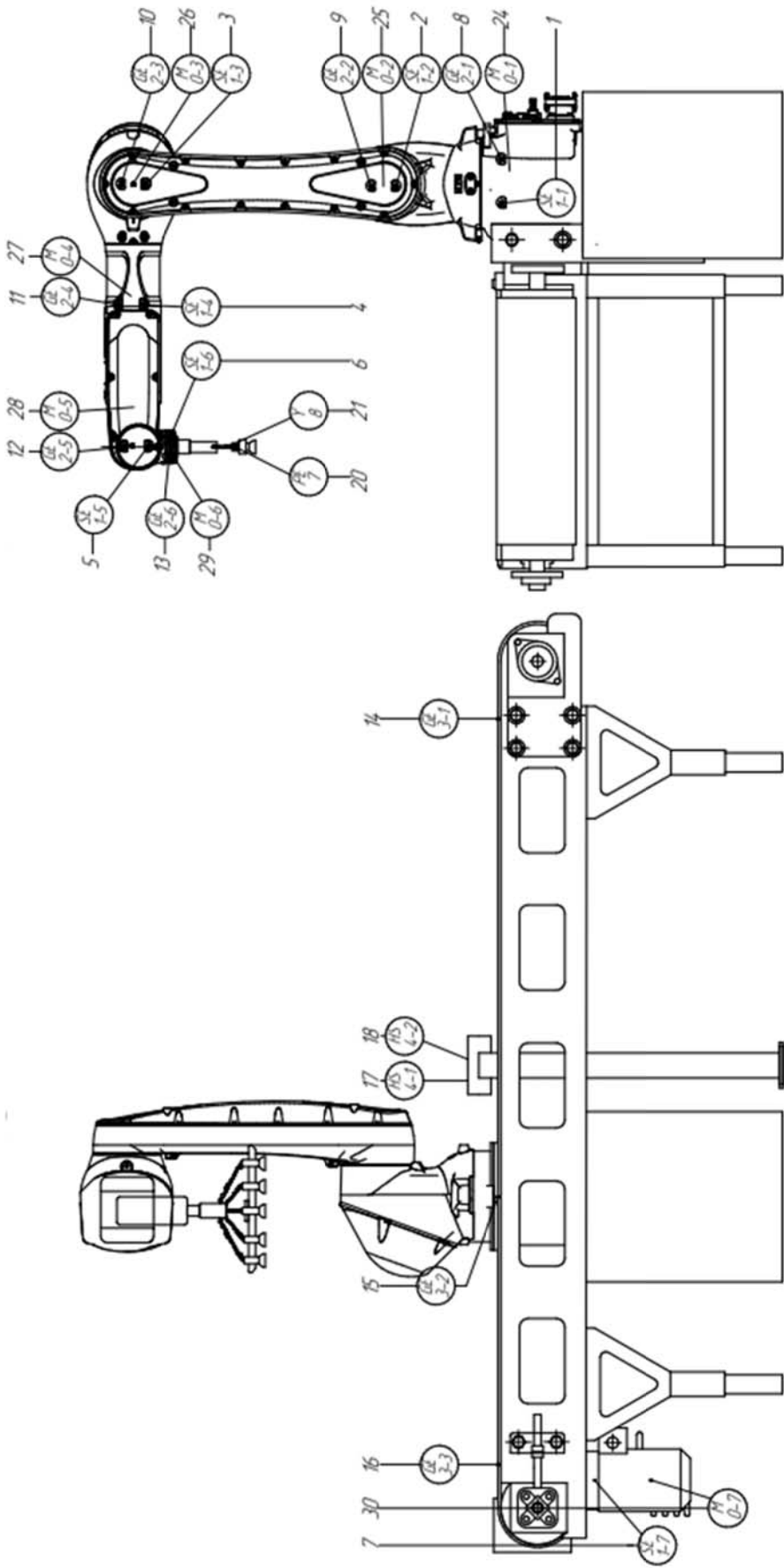
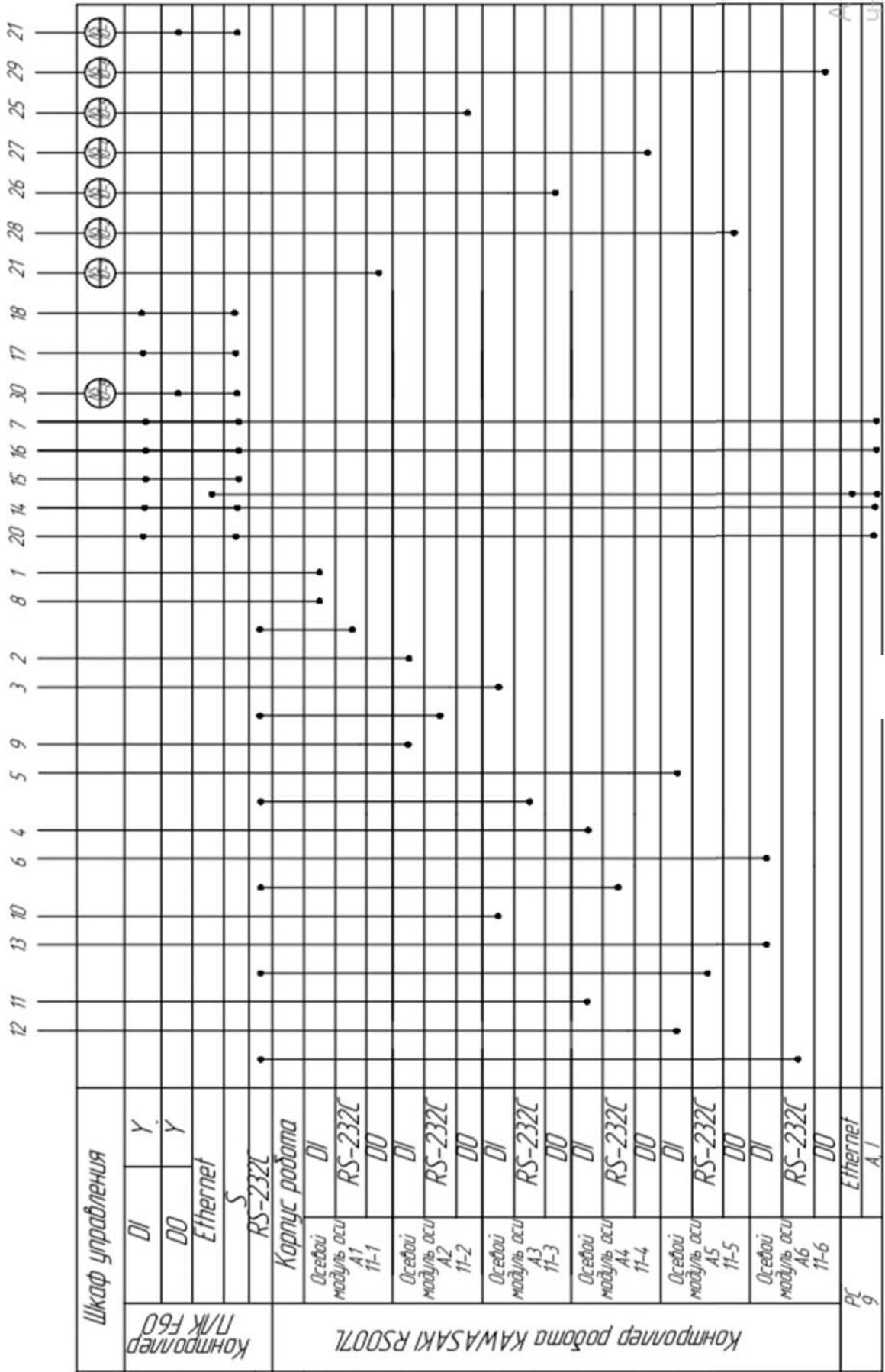


