

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«Сибирский федеральный университет»  
институт

«Электроэнергетика»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Г. Н. Чистяков  
подпись инициалы, фамилия

«\_\_» \_\_ 20\_\_ г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код – наименование направления

Разработка и изготовление панели цифрового управления электроавтоматика ме-  
таллообрабатывающим центром «Shtappagg»  
тема

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись, дата \_\_\_\_\_  
доцент каф. ЭЭ, к.т.н.  
должность, ученая степень

Е. Я. Глушкин  
ициалы, фамилия

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись, дата \_\_\_\_\_

Н. Е. Шалавин  
ициалы, фамилия

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
подпись, дата \_\_\_\_\_

И. А. Кычакова  
ициалы, фамилия

Абакан 2020

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Хакасский технический институт - филиал ФГАОУ ВО  
«Сибирский федеральный университет»  
институт

Электроэнергетика  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Г. Н. Чистяков  
подпись инициалы, фамилия

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в виде бакалаврской работы**

Студенту Шалавину Никите Евгеньевичу  
(фамилия, имя, отчество студента)  
Группа 16-1 Направление 13\_03\_02  
(код)  
«Электроэнергетика и электротехника»  
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка и изготовление панели цифрового управления электроавтоматика металлообрабатывающим центром «Shtappagg»

Утверждена приказом по университету № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Руководитель ВКР: Е. Я. Глушкин, доцент каф. «Электроэнергетика», к.т.н.  
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР: Паспортные данные универсального двухшпиндельного копировально-фрезерного станка «Starag»

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение.

1 Разработка системы цифрового управления электроприводами и электроавтоматикой станка

1.1 Назначение универсального копировально-фрезерного станка «Starag».

1.2 Разработка системы цифрового управления электроприводами и электроавтоматикой станка.

1.3 Описание принципиальных электрических схем.

2 Система числового программного управления.

2.1 Описание и назначение УЧПУ NC-210.

2.2 Структурная схема УЧПУ NC-210.

2.3 Конструкция УЧПУ NC-210.

2.4 Назначение и состав и состав модуля CPU ECDA.

2.5 Модуль шины УЧПУ NC 210-4.

2.6 Модуль дискретных входов/выходов NC 210-31.

2.7 Внешние модули входов/выходов.

2.8 Цифро-аналоговый преобразователь.

2.9 Канал энкодера.

2.10 Электронный штурвал ZBG-5-003-100.

2.11 Выносной станочный пульт NC 110-78B.

3 Программирование УЧПУ.

3.1 Программное обеспечение УЧПУ.

3.2 Характеризация УЧПУ.

3.2.1 Назначение характеристики и её уровни.

3.2.2 Структура файлов характеристики.

3.2.3 Файлы характеристики.

3.2.3.1 Файл FCRSYS.

3.2.3.2 Файл AXCFIL.

3.2.3.3 Файл PGCFIL.

3.2.3.4 Файл IOCFIL.

3.3 Разработка программы электроавтоматики станка.

3.3.1 Интерфейс PLC.

3.3.2 Программа логики станка.

3.3.3 Входные и выходные сигналы станка.

4 Разработка системы электроприводов подач.

4.1 Система электроприводов подач.

- 4.2 Преобразователи тока SIEMENS Simoreg 6RA26.
  - 4.3 Подготовка преобразователя SIEMENS Simoreg к работе.
  - 4.4 Серводвигатели электроприводов подач Siemens.
  - 5 Расчет экономических затрат и определение срока окупаемости.
- Заключение.
- Список сокращений.
- Список использованных источников.
- Перечень обязательных листов графической части:
- 1 Силовая электрическая принципиальная схема.
  - 2 Схема подключения клапанов и пускателей.
  - 3 Схема подключения датчиков.
  - 4 Функциональная схема электроавтоматики.

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_  
(подпись)

Е. Я. Глушкин  
(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись)

Н. Е. Шалавин  
(инициалы и фамилия)

« \_\_\_\_ » 2020 г.

## **РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка и изготовление панели цифрового управления электроавтоматика металлообрабатывающим центром «Shtappagg» содержит 69 страниц текстового материала, 26 рисунков, 20 таблиц, 1 формулу, 25 использованных источников, 4 листа графического материала.

Объект разработки - система цифрового управления электроприводами подач и электроавтоматикой станка «Starag».

Цель работы заключается в изготовлении системы оптимального управления электроприводами подач и электроавтоматикой станка.

Научная новизна – использование современной системы ЧПУ и технических новшеств в процессе разработки системы управления электроприводами подач.

Практическая значимость работы – изготовленная система цифрового управления с использованием УЧПУ позволила увеличить функциональные возможности станка: высокоточная (с точностью до микрон) и высокоскоростная обработка деталей, качественное изготовление деталей сложной формы.

Система цифрового управления электроприводами подач и автоматикой металлообрабатывающего станка «Starag» внедрена на предприятии «Абакан-Пласт», занимающегося производством пластиковой тары.

Экономическая эффективность - благодаря изготовлению системы цифрового оптимального управления электроприводами подач значительно снизилась вероятность брака продукции, возникающего из-за человеческого фактора в процессе производства, снизилась себестоимость выпускаемой продукции. Использование современной системы ЧПУ позволило снизить экономические затраты на содержание большого количества рабочего персонала, так как обработка деталей на станке с ЧПУ происходит практически без участия человека.

Область применения – конструктивные и технические решения, использованные при разработке системы цифрового управления, могут быть рекомендованы при разработке систем цифрового управления станков с ЧПУ в проектных организациях.

В процессе выполнения работы достигнуты следующие результаты:

- разработана система оптимального цифрового управления электроприводами подач и электроавтоматикой станка;
- после проведения пуско-наладочных испытаний система цифрового управления успешно внедрена на предприятии.

## **ESSAY**

The final qualification work on the topic "Design and manufacture of a digital control panel for electric automation by the metal-working center "Shtappagg"" contains 69 pages of textual material, 26 figures, 20 tables, 1 formula, 25 sources used, 4 sheets of graphic material.

The object of development is a digital control system for electric feed drives and electric automation of the Starag machine.

The purpose of the work is to manufacture an optimal control system for electric feed drives and machine electrical automation.

Scientific novelty is the use of a modern CNC system and technical innovations in the process of developing a feed drive control system.

The practical significance of the work - the manufactured digital control system using CNCs allowed to increase the functionality of the machine: high-precision (accurate to microns) and high-speed machining of parts, high-quality manufacturing of parts of complex shape.

The digital control system for electric drives of feeds and automation of the metalworking machine "Starag" was introduced at the Abakan-Plast enterprise engaged in the production of plastic containers.

Economic efficiency - thanks to the manufacture of a digital optimal control system for electric drives of feeds, the likelihood of defective products arising due to the human factor in the production process has significantly decreased, and the cost of production has decreased. Using a modern CNC system allowed to reduce the economic costs of maintaining a large number of working personnel, since the processing of parts on a CNC machine occurs almost without human intervention.

Scope - constructive and technical solutions used in the development of digital control systems can be recommended in the development of digital control systems for CNC machines in design organizations.

In the process of performing the work, the following results were achieved:

- a system has been developed for the optimal digital control of feed electric drives and machine electrical automation;

- after the commissioning tests, the digital control system was successfully implemented at the enterprise.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1 Разработка системы цифрового управления электроприводами и электроавтоматикой станка.....	10
1.1 Назначение универсального копировально-фрезерного станка «Starag» .....	10
1.2 Разработка системы цифрового управления электроприводами и электроавтоматикой станка.....	12
1.3 Описание принципиальных электрических схем .....	14
2 Система числового программного управления.....	17
2.1 Описание и назначение УЧПУ NC-210 .....	17
2.2 Структурная схема УЧПУ NC-210 .....	18
2.3 Конструкция УЧПУ NC-210 .....	20
2.4 Назначение и состав и состав модуля CPU ECDA .....	23
2.5 Модуль шины УЧПУ NC 210-4 .....	25
2.6 Модуль дискретных входов/выходов NC 210-31.....	26
2.7 Внешние модули входов/выходов.....	28
2.8 Цифро-аналоговый преобразователь .....	30
2.9 Канал энкодера .....	32
2.10 Электронный штурвал ZBG-5-003-100 .....	34
2.11 Выносной станочный пульт NC 110-78В .....	37
3 Программирование УЧПУ .....	40
3.1 Программное обеспечение УЧПУ .....	40
3.2 Характеризация УЧПУ .....	41
3.2.1 Назначение характеристики и её уровни.....	41
3.2.2 Структура файлов характеристики .....	43
3.2.3 Файлы характеристики .....	44
3.2.3.1 Файл FCRESYS .....	44
3.2.3.2 Файл AXCFIL .....	47
3.2.3.3 Файл PGCFIL .....	49
3.2.3.4 Файл IOCFIL.....	51
3.3 Разработка программы электроавтоматики станка .....	53
3.3.1 Интерфейс PLC.....	53
3.3.2 Программа логики станка.....	54
3.3.3 Входные и выходные сигналы станка.....	64
4 Разработка системы электроприводов подач .....	67
4.1 Система электроприводов подач .....	67
4.2 Преобразователи тока SIEMENS Simoreg 6RA26 .....	69
4.3 Подготовка преобразователя SIEMENS Simoreg к работе .....	70
4.4 Серводвигатели электроприводов подач Siemens .....	73
5 Расчет экономических затрат и определение срока окупаемости .....	74
Заключение .....	76
Список сокращений .....	77
Список использованных источников .....	78

## **ВВЕДЕНИЕ**

Электроэнергетика является важнейшей отраслью энергетики, от которой зависит экономическое благополучие и уровень жизни граждан нашей страны.

Одними из основных законов в области электроэнергетики являются Федеральный закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ [1] и Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ [2].

Основными направлениями развития электроэнергетики являются:

- аудит состояния электросетевого комплекса и создание системы мониторинга распределительных электрических сетей с точки зрения обеспечения надежности и достаточности пропускной способности;
- выполнение работ по реконструкции и техническому перевооружению электрических сетей на основе обеспечивающих их надежное и эффективное функционирование новых электросетевых технологий и современного оборудования, соответствующего по своему уровню лучшим зарубежным образцам;
- оптимизация конфигурации и повышение надежности системообразующих и распределительных электрических сетей в целях повышения эффективности функционирования Единой энергетической системы России.

При рассмотрении перспектив развития электроэнергетики необходимо учитывать следующие тенденции:

- изменение географии электропотребления в стране, проявляющееся в смещении центров электропотребления в восточные регионы страны и в города европейской части России;
- рост сезонных и суточных пиковых нагрузок в Единой энергетической системе России.

Прогнозируется значительный рост объемов производства электроэнергии на базе атомных электростанций и возобновляемых источников электроэнергии.

Перспективные уровни производства электроэнергии определяются ожидаемой динамикой внутреннего спроса на нее, а также региональными стратегиями социально-экономического развития, особенно в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке.

В современном мире огромное количество окружающих нас предметов изготовлены на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Применение станков с ЧПУ позволяет автоматизировать производство, значительно повысить производительность, а также качество выпускаемой продукции. Благодаря внедрению вычислительной техники стала возможной высокоточная и высокоскоростная обработка сложных деталей, особенно в условиях мелко- и среднесерийного производства.

Оснащение станков устройствами ЧПУ (УЧПУ) позволяет решить следующие проблемы:

- возросшие требования к точности изготовления деталей;

- недостаточно высокая производительность труда специалистов-станочников;
- нестабильность размеров деталей, которые изготовлены при участии человека;
- неизбежность брака из-за ошибок человека;
- высокая себестоимость продукции, обусловленная низкой производительностью труда и наличием брака;
- необходимость приобретения и содержания большого станочного парка;
- чрезмерные затраты на оплату труда большого количества станочников.