Рисунок 11 – Схема функциональная информационно-измерительной системы установки разгрузки поддона



Окончание рисунка 11

Схема функциональная информационно-измерительной системы мехатронного модуля – это комплекс устройств и программного обеспечения, предназначенных для сбора, обработки и передачи информации о состоянии и параметрах работы мехатронного модуля установки разгрузки изделия с поддона, и представляет из себя следующее.

1 Интерфейсы связи и шины данных: для обмена информации между программируемым логическим контроллером ПЛК 6-0, контроллером робота Kawasaki 11-0, осуществляется с помощью интерфейса RS-232C, а связь промышленного компьютера 12 с контроллером 6-0 осуществляется с помощью интерфейса Ethernet.

2 Датчики: датчик положения оптический GE(3-1, 3-2, 3-3), датчик скорости SE (1-7) и датчик давления PE(7-1) подключаются к ПЛК 6-0; датчики положения угла поворота GE(2-1...2-6), датчики скорости SE (1-1...1-6) подключаются к контроллеру робота.

3 Исполнительные механизмы: магнитные пускатели серводвигателей NS (10-1...10-6) робота Kawasaki подключаются на осевые модули контроллера 11-0. Магнитный пускатель двигателя ленточного конвейера NS (10-7) подключается на ПЛК 6-0. Вакуумный схват Y (8-1) подключается через магнитный пускатель NS (10-7) с дискретного выхода контроллера 6-0.

В целом функциональная информационно-измерительная система мехатронного модуля установки разгрузки изделий с поддона объединяет различные компоненты, такие как интерфейсы связи, датчики, исполнительные механизмы, шина данных и интерфейс пользователя, для обеспечения функциональности и контроля данного модуля.

#### 4.4.3 Составление спецификации средств автоматизации.

Пример выполнения спецификации средств автоматизации приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Спецификация средств автоматизации

Позиционное обозначение	Наименование	Тип	Количество	Примечание
7-1	Датчик давления PNP, $U = 24 \text{ В}$	PK5522		
0-1, 0-2, 0-3, 0-4, 0-5, 0-6	Серводвигатель $P_n = 0,75 \text{ кВт}$ , 6000 об/мин	MCS06160	6	Lenze (Франция)
0-7	Электродвигатель $P_n = 1,5 \text{ кВт}$ , 2850 об/мин	АИР80А2	1	Беларусь
4-1	Кнопка «Стоп»	ASW-01	1	Kawasaki
4-2	Кнопка «Старт»	ASW-01	1	Kawasaki
10-1, 10-2, 10-3, 10-4, 10-5, 10-6, 10-7, 10-8	Магнитный пускатель	ПМЛ 1100	6	Россия
3-1, 3-2, 3-3	Оптический датчик положения, PNP, $U = 24 \text{ В}$	SOEG	3	FESTO

## Окончание таблицы 24

Позиционное обозначение	Наименование	Тип	Количество	Примечание
2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6	Датчик положения угла поворота PNP, $U = 24$ В	PM-A-04-2A-E-00	6	Kawasaki
1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7	Датчик скорости, PNP, $U = 24$ В	MGAM50S	6	Kawasaki
6-0	Контроллер RS 232, Ethernet	ПЛК 110	1	Kawasaki
8-1	Вакуумный схват $U = 24$ В	DC	1	VacuJet
9-1	Промышленный компьютер, Ethernet	XS717	1	ESA
11-1, 11-2, 11-3, 11-4, 11-5, 11-6	Осевой модуль, RS 232	ECS	6	Kawasaki
11-0	Контроллер робота RS 232	F60	1	Kawasaki

#### 4.5 Датчики, применяемые для сбора информации в мехатронных устройствах

##### 4.5.1 Описание конструкции, принципа действия датчиков.

##### 4.5.1.1 Оптический датчик положения GE (3-1...3-3) SOEG.

Для контроля положения детали был выбран датчик типа «световой барьер», который состоит из двух устройств – излучателя (трансммиттера) SOEG-S-Q30-K-L и приемника (ресивера) SOEG -E-Q30-PS-K-2L.

Фотоэлектрические датчики применяются для бесконтактного обнаружения, определения местоположения, сортировки или подсчёта разнообразных объектов в автомобильной промышленности, машиностроении, полиграфии, при обработке материалов, упаковке, в робототехнических системах автоматизации механосборочных операций, контроля качества, доступа и др.

Оптические бесконтактные выключатели фиксируют объекты, которые отражают или прерывают оптическое излучение, и содержит полупроводниковые коммутационные элементы. Для большей помехозащищенности используют инфракрасное излучение. На рисунке 12 представлен принцип действия датчика положения.

##### 4.5.1.2 Датчик скорости SE (7-1) MGAM50S.

Высокая точность даже в сложных условиях эксплуатации. В отличие от оптических энкодеров, которые требуют наличия зазора между диском и оптическим сенсором, магнитные энкодеры генерируют сигнал во время вращения магнитного поля. Такая конструкция обеспечивает более высокий уровень допуска энкодера, а также точность и надежность измерения в условиях ударных нагрузок, вибрации, запыленности и влажности.

Более продолжительный срок службы по сравнению с оптическими энкодерами. В отличие от оптических компонентов магнитные энкодеры не содер-

жат чувствительных компонентов, благодаря чему значительно увеличивается срок эксплуатации таких энкодеров в сложных условиях. За счет повышенной стойкости к ударным нагрузкам и вибрации, а также защиты от пыли и конденсации, магнитные энкодеры обладают более продолжительным сроком эксплуатации в сравнении с оптическими энкодерами. На рисунке 13 представлен принцип действия датчика скорости.

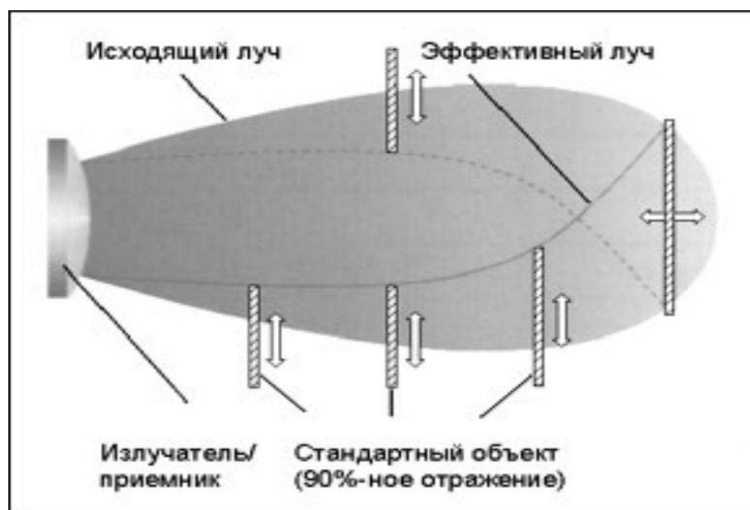


Рисунок 12 – Принцип действия датчика положения SOEG

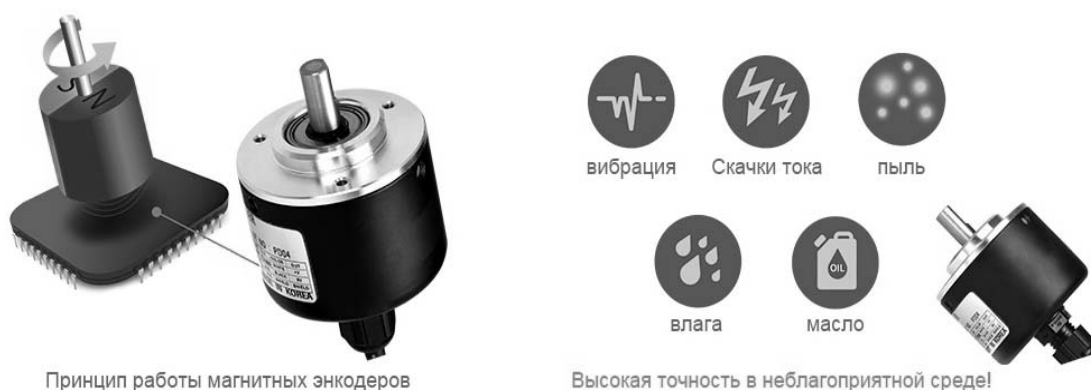


Рисунок 13 – Принцип действия датчика скорости энкодера MGAM50S

#### 4.5.2 Схемы подключения датчиков к модулям информационной системы.

1 Пример подключения оптического датчика D1 представлен на рисунке 14.

2 Примеры подключения энкодера к контроллеру с NPN- и PNP- входами представлены на рисунках 15 и 16.

3 Подключение аналогового датчика с внешним источником питания к модулю контроллера (рисунок 17).