Объектом исследования в данной работе является модернизация вертикально-фрезерного станка «Starag» под современную высокоэффективную технологию механической обработки.

Цель работы – разработка системы оптимального управления электроприводами подач и электроавтоматики вертикально-фрезерного станка «Starag».

В процессе работы была разработана и изготовлена система цифрового управления электроприводами подач и электроавтоматики вертикально-фрезерного станка «Starag» путем изготовления нового шкафа управления, разработки программ электроавтоматики станка для УЧПУ NC-210 компании «Балт-Систем».

Вертикально-фрезерный станок «Starag», для которого изготовлена система цифрового управления, эксплуатируется на заводе «Абакан-Пласт». Разработанная система управления электроприводами подач и электроавтоматики позволила значительно увеличить производительность станка, повысить точность обработки деталей, автоматизировать технологический процесс.

# **1 Разработка системы цифрового управления электроприводами и электроавтоматикой станка**

## **1.1 Назначение универсального копировально-фрезерного станка «Starag»**

Универсальный копировально-фрезерный двухшпиндельный станок «STARAG» модели CF – 200 (рис. 1.1) предназначен для широкого спектра металлообрабатывающих операций по мягким и твердым сплавам металлов и полимеров методом фрезерования пары заготовок по имеющемуся копиру, либо по заданной в ЧПУ программе, либо в ручном режиме.

Данный станок изначально эксплуатировался на Черногорском комбинате «ИСКОЖ» для изготовления металлических пресс-форм, необходимых для отливки обувных подошв. После того, как предприятие обанкротилось, станок был куплен и перевезен на завод «Абакан-Пласт» для изготовления металлических пресс-форм для отливки пластмассовой тары.



Рисунок 1.1 – Станок «Starag» модели CF-200

Консольный стол, вертикальные и продольные салазки выполняют на стойке продольное перемещение. Салазки оборудованы направляющими для поперечного движения обоих хоботов, к которым привинчены коробки скоростей (картеры) шпинделей. На правом картере смонтирован рычаг копирного щупа с установочными элементами для копирной головки.

Направляющие планки для консольного стола выполнены из стали. Рабочие поверхности стола имеют скользящие покрытия и оснащены автоматической импульсной смазкой. Продольные направляющие планки соединены со станиной методом литья. Компенсация нагрузки на опорные поверхности салазок выполняется гидростатически, причем удержание контроллеров осуществляется с помощью колодок (башмаков) на роликах, двигающихся на закаленных стальных шинах. Ос-

тальные направляющие поверхности салазок имеют покрытия скольжения и импульсную смазку. Такая же система используется и для направляющей у хоботов.

Движения подачи выполняются двигателями постоянного тока SIEMENS Servomotoren 1HU3 10 и шариковыми ходовыми винтами. Три отдельные привода оборудованы выключающими предохранительными муфтами и тормозами. Электромагнитный тормоз блокирует соответствующую ось подачи, если она не запущена в работу копировальной системой или функциями подачи. Тормоз отпускается, если на магнитной катушке имеется напряжение.

Диапазоны перемещений застрахованы неподвижными упорами (кулачками), которые действуют на соответствующие концевые выключатели. Нажатый концевой выключатель блокирует только соответствующее направление, в то время как противоположное направление и перемещение в других осях остаются свободными. Если эти кулачки из-за ошибочной манипуляции или неполадки не сработали, то станок защищен еще и аварийными концевыми выключателями.

Свободно устанавливаемый электрический шкаф включает в себя электрическое и электронное управление для главных и для серводвигателей, а также коммутирующие функции. Пульт управления размещается на консольном столе и может перемещаться.

Слева от консольного стола находится резервуар с охлаждающей жидкостью и установленным в нем насосом, а также стружкоприемная ванна. Агрегаты для смазки размещены слева от продольных салазок, которые одновременно служат масляным резервуаром и имеют на правой стороне смотровое стекло, патрубок для слива и заполнения. Смазочный насос создает давление масла в системе смазки. Фильтр, задерживающий инородные частицы в смазочном масле, оборудован электрической индикацией загрязненности. Реле давления контролирует давление в системе. Гидравлический агрегат на станине питает зажим пиноли и устройства закрепления инструмента обоих картеров фрезерного шпинделя.

Станок работает в трех режимах работы: копировальный режим, режим чистового программного управления, ручное сервоуправление.

## **1.2 Разработка системы цифрового управления электроприводами и электроавтоматикой станка**

Универсальный копировально-фрезерный станок производства фирмы «Starag AG» был оснащен устаревшей системой ЧПУ «FIDIA» и копировальной системой UT-3, которая предоставляла следующие возможности копирования:

- автоматическое строчечное копирование (поперечно-вертикальное с продольным строчечным шагом);
- автоматическое строчечное копирование (продольно-вертикальное с поперечной строчечной подачей);
- автоматическое окружное (контур 360 гр) копирование продольно-поперечное с вертикальной шаговой подачей, а также маятниковая окружная обработка;
- автоматическое окружное (360 гр) копирование – продольно-поперечное и одновременное вертикальное копирование;
- манографическое копирование продольно-поперечное вертикальное;
- приспособление для копирования зеркально-отраженного профиля;
- ручное следящее управление – продольное и поперечное с координированным вертикальным копированием.

Было принято решение разработать и изготовить новую систему цифрового автоматического управления электроприводами подач и шпинделей и электроавтоматикой станка, заменив имеющуюся систему ЧПУ «FIDIA» на более современное устройство ЧПУ NC-210 российской компании «Балт-Систем». Система цифрового управления разработана в соответствии с рекомендациями, приведенными в [3]-[11].

Панель коммутационного оборудования была снята из шкафа управления станка, а все коммутационное оборудование, находящееся на ней, демонтировано. Далее была разработана новая система управления электроавтоматикой станка, были закуплены новые электротехнические аппараты, и изготовлена новая панель электроавтоматики. При этом не были заменены тиристорные преобразователи сервоприводов подач Siemens Simoreg. На следующем этапе были выполнены электромонтажные работы на станке. Заключительным этапом всей работы была разработка программы логики для электроавтоматики станка и ее отладка. Принципиальная схема электроавтоматики станка приведена в графической части выпускной работы, а сама панель электроавтоматики изображена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Панель электроавтоматики станка

### **1.3 Описание принципиальных электрических схем электроавтоматики станка**

Принципиальные электрические схемы приведены в графической части выпускной работы.

Шкаф электроавтоматики получает питание от трехфазной сети переменного тока 380/220 В.

На вводе в шкаф смонтирован главный выключатель QF1, который подает напряжение на все элементы электрической схемы, за исключением освещения шкафа и розетки 220 В.

Выключателем нагрузки QN1 напряжение подается на: охладитель, УЧПУ, блок питания модулей входов и релейных выходов, блок питания освещения, однофазный трансформатор Т4 220/110 В, сервоприводы шпинделей, двигатели вспомогательного оборудования и механизмов (разжим инструмента шпинделей, смазка редуктора шпинделей, маслостанция, насос гидравлики, подача смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ)) и трехфазный трансформатор Т3 380/24 В с диодным выпрямителем, необходимым для питания клапанов и тормозов приводов подач.

В схеме питания УЧПУ задействован сетевой выключатель «KEY SWITCH», находящийся на задней панели УЧПУ.

На блок питания модулей входов/выходов напряжение подается при замыкании нормально-разомкнутого контакта (НРК) реле готовности УЧПУ «SPEPN».

Освещение шпинделей станка включается магнитным пускателем КМ10 и переключателями SA1 и SA2, находящимися на пультах шпинделей.

Подача напряжения на трансформатор Т4 происходит при замыкании контактов реле KL1.

Включение двигателей вспомогательного оборудования и механизмов станка (разжим инструмента шпинделей, смазка редуктора шпинделей, маслостанция, насос гидравлики, подача СОЖ) выполняется магнитными пускателями. Двигатели защищены от перегрузки тепловыми реле КА1-КА4.

Напряжение питания катушек клапанов и тормозов подается магнитным пускателем КМ9.

С автотрансформатора Т1 выключателем нагрузки QN2 подается напряжение на тиристорные преобразователи A1 - A3 сервоприводов подач. С автотрансформатора Т1 выключателем QF4 подается напряжение синхронизации на тиристорные преобразователи A1 – A3.

От тиристорного преобразователя с клемм 1С и 1Д напряжение подается на якорную цепь серводвигателя постоянного тока. Напряжение с тахогенератора BR подается на зажимы 55 и 13 тиристорного преобразователя. Кабель, идущий от тахогенератора, имеет металлическую оплетку, соединенную с клеммой 68 тиристорного преобразователя. Включение сервоприводов подач выполняется магнитными пускателями КМ1-КМ3.

К модулю выходов на напряжение 110 В подсоединенны катушки пускателей: КМ5 (смазка редуктора левого шпинделя), КМ6 (включение двигателя маслостанции), КМ7 (включение двигателя насоса гидравлики), КМ10 (включение освещения станочного стола), КМ11 (включение контакторов приводов подач).

К модулю выходов на напряжение 24 В подсоединенны катушки клапанов: YA1 (клапан включения импульсной смазки), YA2 (клапан продувки правого шпинделя), YA3 (клапан зажима правого шпинделя).

Срабатывание пускателей и клапанов происходит в соответствии с сигналами выходного канала УЧПУ.

Напряжение 110 В подается на катушки пускателей: КМ1-КМ3, включающие тиристорные преобразователи сервоприводов подач, КМ5-КМ6, КМ4, включающий двигатель разжима инструмента правого шпинделя, КМ8, включающий двигатель подачи СОЖ.

Срабатывание пускателей КМ1-КМ3 происходит при срабатывании пускателя КМ11.

Разжим инструмента правого шпинделя выполняется нажатием на кнопку SB1, расположенную на пульте шпинделя.

Подача СОЖ включается переключателями SA2 и SA3, расположенными на пультах шпинделей.

На напряжение 24 В подключены реле и клапаны: KL2 (реле блокировки разжима инструмента), YA4, YA9 (клапаны разжима инструмента и пиноли левого шпинделя), YA5 (клапан включения гидростатической смазки), YA6-YA8 (катушки тормозов приводов подач).

Разжим инструмента левого шпинделя выполняется при нажатии на кнопку SB3, расположенную на пульте левого шпинделя.

Разжим пиноли левого шпинделя осуществляется при нажатии на кнопку SB2, расположенную на пульте левого шпинделя.

Клапан включения гидростатической смазки срабатывает и остается в работе всегда, когда присутствует напряжение 24 В.

Катушки тормозов приводов подач включаются при включении приводов подач.

К модулю входов подсоединенны НРК тиристорных преобразователей А1-А3, отвечающие за контроль сервоприводов подач, термоконтакты приводов подач SK1-SK3, контакт КМ4.4, подающий сигнал включения клапана разжима правого шпинделя и клапана продувки, контакты датчиков ограничения перемещений, контакты датчиков давления воздуха, давления в маслостанции, датчика фильтра масла, датчика охладителя.

В таблице 1.1 приведена спецификация к принципиальным электрическим схемам.