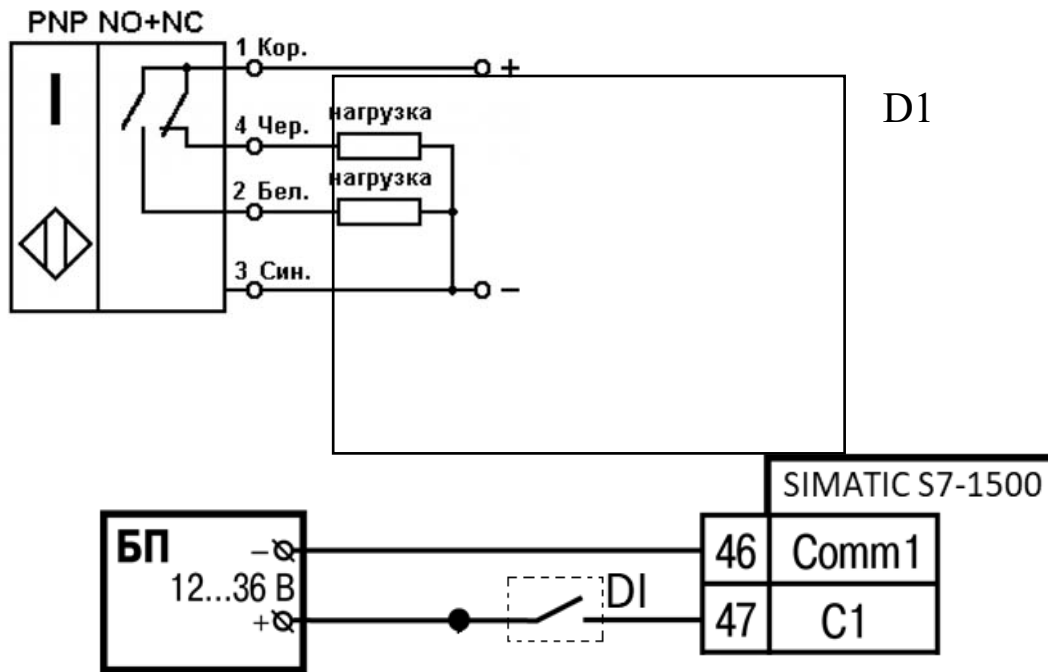


Рисунок 14 – Схемы подключения оптического датчика

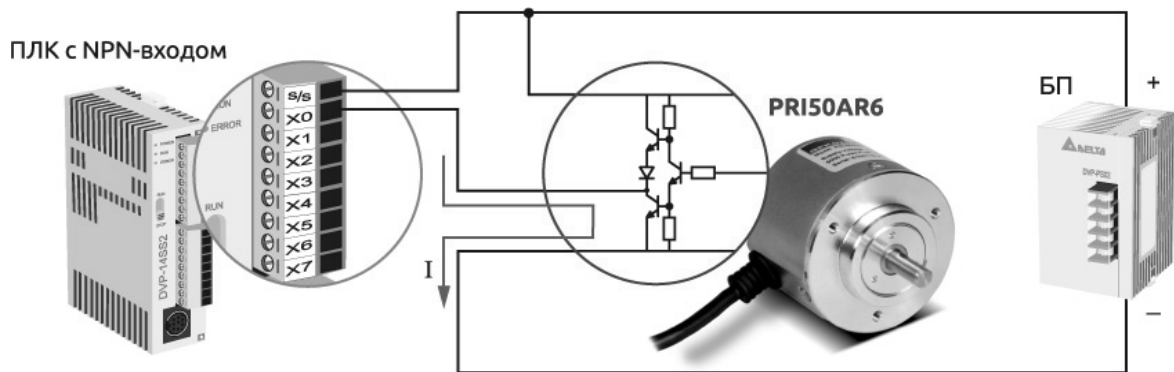


Рисунок 15 – Подключение энкодера к контроллеру с NPN-входами

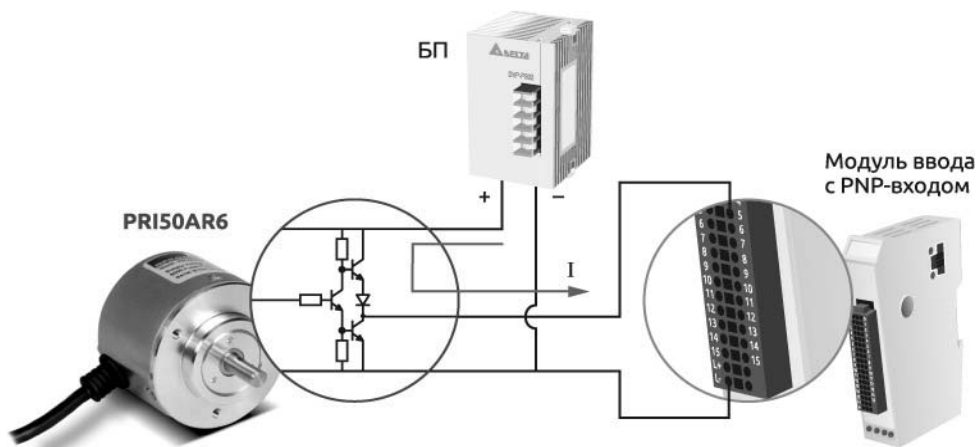


Рисунок 16 – Подключение энкодера к контроллеру с PNP-входами



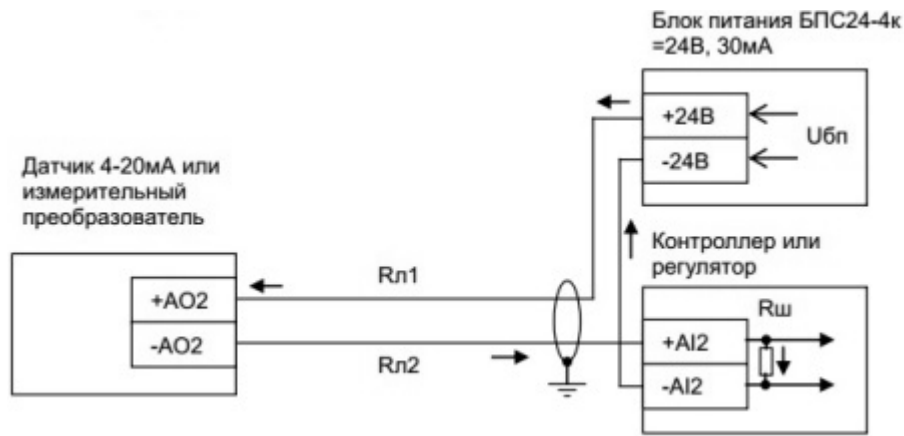


Рисунок 17 – Подключение аналогового датчика с внешним источником питания к модулю контроллера

#### 4.6 Определение функции преобразования измерительного канала информационной системы

##### Задание

1 По полученным экспериментальным данным с датчика, отображающим зависимость выходного напряжения  $U_{исх\ i}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$  робота-манипулятора, определить вид зависимости (линейная, нелинейная, зависимость отсутствует) по коэффициенту корреляции.

2 По полученным экспериментальным данным с датчика, отображающим зависимость выходного напряжения от перемещения рабочего органа робота-манипулятора, получить аналитическую функцию для дальнейшего расчёта микроконтроллером промежуточных значений.

3 Построить график полученной аналитической зависимости  $U_V$  относительно исходных экспериментальных данных  $U_{исх}$ .

4 Определить адекватность полученной аналитической зависимости прибору.

5 Расчёты проводить в среде MathCad, листинг программы представить в приложении.

Исходные данные смотреть в таблицах 3–17 согласно своему варианту (таблица 2)

##### Методические указания по выполнению задания

Для определения линейной или нелинейной зависимости определяют коэффициент корреляции  $r$ . Значение коэффициента корреляции лежит в пределах  $-1 \leq r \leq 1$ .

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2}},$$

где  $x_i, y_i$  – экспериментальные значения входной и выходной переменных соответственно;

$$\bar{X}; \bar{Y} \text{ – средние значения переменных, } \bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i; \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i;$$

$N$  – число опытов.

Если  $|r| \rightarrow 1$ , то имеет место линейная зависимость между  $x$  и  $y$ .

Если  $|r| \ll 1$ , то между  $x$  и  $y$  линейная связь отсутствует.

Представим аналитическую зависимость в виде

$$U_V = a_0 + a_1 \cdot M,$$

где  $a_0, a_1$  – коэффициенты;

$M$  – перемещение рабочего органа робота-манипулятора;

$U_V$  – выходное напряжение датчика.

Оптимальной может считаться модель, у которой сумма квадратов отклонений расчетных  $U_{Vi}$  и экспериментальных  $U_{ucxi}$  значений будет минимальной, т. е. минимизируется функционал.

$$F(a_j) = \min \sum_{i=1}^N (U_{ucxi} - U_{Vi})^2, j = 0, 1.$$

Для определения коэффициентов зависимости  $a_i$  составляют систему уравнений типа

$$\begin{cases} \frac{\partial F(a_j)}{\partial a_0} = 0; \\ \dots \\ \frac{\partial F(a_j)}{\partial a_1} = 0. \end{cases}$$

Коэффициенты определяют следующим образом:

$$\begin{cases} a_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2}; \\ a_1 = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{N \sum_{i=1}^N x_i^2 - (\sum_{i=1}^N x_i)^2}. \end{cases}$$

Значения  $x_i$  соответственно равны данным из массива  $M$ ; значения  $y_i$  соот-

ответственно равны данным из массива  $U_{исх}$ .

Определим расчётные значения  $U_{Vi}$  по полученной модели  $U_V = a_0 + a_1 \cdot M$  с учетом найденных коэффициентов. Данные представим в таблице расчетных значений, отображающих зависимость выходного напряжения  $U_{Vi}$  от перемещения рабочего органа  $M_i$ .

Определить адекватность модели можно по среднеквадратичному отклонению, которое не должно превышать 10 %:

$$\sigma\% = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (U_{исxi} - U_{Vi})^2}{N-1}}}{\overline{U_{исx}}} 100 \%,$$

где  $\overline{U_{исx}}$  – среднее значение.

Построим график аналитической зависимости относительно экспериментальных данных (рисунок 18).

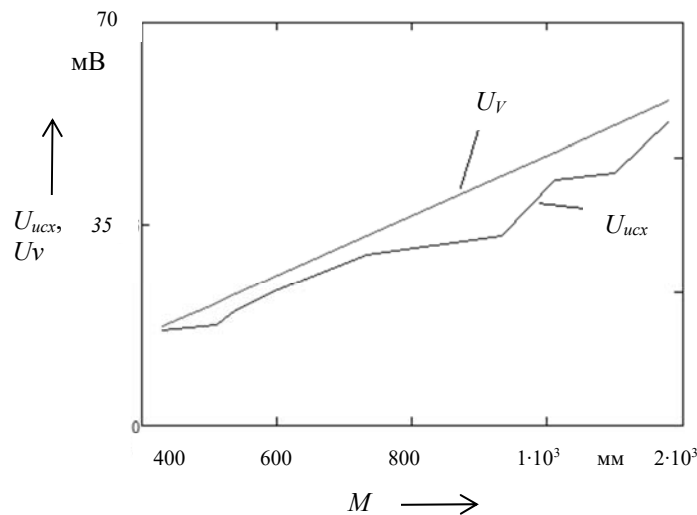


Рисунок 18 – График полученной аналитической зависимости  $U_V$  относительно исходных экспериментальных данных  $U_{исx}$

Пример фрагмента листинга программы представлен на рисунке 19.

## Приложение Б (обязательное)

### Листинг программы расчета функции преобразования измерительного канала информационной системы в среде MathCad

#### Б.1 Расчет коэффициента корреляции

Исходные данные

$y :=$	$\begin{pmatrix} 18.9 \\ 20 \\ 23 \\ 27 \\ 34 \\ 37.8 \\ 49 \\ 50.3 \\ 60.6 \end{pmatrix}$	$x :=$	$\begin{pmatrix} 430 \\ 510 \\ 540 \\ 602 \\ 733 \\ 931 \\ 1010 \\ 1100 \\ 1180 \end{pmatrix}$
--------	--	--------	--

$$i := 0..8$$

$$X := \text{mean}(x) \quad Y := \text{mean}(y)$$

$$X = 781.778 \quad Y = 35.622$$

$$\tau := \frac{\sum_{i=0}^8 [(x_i - X)(y_i - Y)]}{\sqrt{\left[ \sum_{i=0}^8 (x_i - X)^2 \right] \cdot \sum_{i=0}^8 (y_i - Y)^2}}$$

$$\tau = 0.983$$

Б.2 Расчет коэффициентов аналитической зависимости  $a_0, a_1$ .

Б.3 Определение расчетных значений аналитической зависимости.

Б.4 Расчет среднеквадратичного отклонения  $\sigma$ .

Рисунок 19 – Пример фрагмента листинга программы

Если среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  превышает 10 %, то полученная аналитическая зависимость датчика, отображающего зависимость выходного напряжения от перемещения рабочего органа робота-манипулятора адекватна реальному объекту с точностью меньше 90 %. Тогда в качестве аналитической зависимости необходимо выбрать нелинейную зависимость датчика.