Таблица 1.1 - Спецификация принципиальной схемы электроавтоматики

Обозначение	Наименование	Количество
SF1-SF6	Выключатель автоматический однополюсный 6А С ВА47-63 4.5кА PROxima	6
QF6-QF10	Выключатель автоматический трехполюсный 6А С ВА47-63 4.5кА PROxima	5
QF2, QF3, QF5	Выключатель автоматический трехполюсный 63А С ВА47-63	3
QF4, QF11	Выключатель автоматический трехполюсный 10А С ABB S203 6кА	2
QF1	Выключатель автоматический ВА51-35М2-340010-160А-2000-690АС-УХЛ3	1
KA1-KA4	Реле тепловое РТИ-1310 4-6А	4
KM4-KM8, KM10-KM11	ПМЛ 1100-06 110В 6А 1з	9
KM9	ПМЛ-1100-10А-110АС-УХЛ4-Б-КЭАЗ	1
KM1-KM3	ПМЛ-4100 110В 63А	3
QN1, QN2	Выключатель нагрузки 3Р ВН-63 63А PROxima	2
KL1, KL2	Реле промежуточное РП 22/3 5А 24В DC EKF PROxima	2

Ссылки на выбранную электротехническую продукцию приведены в списке использованных источников.

## 2 Система числового программного управления

### 2.1 Описание и назначение УЧПУ NC-210

Устройство числового программного управления NC-210 (рис. 2.1) применяется в машиностроении, станкостроении, металлообрабатывающей, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности.

УЧПУ используют как комплектующее изделие при создании комплексов «устройство – объект управления», например, технологических комплексов, установок, высокоавтоматизированных станков и обрабатывающих центров таких групп, как фрезерно–сверлильно–расточные, токарно–карусельно–револьверные, газоплазменные, лазерные, деревообрабатывающие и т. д.

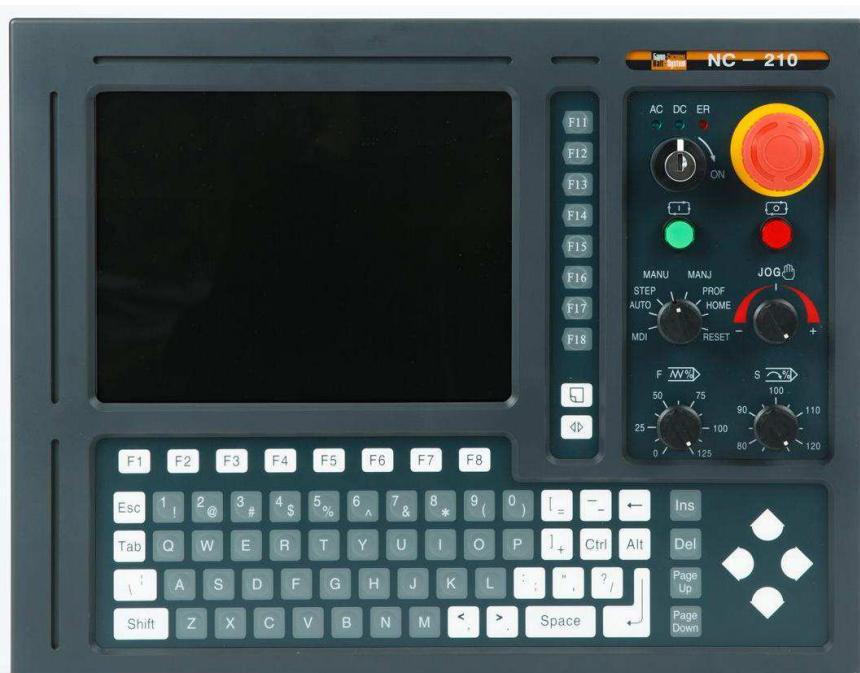


Рисунок 2.1 – УЧПУ NC-210

УЧПУ имеет встроенный Programmable Logic Controller (PLC) контроллер для написания программы электроавтоматики станка и встроенный PLC отладчик для её отладки. На лицевой панели расположены цветной Thin Film Transistor (TFT) дисплей 10,4", герметизированные кнопочные алфавитно-цифровая клавиатура и функциональная клавиатура станочной консоли, станочный пульт. В комплекте с УЧПУ NC-210 поставляются внешние модули входов/выходов с релейной коммутацией и индикацией.

Основные характеристики УЧПУ:

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) (+/-10В)	5 каналов
Входы для датчика обратной связи (ДОС)	4 канала
Оптоизолированные выходы (+24В)	24-48 каналов
Оптоизолированные входы	32-64 канала

Подробное описание УЧПУ приведено в [12].

## **2.2 Структурная схема УЧПУ NC-210**

УЧПУ является программно управляемым устройством, имеет аппаратную и программную части. Структурная схема УЧПУ представлена на рисунке 2.2. Структура УЧПУ включает блок управления (БУ), пульт оператора (ПО) и блок питания (БП).

БУ управляет работой УЧПУ и внешнего подключаемого оборудования. БУ включает модули CPU ECDA, I/O и модуль шины УЧПУ NC210-4. Ядром БУ является плата Central Processing Unit (CPU). Взаимодействие плат CPU и ECDA в модуле CPU ECDA обеспечивают сигналы внешней локальной шины процессора ISA BUS 16. Сигналы интерфейса УЧПУ формируются в плате ECDA NC210-25, где расположен контроллер периферии, который управляет всеми каналами связи с объектом управления.

Модуль шины NC210-4 представляет собой конструктивное решение интерфейса УЧПУ. Модуль шины конструктивно и электрически объединяет периферийные модули CPU ECDA и I/O, через каналы которых осуществляется связь БУ с объектом управления, а также модуль шины обеспечивает связь БУ с ПО и БП.

Через каналы платы ECDA осуществляется управление периферийным оборудованием:

- следящими электроприводами подач и главного движения (управление по входу аналоговым напряжением +10В) с обратной связью;
- преобразователями угловых перемещений фотоэлектрического типа в качестве ДОС (напряжение питания плюс 5В, тип выходного сигнала - прямоугольные импульсы);
- электронным штурвалом фотоэлектрического типа (напряжение питания плюс 5В, тип выходного сигнала - прямоугольные импульсы);
- датчиком касания.

По каналам входа/выхода модуль I/O обеспечивает двунаправленную связь между УЧПУ и электрооборудованием управляемого объекта. Обмен информацией происходит под управлением программного обеспечения (ПрО). Управление дополнительными устройствами ввода/вывода производится процессором CPU через интерфейсы внешних устройств: RS-232, FDD, USB, VGA, LAN, KEYBOARD&MOYSE.

ПО обеспечивает выполнение всех функций управления и контроля в системе «ОПЕРАТОР-УЧПУ-ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ». Структура ПО включает блок дисплея, блок клавиатуры, плату переключателей, плату индикации, сетевой и аварийный выключатели. Сигналы управления от CPU на дисплей поступают через интерфейс LCD 24bit по внутреннему кабелью. Связь блока клавиатуры с платой CPU осуществляется сигналами интерфейса клавиатуры EXT\_KB через плату ECDA, модуль шины и кабель. Управление платой переключателей производится контроллером периферии.

БП обеспечивает УЧПУ необходимым набором питающих напряжений. Напряжение от источника питания поступает в модуль шины УЧПУ, а затем через разъёмы подаётся на составные части УЧПУ.

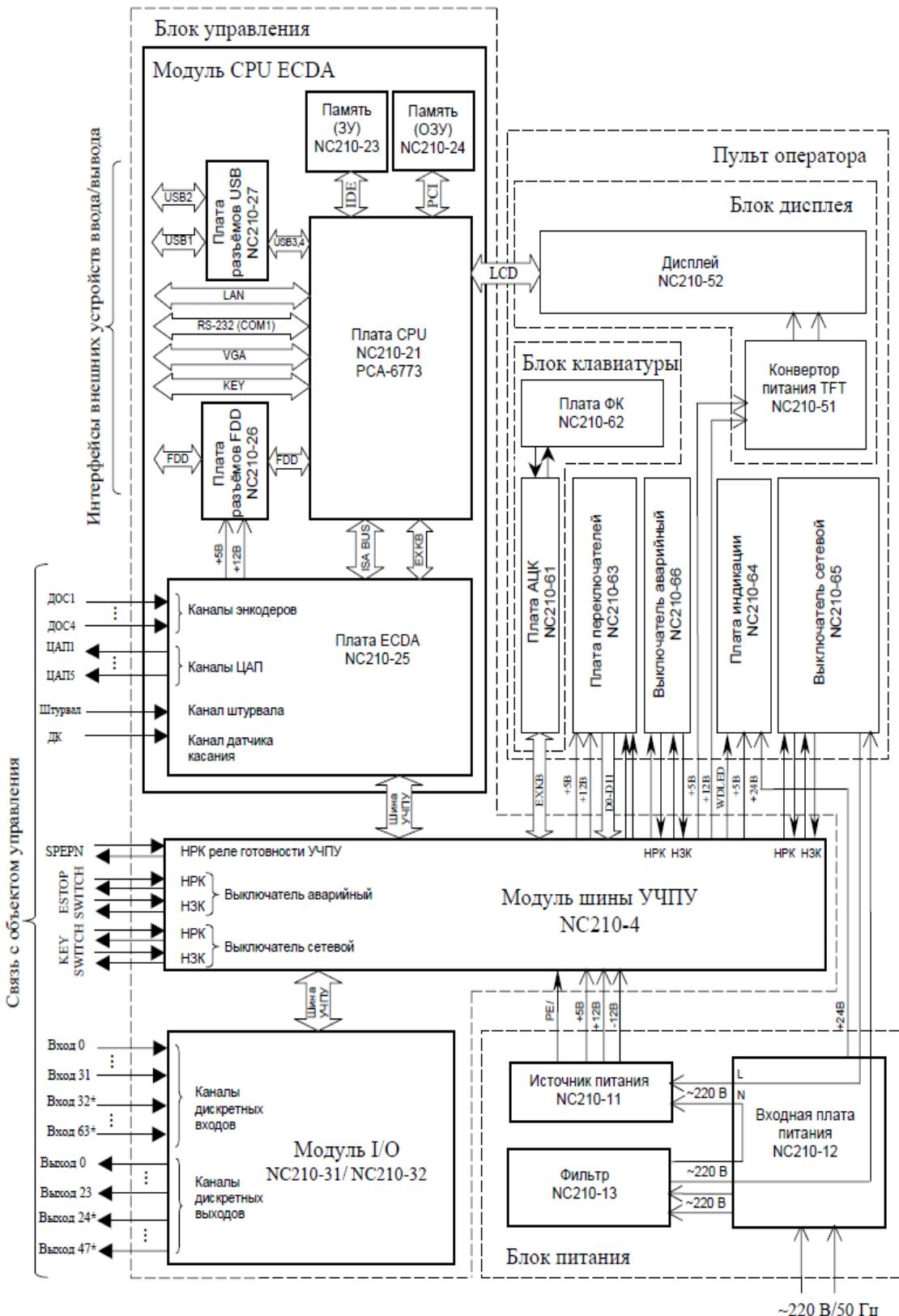


Рисунок 2.2 – Структурная схема УЧПУ NC-210

## 2.3 Конструкция УЧПУ NC-210

Конструктивно УЧПУ представляет собой моноблок встраиваемого исполнения, в котором соединены вместе БУ, ПО и БП. Основные размеры УЧПУ показаны на рисунке 2.3. Вид задней панели представлен на рисунке 2.4.

Корпус моноблока состоит из лицевой панели и кожуха. Основу моноблока представляет металлическая рама с двумя отсеками. В один отсек устанавливается БП, в другой – БУ. Металлические стенки рамы выполняют функцию защитного экрана. Элементы ПО устанавливаются на лицевую панель УЧПУ, которая крепится к раме винтами.

Модуль шины УЧПУ устанавливается на металлическую перегородку между отсеками БУ и БП. Модули CPU ECDA и I/O имеют лицевые панели с разъёмами для подключения кабелей от управляемого оборудования. Лицевые панели модулей образуют панель разъёмов УЧПУ (рис. 2.5).