### **Оформление результатов выполнения задания**

- 1 Задание.
- 2 Исходные данные.
- 3 Расчетные формулы с пояснениями.
- 4 Таблица экспериментальных и расчетных данных для аналитической зависимости датчика  $U_V = a_0 + a_1 \cdot M$ , величина среднеквадратичного отклонения  $\sigma$ .
- 5 График аналитической зависимости  $U_V = a_0 + a_1 \cdot M$  и экспериментальных данных  $U_{исх}$ .
- 6 Выводы об адекватности полученной аналитической зависимости датчика перемещения рабочего органа мехатронного модуля.
- 7 Листинг программы расчета функции преобразования измерительного канала информационной системы в среде MathCad (см. рисунок 19).

**Заключение.** Заключение содержит перечень основных результатов курсовой работы.

**Список использованных источников.** В список вносятся литературные источники, информационные ресурсы, ссылки на которые имеются в пояснительной записке.

Пример оформления представлен на рисунке 20.

1 **Гвоздева, В. А.** Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы : учебник / В. А. Гвоздева. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. – 542 с.

2 **Шишов, О. В.** Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации : учебник / О. В. Шишов. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 365 с.

3 Информационные системы и цифровые технологии : учеб. пособие / В. В. Трофимов, М. И. Барабанова, В. И. Кияев, Е. В. Трофимова ; под общ. ред. проф. В. В. Трофимова и В. И. Кияева. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 253 с.

4 Сортировка таблеток посредством измерения диаметра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/242/2428654.html>. – Дата доступа: 14.12.2023.

5 Устройство для сортировки предметов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/264/2643609.html>. – Дата доступа: 17.12.2023.

Рисунок 20 – Пример оформления списка использованных источников

**Приложения.** В приложение выносятся справочные материалы (распечатки web-страниц выбранных контрольно-измерительных приборов, исполнительных механизмов, средств управления и контроля исполнительных механизмов, модулей ввода/вывода, центрального процессорного модуля CPU программируемого логического контроллера ПЛК (Micro PC) и промышленного компьютера PC).

Пример оформления приложения А представлен на рисунке 21.

## Приложение А (справочное)

### Технические характеристики комплекса программно-технических средств автоматизации (распечатки веб-страниц сайтов средств автоматизации, программного обеспечения)

**А.1 Манометр PE (3-7) – АДМ-100.3 фирмы «Агава».**

Технические характеристики манометра АДМ-100.3 приведены на рисунке А.1.

#### Назначение

Стрелочный манометр с токовым выходом АДМ-100.3 предназначен для пропорционального преобразования избыточного давления жидкостей, паров и газов в стандартный выходной сигнал постоянного тока и для визуального отображения измеряемого давления.

#### Область применения

Применяются в жилищно-коммунальном хозяйстве, в системах централизованного контроля и управления технологическими процессами на объектах тепло-, водо-, нефте- и газоснабжения, в распределительных сетях, а также в локальных системах автоматизации насосного, компрессорного и другого оборудования.

#### Отличительные особенности стрелочного манометра АДМ-100.3:

- Сокращает расходы на монтаж/наладку/эксплуатацию оборудования за счет уменьшения количества приборов и мест присоединения.
- Оптимальное сочетание цена/качество.
- Прост в монтаже и наладке.
- Стабильные метрологические характеристики.

#### Технические характеристики:

- Верхний предел измерения 0,25 МПа; 0,4 МПа; 0,6 МПа; 1,0 МПа; 1,6 МПа; 2,5; 4,0; 6,0 МПа
- Выходной сигнал 4-20 мА
- Класс точности - 1,5
- Климатическое исполнение УХЛ3.1 по ГОСТ 15150-69 -от -10 до +55 °С
- Температура измеряемой среды -10 до +80 °С.
- Защита от воды и пыли IP 20 или IP 54 - новинка

Рисунок А.1 – Технические характеристики манометра АДМ-100.3

·  
·  
·

**А.6 Датчик давления PE (5-5) – SPAW – фирмы «Festo».** Технические характеристики датчика SPAW представлены на рисунке А.6.

Рисунок 21 – Пример оформления приложения А

## Pressure sensors SPAW with display

**FESTO**

Key features

### At a glance

9 pressure ranges from -1 ... +1 bar up to 0 ... +100 bar

Protection class IP67

320° rotatable display

1% accuracy, 0.15% repetition accuracy

 Temperature of media  
-20 ... 85 °C

 Materials in contact with media:  
CrNiMo: 316L, from a measuring range of 10 bar the membrane consists of 13-8-PH


4-digit LED display, easy to read, robust

Display

 - Bar  
- MPA  
- kPa  
- Psi  
- Kg/cm<sup>2</sup>

Simple operation, protected by PIN code

Electrical connection M12

320° rotatable housing

 G<sup>1</sup>/<sub>4</sub> internal thread or G<sup>1</sup>/<sub>2</sub> external thread

### Product description

The SPAW is an extremely robust pressure sensor with display used for measuring media pressures in 9 measuring ranges from -1 ... 1 bar to 0 ... 100 bar. It can measure all media which do not corrode the stainless steel measuring cell and stainless steel housing. The switching outputs can be set quickly and easily using three buttons. The high-quality 14-segment LED display can be ro-

tated by 320° and the orientation of the lettering can be rotated by 180°. This ensures that the display is easily readable in every installation position. Different standard designs are available, e.g.:

- Internal thread G<sup>1</sup>/<sub>4</sub> or external thread G<sup>1</sup>/<sub>2</sub>
- 2 x PNP or 2 x NPN
- 4 ... 20 mA or 0 ... 10 V

### Main applications

The pressure sensor SPAW is suitable for standard pressure measurements at an increased mechanical load. It can be used in high pressure pneumatic systems and to monitor the pressure of liquid media (e.g. coolant/cooling circuits, etc.)

Рисунок А.6 – Технические характеристики датчика SPAW

•  
•  
•

А.8 Датчик частоты вращения SE (3-5) – SG780. Технические характеристики датчика частоты вращения SG780 представлены на рисунке А.8.