Элементы ПО на лицевой панели УЧПУ разделены пластмассовой накладкой на 4 секции:

- секция дисплея;
- секция алфавитно-цифровой клавиатуры (АЦК);
- секция функциональной клавиатуры (ФК);
- секция станочного консоль (СК), на которой расположены элементы индикации, переключатели, сетевой и аварийный выключатели.

Съёмный кожух закрывает всю конструкцию, кроме лицевой панели. Внутри кожуха на уровне БУ установлен вентилятор.

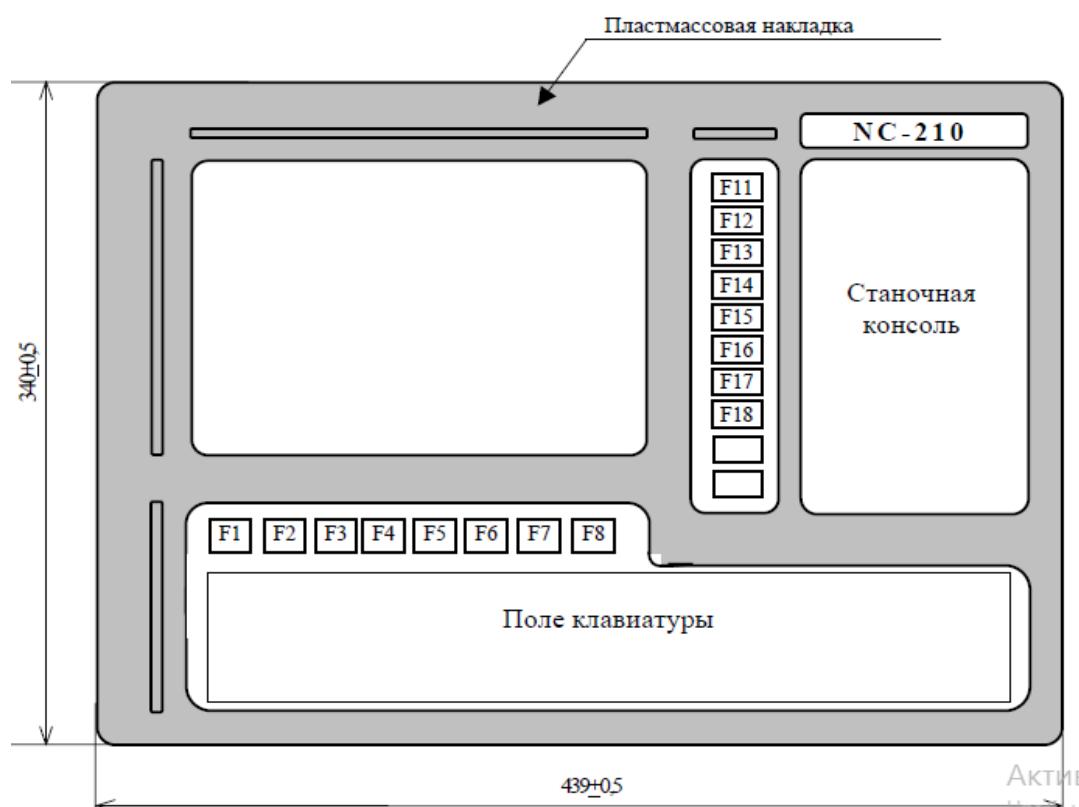


Рисунок 2.3 – Основные размеры УЧПУ NC-210, лист 1

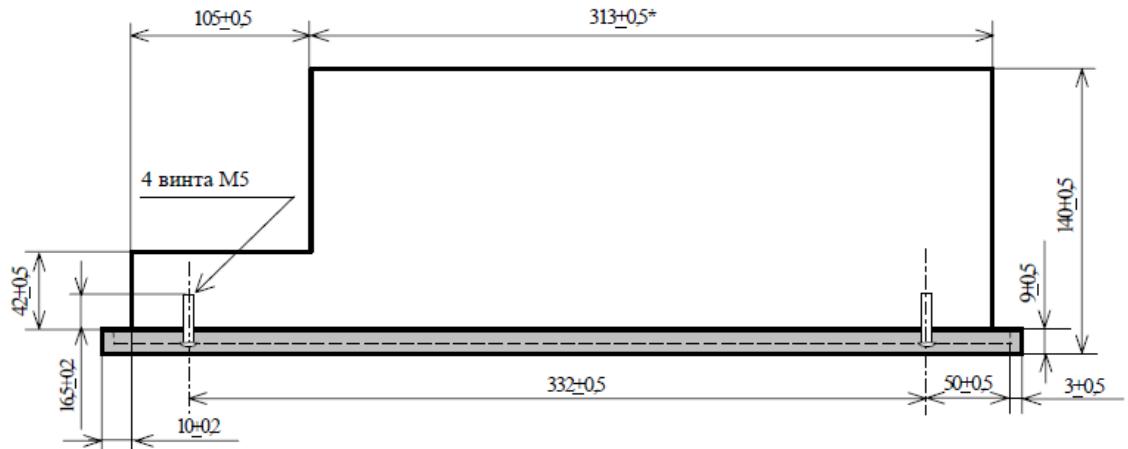


Рисунок 2.3, лист 2

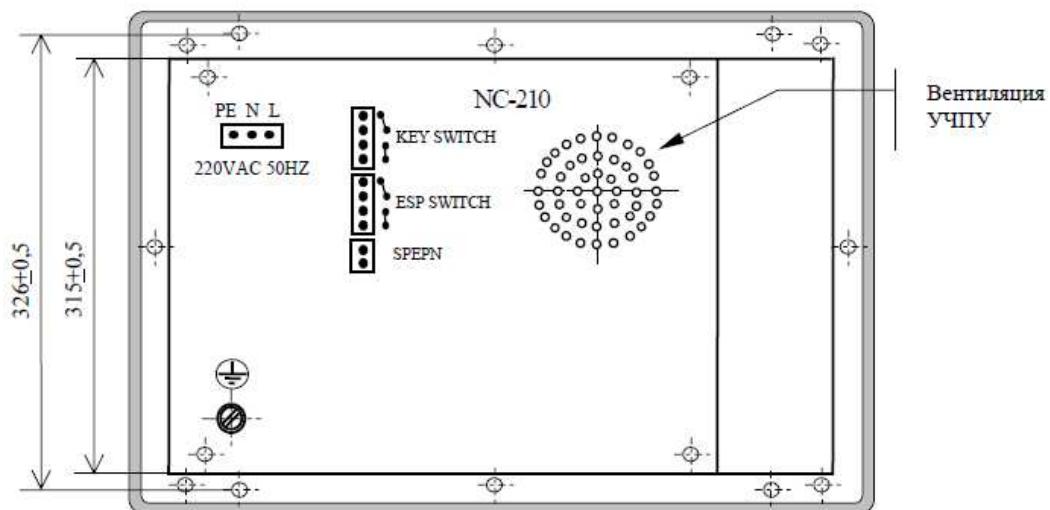


Рисунок 2.4 – Задняя панель УЧПУ NC-210

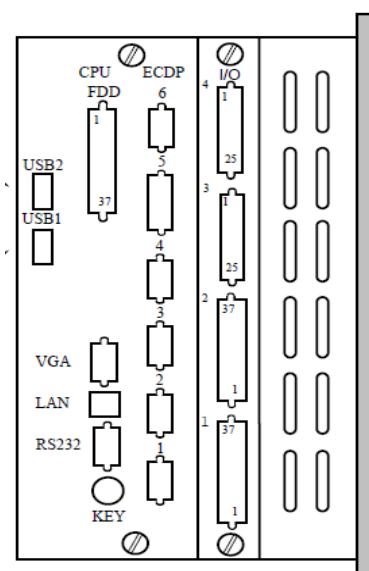


Рисунок 2.5 – Панель разъемов УЧПУ NC-210

Назначение внешних разъемов модулей УЧПУ NC-210 представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Внешние разъемы УЧПУ NC-210

Модуль	Разъем			
	Обозначение и тип	Количество контактов	Количество разъемов	Назначение
CPU ECDA	<b>RS 232</b> вилка DPSR 9-M	9	1	Канал RS-232 (COM 1)
	<b>FDD</b> розетка DPSR 37-F	37	1	Связь с FDD
	<b>VGA</b> розетка DPSRH 15-F	15	1	Внешний монитор CRT
	<b>KEY</b> розетка MDR 6-F	6	1	Внешняя клавиатура
	<b>LAN</b> розетка RJ-45	8	1	Локальная сеть
	<b>USB1</b> розетка USBA-4G	4	1	Канал USB1 (работа в режиме УЧПУ)
	<b>USB2</b> розетка USBA-4G	4	1	Канал USB2 (работа в режиме УЧПУ)
	<b>1,2,3,4</b> розетка DPSR 9-F	9	4	Входы энкодеров
	<b>5</b> розетка DPSR 15-F	15	1	Выходы ЦАП, вход ДК
	<b>6</b> розетка DPSR 9-F	9	1	Вход штурвала
I/O	<b>1,2</b> вилка DPSR 37-M	37	1/2	Дискретные входы
	<b>3,4</b> розетка DPSR 25-F	25	1/2	Дискретные выходы
NC210-12	<b>220VAC 50Hz</b> Phoenix Contact Вилка MSTB 2,5/3-STF-5,08	3	1	Сетевое питание
NC210-4	<b>KEY SWITCH</b> Phoenix Contact Вилка MSTB 2,5/4-ST-5,08	4	1	Контакты сетевого выключателя
	<b>ESP SWITCH</b> Phoenix Contact Вилка MSTB 2,5/4-ST-5,08	4	1	Контакты аварийного выключателя
	<b>SPEPN</b> Phoenix Contact Вилка MSTB 2,5/2-ST-5,08	2	1	НРК реле готовности УЧПУ SPEPN

## **2.4 Назначение и состав модуля CPU ECDA**

В состав модуля CPU ECDA входят платы CPU NC210-21, ECDA NC210-25, плата разъемов FDD NC210-26, плата разъемов USB NC210-27, запоминающие устройства NC 210-23 и NC210-24.

Плата CPU NC210-21 типа PCA-6773 является ядром БУ. Она осуществляет общее управление работой УЧПУ и внешними устройствами ввода/вывода. Плата имеет встроенный процессор Intel ULV Celeron 400 MHz Fanless CPU.

В качестве ЗУ NC210-23 в плате CPU PCA-6773 используется память типа Flash Disk (DOM). Стандартный объём памяти ЗУ - 32 МБ. В качестве ОЗУ NC210-24 используется память типа SDRAM SODIMMx1. Стандартный объём памяти ОЗУ в УЧПУ - 64МВ.

Базовое ПрО УЧПУ устанавливают на Flash Disk. Работа базового ПрО находится под контролем схемы «WATCH DOG». Ошибка, выявленная «WATCH DOG», индицируется светодиодом «ER» красного цвета на ПО, при этом происходит снятие сигнала готовности УЧПУ.

Связь платы CPU PCA-6773 с дисплеем TFT NC210-52 осуществляется кабелем через интерфейс LCD 24bit (CN14). Конфигурация видеоадаптера производится программно. Видеоадаптеру в ОЗУ выделяется видеопамять (буфер кадра) 8/16/32 МВ. В УЧПУ буфер кадра имеет ёмкость 8 МВ.

Связь платы CPU PCA-6773 с блоком клавиатуры ПО осуществляется через интерфейс EXT\_KB (CN23). Сигналы интерфейса клавиатуры по кабелю поступают в плату ECDA (J10), откуда через разъём J8 попадают в модуль шины NC210-4 (J2), а затем через разъём J1 по кабелю поступают в плату NC210-61.

Разъёмы интерфейсов VGA, RS-232, Ethernet и Keyboard&Mouse платы CPU PCA-6773 выведены на лицевую панель модуля CPU ECDA.

Разъём «VGA» предназначен для подключения к УЧПУ внешнего графического монитора CRT. На разъём «RS232» выведены сигналы последовательного интерфейса RS-232 (COM1) (CN21). Разъём «LAN», на который выведены сигналы интерфейса Ethernet, предназначен для подключения УЧПУ к локальной сети. Разъём «KEY», на который выведены сигналы интерфейса Keyboard&Mouse, позволяет подключать к УЧПУ клавиатуру PC. Разъём «FDD» обеспечивает связь УЧПУ с накопителями на гибких магнитных дисках (Floppy Disk Drive (FDD)).

На разъёмы «USB1» и «USB2» лицевой панели модуля CPU ECDA через переходную плату разъёмов USB NC210-27 выведены сигналы универсального последовательного интерфейса USB от платы CPU PCA-6773. Данные разъемы используются для работы УЧПУ с внешними устройствами ввода/вывода, имеющими канал USB.

Плата ECDA NC210-25 выполняет следующие функции:

- обеспечивает связь с платой CPU NC210-21;
- управляет работой всех каналов связи УЧПУ с объектом управления;

- обеспечивает по каналам, расположенным в плате, связь с аналоговыми приводами и с их датчиками обратной связи, с электронным штурвалом, с датчиком касания;

- формирует сигналы интерфейса УЧПУ.

Внешние разъёмы платы ECDA выведены на лицевую панель модуля CPU ECDA.

Все функции управления периферийным оборудованием УЧПУ выполняет микросхема EP1K30 (U5I), установленная в плате ECDA. Микросхема EP1K30 представляет собой программируемую логическую матрицу с эксплуатационным программированием (FPGA). FPGA выполняет функции контроллера каналов энкодера, ЦАП, электронного штурвала, датчика касания, входа/выхода, переключателей «F», «S», «JOG», «MDI,...,RESET», кнопок «1» (ПУСК) и «0» (СТОП), управляет работой реле готовности УЧПУ SPEPN.

Плата ECDA NC210-25 обеспечивает связь между следующими электроприводами подач и главного движения управляемого оборудования и преобразователями угловых или линейных перемещений фотоэлектрического типа (энкодерами), выполняющими функции ДОС. Каждому из четырёх каналов ЦАП, который соединён с электроприводом, имеющим обратную связь, должен соответствовать канал энкодера, к которому подключён ДОС. Канал энкодера связывает ДОС с контроллером периферии, который обрабатывает информацию, полученную от ДОС, и результат обработки в виде кода передаёт на ЦАП. ЦАП преобразует код в аналоговое напряжение и передаёт полученное воздействие на электропривод.

## **2.5 Модуль шины УЧПУ NC 210-4**

Модули CPU ECDA и I/O NC210-31, объединённые модулем шины УЧПУ NC210-4, образуют блок управления. Модуль шины конструктивно и электрически объединяет периферийные модули CPU ECDA и I/O, а также обеспечивает связь БУ с ПО и БП.

Питание и импульсный сигнал PE/ от источника питания NC210-11 поступают в модуль шины через соответствующий разъём. Сигналы интерфейса УЧПУ формируются в плате ECDA NC210-25 и передаются в модуль шины NC210-4. По плате модуля шины питание и сигналы интерфейса УЧПУ разводятся на промежуточные разъёмы, которые обеспечивают связь контроллера периферийного оборудования в плате ECDA NC210-25 с модулем I/O, блоком клавиатуры, блоком дисплея, платой переключателей и платой индикации.

На плате модуля шины NC210-4 расположен узел контроля питания УЧПУ и установлено реле готовности УЧПУ SPEPN. Через плату модуля шины осуществляется вывод на заднюю стенку УЧПУ контактов аварийного выключателя и контактов сетевого выключателя, которые установлены на ПО.

НРК реле SPEPN должны быть задействованы в цепи включения/выключения управляющего напряжения станка. НРК реле SPEPN фиксируют готовность УЧПУ к включению управляющего напряжения станка. Разомкнутые контакты реле означают отсутствие готовности УЧПУ.

Реле SPEPN управляет программно сигналом SPEPN, который формируется контроллером периферийного оборудования U5I в плате NC210-25.

## 2.6 Модуль дискретных входов/выходов NC 210-31

Каналы модуля дискретных входов/выходов I/O обеспечивают двунаправленную связь (опрос/управляющее воздействие) между УЧПУ и аппаратной частью логики управляемого объекта по каналам дискретных входов/выходов. Обмен информацией происходит под управлением ПрО УЧПУ через интерфейс PLC. Для реализации взаимодействия между УЧПУ и объектом управления в каждом конкретном случае составляют ПЛ. УП обеспечивает передачу информации как от управляемого оборудования к ПЛ, так и в обратном направлении через интерфейс PLC.

Модуль NC 210-31 имеет 32 канала входов и 24 канала выходов. Расположение разъемов модуля показано на рисунке 2.6.

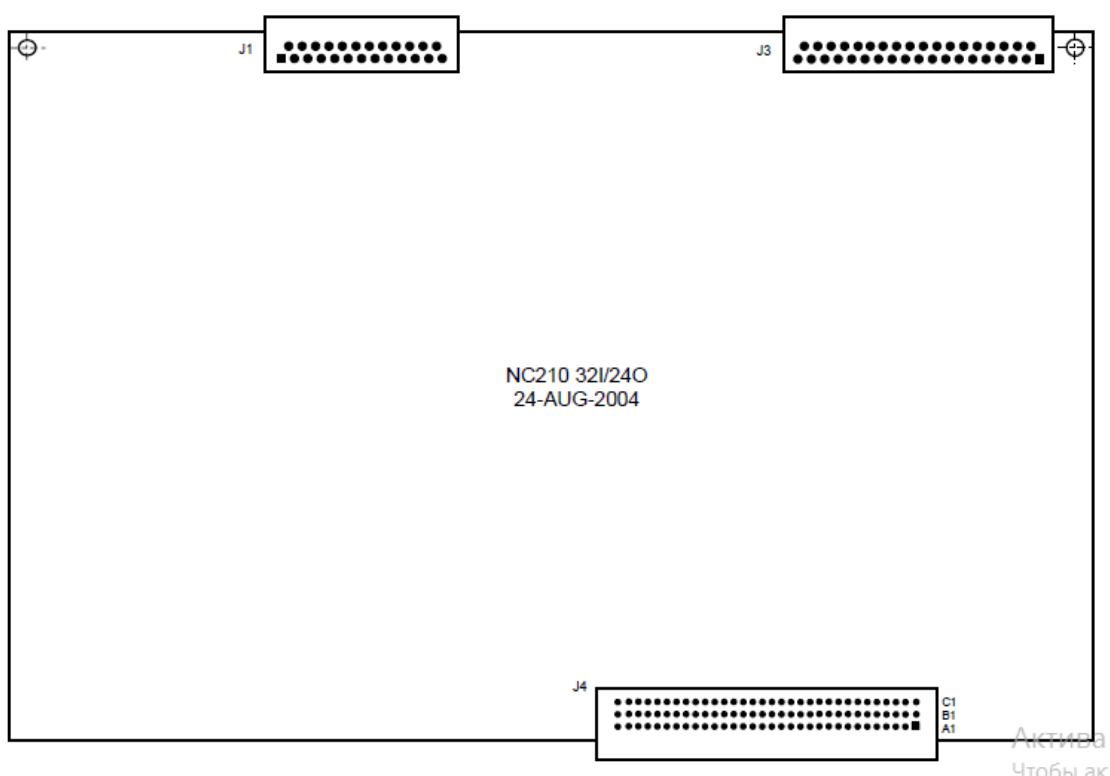


Рисунок 2.6 – Расположение разъемов модуля NC 210-31

Каналы входов выведены на разъём J3, каналы выходов выведены на разъём J1. Разъем J4 осуществляет связь модуля NC 210-31 с модулем шины УЧПУ NC 210-4. Управление каналами входа/выхода модуля I/O производится из платы ECDA NC210-25.

Технические характеристики каналов входа:

вид входного сигнала.....	напряжение постоянного тока
уровень входного сигнала:	
логический «0».....	0-7 В
логическая «1».....	15-30 В
номинальный входной ток.....	12 мА/24 В

постоянная времени входного фильтра.....5 мс  
электрическая прочность оптоизоляции.....не менее 1500 В

Технические характеристики каналов выхода:

тип выхода.....открытый коллектор  
коммутируемое напряжение.....15-30 В  
номинальный выходной ток.....50 мА/24 В

Каналы входов/выходов устанавливают физическую связь УЧПУ с элементами управления, контроля, защиты и т. д. в электрических цепях объекта управления.

Сигналы каналов входа/выхода являются дискретными сигналами и могут принимать значения либо логической «1», либо логического «0». Входные сигналы информируют УЧПУ о состоянии опрашиваемого элемента (лог. «1» / лог. «0») в цепях управления. Выходные сигналы по каналам выхода поступают из УЧПУ в управляемое оборудование для включения/выключения элементов в цепях управления.

Для обеспечения помехозащищённости УЧПУ каждый канал входа/выхода имеет оптронную развязку, позволяющую исключить влияние цепей питания УЧПУ и объекта управления друг на друга. Для обеспечения работы оптронных цепей на плату NC210-31 через разъёмы входов/выходов «1»-«4» необходимо подать напряжение +24В от внешнего источника питания.

Подключать каналы дискретных входов/выходов УЧПУ к объекту управления и подавать внешнее питание +24В на модуль I/O следует через внешние модули входов/выходов.

## 2.7 Внешние модули входов/выходов

Внешние модули входа/выхода обеспечивают согласование дискретных каналов входа/выхода УЧПУ с каналами электроавтоматики управляемого оборудования. Для УЧПУ разработаны внешние модули:

- NC210-402 – модуль индикации входов (32 входа);
- NC210-401 – модуль релейной коммутации выходов (24 выхода).

Номинальное напряжение питания модулей составляет 24 В.

Модуль индикации входов транслирует сигналы от электрооборудования системы к дискретным каналам УЧПУ без преобразования. Каждый канал модуля имеет светодиод, который индицирует высокий уровень передаваемой информации.

Модуль выходов с релейной коммутацией и индикацией служит для расширения возможностей дискретных выходных каналов УЧПУ. Каждый канал модуля имеет светодиод и реле, управляемые сигналом выходного канала УЧПУ. Контакты этого реле позволяют коммутировать напряжение как постоянного, так и переменного тока.

Внешний вид модуля NC210-402 представлен на рисунке 2.7. Высота модуля без ответной части разъёма IP1 - (49,0+0,2)мм, с учётом высоты ответной части разъёма IP1 – (66,5+0,2)мм. Крепление модуля производится на DIN рейку.