Продолжение рисунка 21

## SG780



### Назначение

Датчик предназначен для **определения частоты, скорости вращения и угла поворота** оси двигателя.

### Сферы применения

Системы управления двигателями.

### Принцип действия

Принцип действия – бесконтактный.

На торец оси вращения устанавливается магнитный элемент. При вращении оси происходит вращение вектора намагниченности, которое улавливается магниточувствительными элементами, установленными на некотором удалении от магнитного элемента. Встроенная электроника усиливает выходные сигналы и с помощью микроконтроллера определяет угол поворота оси, частоту и скорость вращения.

### Технические характеристики

Разрешение датчика, импульсов/оборот	64, 128, 256
Выходной сигнал	импульсный или цифровой
Выходные интерфейсы	RS232, RS 485
Напряжение питания, В	5

Рисунок А.8 – Технические характеристики датчика частоты вращения SG780

Продолжение рисунка 21



## А.9 Датчик положения герконовый SME-10-SQ-LED-24 GE (5-1, 5-2, 5-3, 5-4).

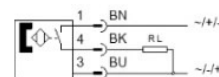
Технические характеристики датчика положения герконового представлены на рисунке А.9.

### Датчик положения SME-10-SL-LED-24

№ изделия: 173212

FESTO

Электрический, герконовый, для приводов с С-пазом, с разъемом M8.



### Таблица данных

Характеристика	Значение
Проект	для круглой щели
Соответствует стандарту	EN 60947-5-2
Авторизация	RCM Mark
Обозначение CE (см. заявление о соответствии)	в соответствии с директивой EU по электромагнитной совместимости EMC в соответствии с директивой EU RoHS
UKCA marking (see declaration of conformity)	To UK instructions for EMC To UK RoHS instructions
Замечания по материалу	Соответствует директиве по ограничению использования опасных веществ (RoHS)
Инструкции по эксплуатации	Support / Actuator-sensor overview "The right sensor for the actuator"
Измеряемая величина	Позиция
Принцип измерения	Магнитный, геркон
Температура окружающей среды	-20 ... 70 °C
Точность повторения	0,2 mm
Выход переключателя	с контактом, биполярный
Функция переключающего элемента	Нормально разомкнутый контакт
Время включения	≤ 0,6 ms
Время выключения	≤ 0,05 ms
Макс. частота переключения	500 Hz
Макс. выходной ток	100 mA
Макс. характеристика контакта DC	1 W
Падение напряжения	0 V
Защита от короткого замыкания	Нет
Способность выдерживать перегрузку	Нет в наличии
Диапазон рабочего напряжения AC	12 ... 27 V
Диапазон рабочего напряжения DC	12 ... 27 V
Защищен от смены полярности	Нет
Электрическое подключение 1, тип подключения	Кабель с разъемом
Электрическое подключение 1, технология подключения	M8x1, А-код по EN 61076-2-104
Электрическое подключение 1, количество контактов/проводов	3
Направление выхода	аксиальный
Длина кабеля	0,3 m
Цвет оплетки кабеля	Серый
Материал оплетки кабеля	TPE-U(PUR)
Тип крепления	Фиксатор для круглой щели устанавливается в паз
Момент затяжки	0,1 Nm
Положение при сборке	Любое
Вес продукта	5 g
Цвет корпуса	Черный
Материал корпуса	Никелированная латунь PPS TPE-U(PU)

Рисунок А.9 – Технические характеристики датчика положения герконового SME-10-SQ-LED-24

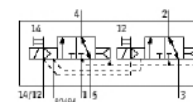
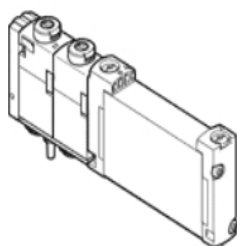
А.10 Пневмораспределитель с электроуправлением VUVG-B10-T32C-AZT-F-1T1L (1-1,1-2,1-3,1-4).

Технические характеристики пневмораспределителя с электроуправлением представлены на рисунке А.10.

### Распределитель с электроуправлением VUVG-B10-T32C-AZT-F-1T1L

№ изделия: 573410

FESTO



### Таблица данных

Характеристика	Значение
Функция распределителя	2х3/2, Н.З., моностабильные
Тип управления	электрический
Размер клапана	10 mm
Стандартный номинальный расход	150 l/min
Operating pressure MPa	0,15 ... 1 MPa
Рабочее давление	1,5 ... 10 bar
Тип конструкции	Золотниковый
Тип сброса	Воздушная пружина
Авторизация	с UL us - Recognized (OL)
Класс защиты	IP65 IP67
Функция быстрого выхлопа	дресселирующий
Тип уплотнения	мягкий
Положение при сборке	Любое
Ручное дублирование	защелкиваемый Толкающий
Тип пилотного управления	С пилотным управлением
Питание пилотного каскада	внешний
Overlap	Positive overlap
Отображение статуса сигнала	LED
Pilot pressure MPa	0,15 ... 0,8 MPa
Пилотное давление	1,5 ... 8 bar
Макс. частота переключения	3 Hz

Рисунок А.10 – Технические характеристики пневмораспределителя с электроуправлением VUVG-B10-T32C-AZT-F-1T1L

Продолжение рисунка 21

### A.11 Контроллер Kawasaki F60 (11-0).

На рисунке А.11 представлены технические характеристики контроллера Kawasaki F60.