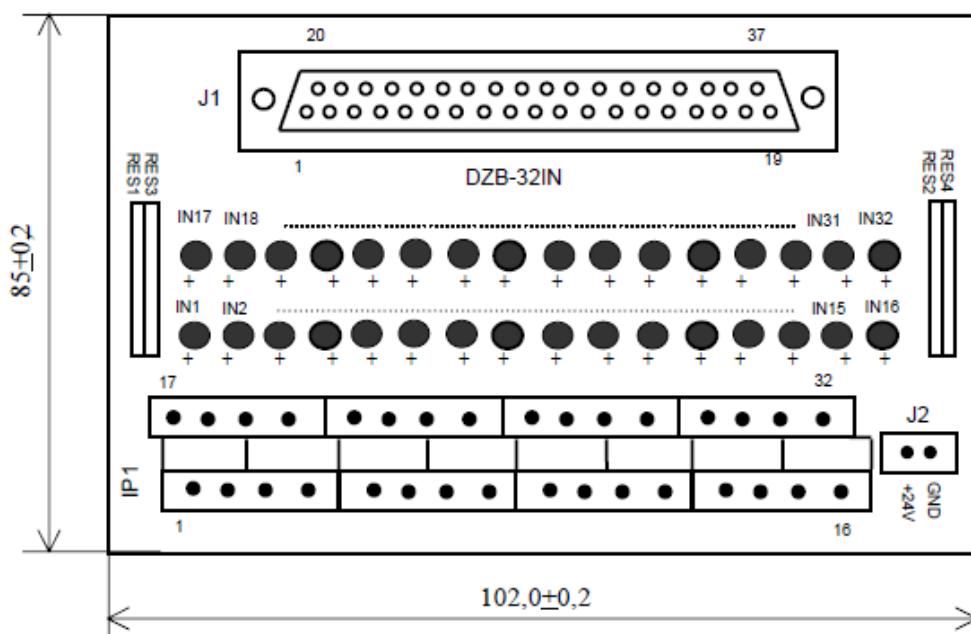


Рисунок 2.7 – Модуль индикации входов NC 210-402

Назначение элементов модуля NC 210-402 приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Назначение элементов модуля NC 210-402

Элемент	Назначение
IN1-IN32	Светодиоды индикации состояния входов 1-32
IP1	Двухрядный двухуровневый составной разъём под винт на 32 контакта для подсоединения 32 входных сигналов от управляемого оборудования
J1	разъём для подключения кабеля связи входов модуля I/O (разъём «1») с модулем NC210-402
J2	разъём для подключения внешнего источника питания +24В
RES1-RES4	резисторы, ограничивающие ток в цепи светодиодов

Внешний вид модуля NC210-401 представлен на рисунке 2.8. Высота модуля без ответной части разъёма OP1 - (44,0+0,2)мм, с учётом высоты ответной части разъёма OP1 – (56,0+0,2)мм. Крепление модуля производится на DIN рейку.

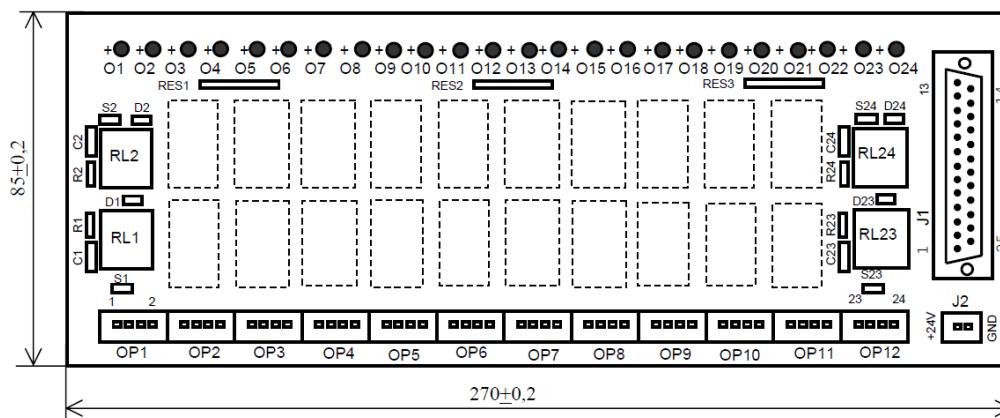


Рисунок 2.8 – Модуль индикации выходов NC 210-401

Назначение элементов модуля NC 210-401 приведено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Назначение элементов модуля NC 210-401

Элемент	Назначение
D1-D24	Диоды, стабилизирующие работу реле, включены параллельно обмоткам реле
J1	разъём для подключения кабеля связи выходов модуля I/O (разъём «3») с модулем NC210-401
J2	разъём для подключения напряжения +24В от внешнего источника питания
O1-O24	Светодиоды индикации состояния выходов
OP1-OP12	12 разъёмов (вилка MSTBV 2.5/4-G-5.08 на 2 коммутируемых сигнала: 2 контакта на сигнал), на 48 контактов которого выведены НРК реле RL1-RL24 для коммутации 24-х сигналов управления оборудованием.
R1C1-R24C24	RC-цепочки, установленные параллельно коммутирующим контактам реле
RES1-RES3	резисторы, ограничивающие ток в цепи светодиодов

## 2.8 Цифро-аналоговый преобразователь

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) — устройство для преобразования цифрового двоичного кода, поступающего на его вход, в аналоговый сигнал (в данном случае напряжение). Напряжение поступает на приводы управляемого оборудования. График выходного напряжения ЦАП представлен на рисунке 2.9.

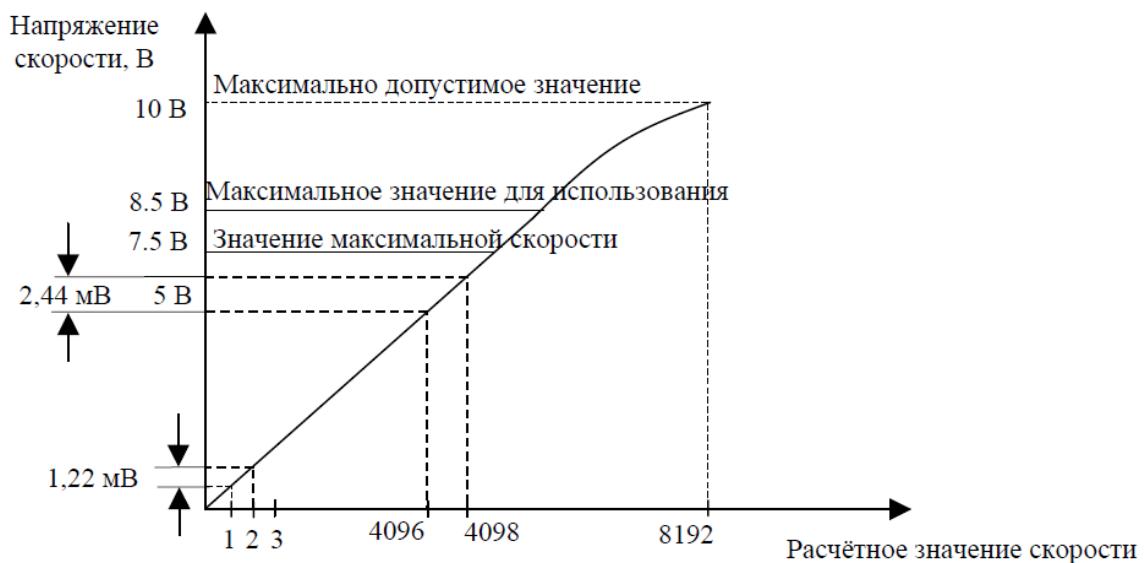


Рисунок 2.9 – График выходного напряжения ЦАП

### Характеристики ЦАП:

количество каналов.....	5
базовая микросхема.....	AD7545
выходное сопротивление.....	0,2 Ом
выходной ток.....	5 мА
диапазон выходного сигнала.....	± 10,0 В
линейный участок:.....	± 8,5 В
разрешающая способность:.....	14 разрядов(13 разр.+знак)
номинальная дискретность в диапазоне:	
- от минус 10 до минус 5 В.....	2,440 мВ
- от минус 5 до плюс 5 В.....	1,220 мВ
- от плюс 5 до плюс 10 В.....	2,440 мВ
основная погрешность преобразования:	
- в диапазоне ± 0,15 В.....	± 2,5 мВ, не более
- в остальном диапазоне.....	± 1%
дополнительная погрешность преобразования	
на каждые 10 °С.....	не превышает основную

Каналы ЦАП выведены на разъём лицевой панели модуля CPU ECDA. Расположение контактов разъема показано на рисунке 2.10, их назначение приведено в таблице 2.4.

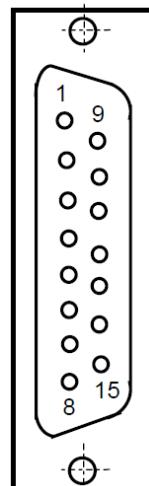


Рисунок 2.10 – Внешний вид разъема канала ЦАП

Таблица 2.4 – Назначение контактов разъема канала ЦАП

Контакт	Назначение	Контакт	Назначение
1	Канал ЦАП 1	9	Общ. А ЦАП 1
2	Канал ЦАП 2	10	Общ. А ЦАП 2
3	Канал ЦАП 3	11	Общ. А ЦАП 3
4	Канал ЦАП 4	12	Общ. А ЦАП 4
5	Канал ЦАП 5	13	Общ. А ЦАП 5
6	Не используется	14	ДК- (общ. ДК)
7	ДК+ (вход ДК)	15	ДК- (общ. ДК)
8	ДК+ (вход ДК)	-	-

В УЧПУ задействовано 4 канала ЦАП, назначение которых приведено в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Назначение каналов ЦАП

Канал ЦАП	Назначение
1	сервопривод подачи оси X
2	сервопривод подачи оси Y
3	сервопривод подачи оси Z
4	сервопривод шпинделья

## 2.9 Канал энкодера

УЧПУ имеет четыре канала энкодера. Каждый канал может работать с преобразователем угловых или линейных перемещений фотоэлектрического типа с прямоугольным импульсным выходным сигналом. Питание энкодеров производится от УЧПУ через их каналы подключения.

Преобразователь угловых/линейных перемещений фотоэлектрического типа преобразует измеряемое перемещение в последовательность электрических сигналов, которая несёт в себе информацию о величине и направлении перемещения.

Два выходных канала преобразователя А и В выдают периодические импульсные последовательности, сдвинутые относительно друг друга по фазе на  $(90+3)^\circ$  (рис. 2.11). Каждый выходной канал выдаёт дифференциальные сигналы А+ и А-, В+ и В-. Кроме этого, преобразователь формирует дифференциальный сигнал Z («ноль-метка») или сигнал начала отсчёта.

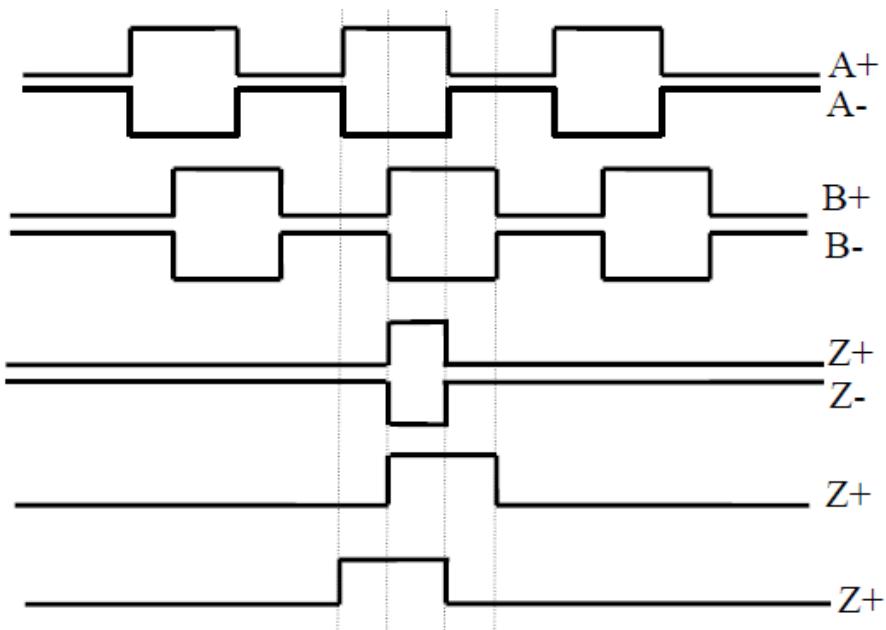


Рисунок 2.11 – Временная диаграмма работы энкодера

Полярность сигналов энкодера А, В, Z внутри каждого канала может быть изменена. Это позволяет:

- изменять направление счёта импульсов энкодера;
- согласовывать по времени сигналы А, В, Z; сигнал Z должен быть на высоком уровне, когда сигналы А и В также на высоком уровне.