#### Controller specifications

1. Model	F60
(Robot type)	BA/RA/RC RS003/RS005/RS007/RS010/RS013 MC/MS
2. Dimensions	Open structure: W300×D320×H130mm Enclosed structure W300×D500×H188mm
3. Construction <sup>*1</sup>	Open structure: Direct cooling system, IP20 equivalent Enclosed structure Indirect cooling system, IP54 equivalent
4. Controlled axes	Std. 6 axes (Max 8 axes)
5. Memory capacity	16MB
6. I/O signals	External operation sig.: Ext. Emergency Stop, Ext. HOLD signal etc. General-purpose I/O sig. Input(16), Output(16) I/O signal connector(50pin) with cover
7. Cable length	Robot cable 5m0 Opt.7/10/15/20/25/30/35/40m Teach pendant cable 5m0 Opt.10/15/20/25/30m
8. Mass (without options)	Open structure: 8.3kg Enclosed structure 16kg
9. Power requirements	AC200-AC230V±10%0 $\sqrt{3}$ /60Hz0 $\sqrt{3}$ phase, Max. 2kVA
10. Ground	Less than 100 $\Omega$ (robot dedicated ground), Leakage current: max. 100 mA
11. Installation environment	Ambient temperature 0 - 45°C Relative humidity 35 - 85% (non-condensation)
12. Teach Pendant	Color LCD with touch panel Emergency Stop SW, Teach Lock SW and Enable SW English/Chinese/Japanese Selectable
13. Operation panel	Emergency Stop SW, Teach/Repeat SW
14. External interface	Ethernet: 2 ports (1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T) USB2.0: 3 ports, RS-232C: 2 ports
15. Type of control	Teach mode: Joint, Base, Tool operation mode (option) Fixed Tool operation mode Repeat mode: Joint, Linear interpolation mode (option) Circular interpolation mode
16. Teaching method	Easy operation teaching or AS language programming
17. Color	Munsell: 5Y8.5/1 equivalent
18. Safety Circuit	Category: 4, Performance Level: PL e (EN ISO13849-1) <sup>*2</sup>
19. Arc welding I/F	Arc-welding I/F PC board <sup>*3</sup> (Standard for Arc-welding robot)
20. Options	
Enclosed structure	Additional enclosed unit for open structure cabinet
External axes control	Additional amplifier and External axes harnesses
General purpose I/O <sup>*4</sup>	In-cabinet: General purpose I/O board <sup>*3</sup> (Input 32, Output 32) I/O signal connector(50pin) with cover Analog I/O board <sup>*3</sup> (Input 4, Output 4)
Analog I/O <sup>*4</sup>	Remote I/O: Remote general I/O unit (Input 32, Output 32) I/O signal connector(50pin) with cover Remote analog I/O unit (Input 4, Output 4)
Teach Pendant option	Connector for TP less
Operation panel option	Fast check mode Switch
External memory	USB memory
PC cable (RS-232C)	1.5m, 3m
Motor brake release	Manual brake release switch
Extended safety functions	Cubic-S(Motion area monitoring, Joint monitoring, Speed monitoring etc.) <sup>*5</sup>
Safety Standards <sup>*6</sup>	CE / UL <sup>*7</sup> / KCs
Others	Field BUS(Master <sup>*3</sup> , Slave), Software PLC, Conveyor Synchronization <sup>*3</sup> , Bluetooth, Vision application and so on

Consult Kawasaki about maintenance parts and spare parts.

Рисунок А.11 – Технические характеристики контроллера Kawasaki F60

Продолжение рисунка 21

### А.12 Модули дискретного ввода/вывода DI/DO (6-1, 6-2) 6ES7221-1BH32-0XB0.

Технические характеристики модулей дискретного ввода/вывода представлены на рисунке А.12.

Напряжение питания	
Номинальное значение (пост. ток)	
24 В пост. тока	Да
Допустимый диапазон, нижний предел (пост. ток)	20,4 V
Допустимый диапазон, верхний предел (пост. ток)	28,8 V
Входной ток	
из шины на задней стойке 5 В пост. тока, макс.	130 mA
Цифровые входы	
из источника напряжения нагрузки L+ (без нагрузки), макс.	4 mA; на канал

Рисунок А.12 – Технические характеристики модулей дискретного ввода/вывода

### А.13 Компьютер (8-1) – IPPC-7157A фирмы Advantech.

Технические характеристики IPPC-7157A представлены на рисунке А.13.

## IPPC-7157A

Промышленная рабочая станция с 15" ЖК-дисплеем



**Одобрено!**

Дополнительная информация

- [Спецификация \(PDF 274 КБ\)](#)
- [Руководство пользователя \(PDF 3,9 МБ\)](#)



*Enabling an Intelligent Planet*

#### Характеристики

- Поддерживаемые процессоры: Socket 775 Pentium D до 3.2 ГГц; Pentium R 4 до 3.8 ГГц; Celeron R D до 3.06 ГГц (заказываются отдельно)
- ОЗУ до 4 GB DDR2 SDRAM (заказываются отдельно)
- ЖК-дисплей с диагональю 15", разрешение 1024 x 768, яркость 250 кд/м², угол обзора 140° /120° (по горизонтали/вертикали)
- Резистивный сенсорный экран (опционально)
- Интерфейсы: 1 × RS-232, 1 × RS-232/422/485; 5 × USB 2.0 (1 на передней панели); 2×PS/2; параллельный порт; видеопорт VGA; аудио
- Порты Ethernet: 2×10/100/1000Base-T
- Отсек для накопителей: 1×CD-ROM 5.25"; 2 × 3.5" SATA НМЖД
- Встроенный 3.5" FDD
- Слоты расширения: 5 × PCI и 2 × PCIe
- Степень защиты по передней панели IP65
- Габаритные размеры 482×354,8×162 мм
- Диапазон рабочих температур от 0 до +50° C
- Одобрение Российского Морского Регистра Судоходства, сертификат № 09.01046.011

Рисунок А.13 – Технические характеристики IPPC-7157A

Окончание рисунка 21

## Список литературы

- 1 **Иванов, А. А.** Основы робототехники : учеб. пособие / А. А. Иванов. – 2-е изд., испр. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 223 с.
- 2 Информационные системы и цифровые технологии : учеб. пособие / В. В. Трофимов, М. И. Барабанова, В. И. Кияев, Е. В. Трофимова ; под общ. ред. проф. В. В. Трофимова и В. И. Кияева. – М. : ИНФРА-М, 2021. – Ч.1. – 253 с.
- 3 **Гвоздева, В. А.** Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы : учебник / В. А. Гвоздева. – М. : ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2021. – 542 с.