Каналы энкодеров выведены на 4 разъёма лицевой панели модуля СРУ ECDA. Внешний вид разъема показан на рисунке 2.12. Назначение сигналов канала энкодера приведено в таблице 2.6.

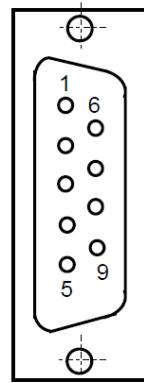


Рисунок 2.12 – Внешний вид разъема канала энкодера

Таблица 2.6 – Назначение контактов разъема канала энкодера

Контакт	Назначение
1	A+
2	B+
3	Z+
4	+5V
5	GND (общий)
6	A-
7	B-
8	Z-
9	+5V

Схема подключения энкодеров к УЧПУ показана на рисунке 2.13.

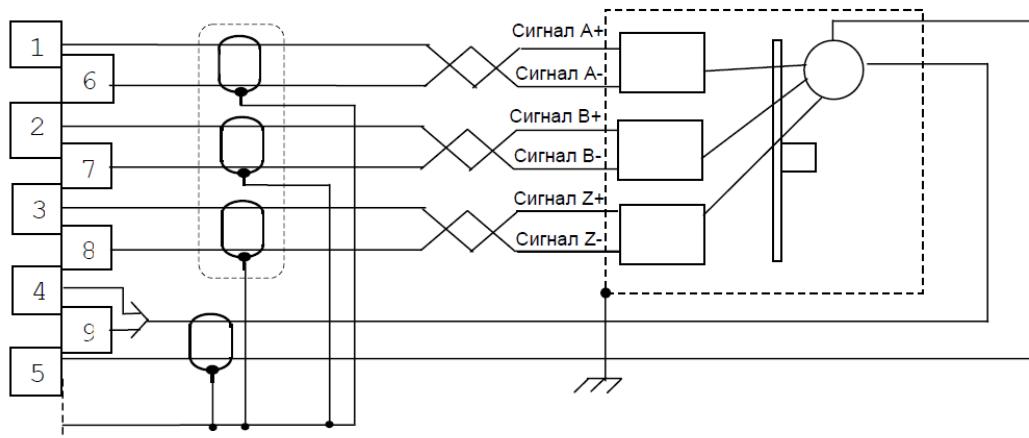


Рисунок 2.13 – Схема подключения энкодера к УЧПУ

## 2.10 Электронный штурвал ZBG-5-003-100

Электронный штурвал представляет собой преобразователь угловых перемещений фотоэлектрического типа. В УЧПУ штурвал применяется при обработке детали в ручном режиме MANU или MANJ. С помощью штурвала производится ручное перемещение осей.

УЧПУ имеет один канал электронного штурвала. Питание штурвала производится от УЧПУ через его канал.

Характеристики канала электронного штурвала:

напряжение питания штурвала..... $5,00 \pm 0,25$  В

тип входа.....дифференциальный/одиночный (прямой)

номенклатура входных сигналов:

- основной.....(A+, A-/A+);

- смещённый.....(B+, B-/B+);

тип входных сигналов.....прямоугольные импульсы;

частота входных сигналов до учетверения.....200 кГц, не более;

дискретность шага входного сигнала..... $1/(4xN)$ , где N – число импульсов на один оборот датчика;

уровни входных сигналов:

- логический «0».....0,50 В, не более;

- логическая «1».....2,50 В, не менее;

длина соединительного кабеля.....50 м, не более.

Канал штурвала позволяет работать как со штурвалами, имеющими прямые и инверсные сигналы A+, A- и B+, B- (дифференциальный вход), так и со штурвалами, имеющими только прямые сигналы A+ и B+ (одиночный вход). Выбор типа входа штурвала производится перемычками S1-S4 на плате NC210-25.

Канал штурвала выведен на разъём «6» лицевой панели модуля CPU ECDA. Вид разъема показан на рисунке 2.14.

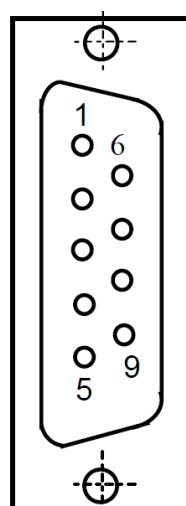


Рисунок 2.14 – Внешний вид разъема канала электронного штурвала

В данной работе использован электронный штурвал типа ZBG-5-003-100, технические характеристики которого представлены ниже:

напряжение питания.....5,00±0,25 В  
ток потребления.....120 мА, не более  
тип выхода.....дифференциальный  
номенклатура выходных сигналов:

- основной.....A+, A-
- смещённый.....B+, B-

типа выходных сигналов.....прямоугольные импульсы  
частота выходных сигналов.....5 кГц, не более  
длительность переднего и заднего фронтов выходного сигнала.....0,1 мкс, не более  
уровни выходных сигналов:

- логический «0».....0,50 В, не более  
- логическая «1».....2,50 В, не менее  
число периодов выходного сигнала.....100 период/об.  
скорость вращения вала.....600 об./мин, не более  
номинальная скорость вращения вала.....200 об./мин, не более  
вес.....90 г  
диапазон рабочих температур.....от минус 10 до плюс 60 °C

Габаритные размеры штурвала ZBG-5-003-100 и времененная диаграмма его работы представлены на рисунках 2.15 и 2.16.

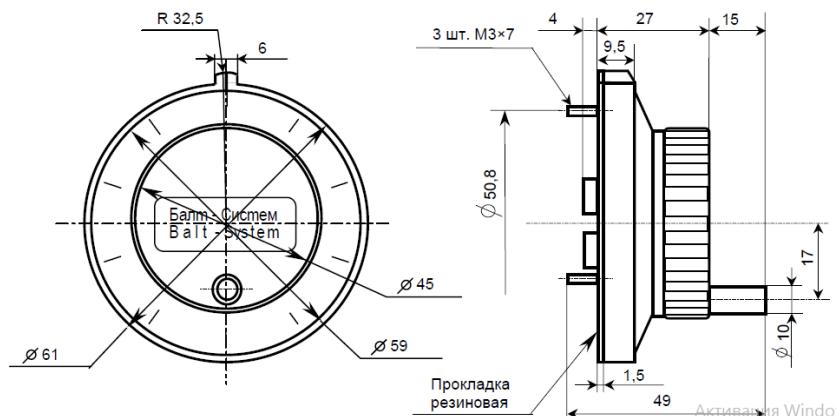


Рисунок 2.15 – Габаритные размеры штурвала ZBG-5-003-100

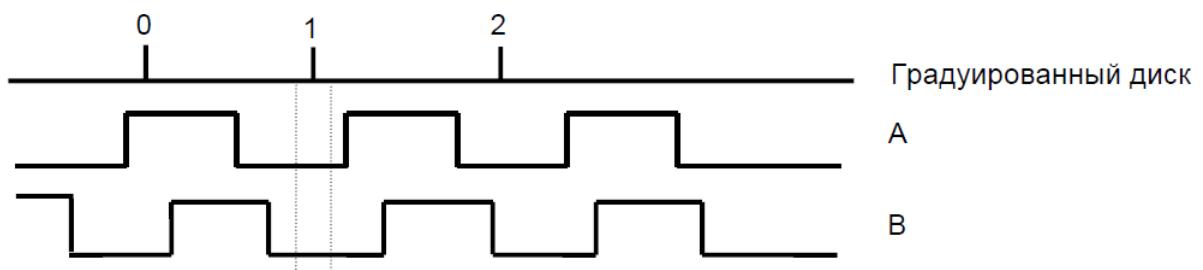


Рисунок 2.16 – Временная диаграмма работы штурвала ZBG-5-003-100

С лицевой стороны штурвала установлен подвижный металлический маховичок с градуированной шкалой на 100 делений. Маховичок имеет рукоятку,

торая позволяет вращать его как по часовой (+), так и против часовой стрелки (-). На неподвижном пластмассовом корпусе штурвала чёрного цвета нанесена белая риска – начало отсчёта.

В задней части пластмассового корпуса вырезано отверстие, которое открывает печатную плату. На печатной плате установлены две контактные колодки под винт на 2 и 4 контакта для подсоединения кабеля связи с УЧПУ. Расположение выходных контактов штурвала приведено на рисунке 2.17.

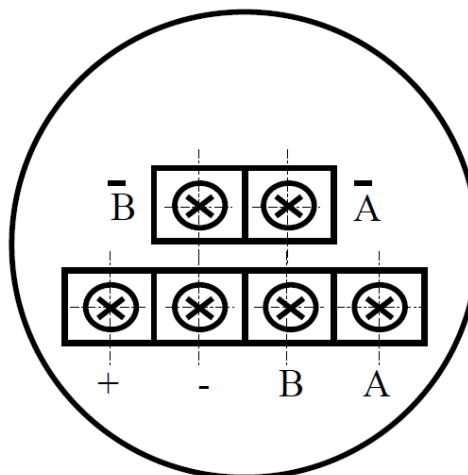


Рисунок 2.17 – Выходные контакты штурвала ZBG-5-003-100

## **2.11 Выносной станочный пульт NC 110-78В**

Выносной станочный пульт (ВСП) предназначен для регулирования позиции инструмента, управления движением осей и автоматического управления станком.

ВСП является программируемым устройством. Работой ВСП управляет УЧПУ. Для обеспечения совместной работы ВСП с УЧПУ разрабатывается программа логики (ПЛ). Функции элементов ВСП и алгоритм их работы определяются разработчиком ПЛ с учетом специфики конкретного оборудования. Для организации связи ВСП с УЧПУ используются каналы дискретных входов/выходов УЧПУ, канал электронного штурвала/канал энкодера УЧПУ и внешний источник питания +24В.

Основные размеры и расположение элементов ВСП NC110-78В указаны на рисунке 2.18. Пластмассовый корпус ВСП состоит из основания и крышки, являющейся лицевой панелью пульта.

Внешний пружинный кабель ВСП имеет длину 2 метра в скрученном состоянии, а в растянутом – 4 метра.

В верхней части основания корпуса установлен магнит, который позволяет устанавливать ВСП на любую металлическую поверхность.

Лицевая панель имеет верхнюю и нижнюю секцию. В верхней секции установлена плата А (NC-HHPS-2), в нижней располагается штурвал HW. Кнопка аварийного останова S установлена на верхней поверхности корпуса и имеет две группы контактов с фиксацией: НЗК (NC1) и НРК (NO1). Кнопки T1 и T2 установлены на боковых поверхностях пульта, имеют по одному НРК без фиксации, программируются как одна кнопка (контакты соединены параллельно). Через отверстия в крышке корпуса в первый ряд верхней секции лицевой панели ВСП выводятся ручки селекторов S1, S2, во второй ряд выводятся кнопки функциональных клавиш K1-K3.

Верхняя секция ВСП имеет плёночное покрытие, обеспечивающее герметизацию клавиш, на плёнке около каждого селектора указаны позиции переключения, а в нижней части секции для электронного штурвала указаны начальная точка отсчёта и направление перемещения.

В отверстие нижней торцевой части корпуса установлен кабельный ввод с защитным рукавом, через который в корпус ВСП вводится внешний пружинный кабель. Кабельный ввод позволяет зафиксировать положение кабеля в корпусе ВСП. Внешний конец кабеля имеет разъём J2, обеспечивающий связь ВСП с УЧПУ. В комплект поставки ВСП входит ответная часть разъёма: блочная розетка на 26 контактов без корпуса.

Электрическая схема ВСП NC 110-78В представлена на рисунке 2.19.

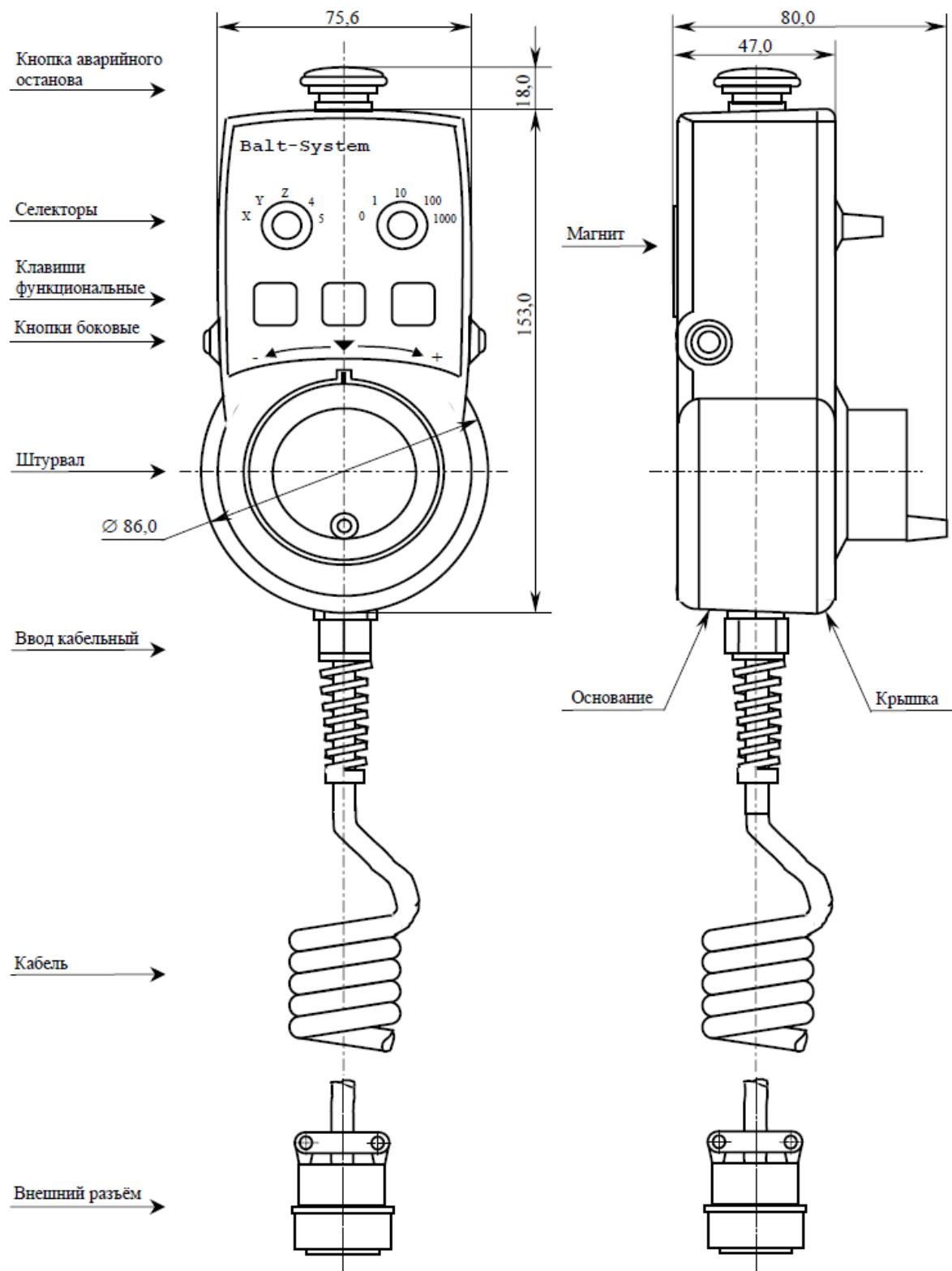


Рисунок 2.18 – Основные размеры и расположение элементов NC 110-78B

A

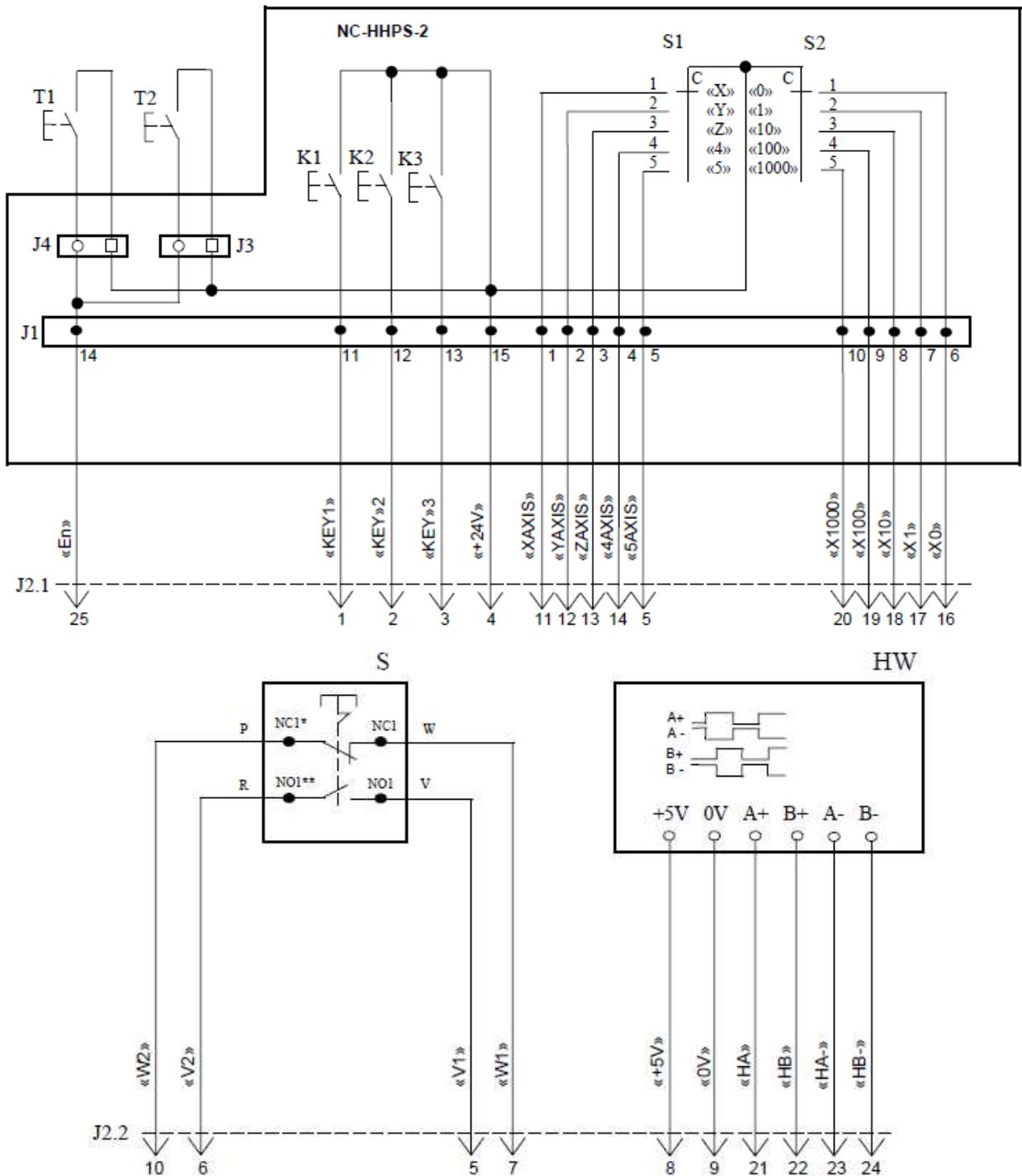


Рисунок 2.19 – Электрическая схема ВСП NC 110-78В

## **3 Программирование УЧПУ NC-210**

### **3.1 Программное обеспечение УЧПУ**

Управление оборудованием системы обеспечивает управляющая программа (УП), которая составляется программистом-технологом.

Настройка УЧПУ на конкретное оборудование системы происходит в результате характеризации системы. Характеризация заключается в создании и записи файлов, содержащих параметры и характеристики аппаратных и программных модулей, которые полностью определяют конфигурацию УЧПУ конкретного пользователя. Эти файлы содержат информацию, необходимую для функционирования ПрО, управляющего работой оборудования.

Завершающим этапом подготовки УЧПУ к работе является создание программы логики (ПЛ), которая представляет собой программу управления вспомогательными механизмами конкретного оборудования. Составление ПЛ требует знания базового программного интерфейса PLC и его языка. Пользователь УЧПУ разрабатывает ПЛ самостоятельно в соответствии с [14].

Назначение программного интерфейса PLC:

- инициализация сигналов включения/выключения управляемого оборудования;
- выполнение протоколов обмена «БАЗОВОЕ ПрО ⇔ ПЛ ⇔ УПРАВЛЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»
- обработка сигналов протокола, который определяет выполнение различных режимов работы УЧПУ;
- обеспечение работы устройств безопасности управляемого оборудования;
- выполнение вспомогательных функций.

В состав ПрО УЧПУ входят два редактора: основной редактор и редактор визуального программирования. Правила эксплуатации ПрО УЧПУ изложены в документе «Руководство оператора». В первой части документа изложены правила работы с основным редактором ПрО УЧПУ, а во второй части документа приведены правила работы с редактором визуального программирования, который используется для создания и редактирования УП УЧПУ.

## 3.2 Характеризация УЧПУ NC-210

### 3.2.1 Назначение характеристики и ее уровни

УЧПУ NC-210 представляет собой промышленный компьютер, имеющий набор периферийных модулей для управления оборудованием. Для подготовки такого промышленного компьютера к работе в конкретной системе необходимо выполнить установку параметров и характеристику управляемого оборудования, а также аппаратных и программных модулей самого промышленного компьютера, т.е. необходимо выполнить характеристику, что позволит использовать устройство как УЧПУ. Характеризация осуществляется через запись указанных параметров в файлы характеристики. Процедура характеристики приведена в [13].

Файлы характеристики содержат параметры и характеристики, значения которых специфицируют конфигурацию УЧПУ конкретного пользователя. С помощью этих файлов УЧПУ получает всю информацию, требуемую для функционирования ПрО, управляющего технологическим процессом обработки деталей.

После завершения процедуры характеристики УЧПУ ещё не способно управлять конкретным оборудованием. Для этого необходимо создать программу управления вспомогательными механизмами станка, которая называется программой логики управляемого оборудования (ПЛ). ПЛ разрабатывается с помощью языка PLC.

Характеризация УЧПУ имеет два уровня: системный и функциональный.

Системный уровень характеристики является приоритетным по отношению к функциональному уровню, поэтому он должен быть выполнен в первую очередь. Системный уровень характеристики выполняет установку параметров, определяющих доступ к физически существующим рабочим каталогам, расположенным на любом из используемых дисковых устройств памяти: **FLASH** диске, Hard Disk Drive (**HDD**), **HDD** сервера (при работе УЧПУ в локальной сети) или Floppy Disk Drive (**FDD**), а также определяет список рабочих файлов функционального назначения для УЧПУ.

Функциональный уровень характеристики устанавливает параметры, которые задают конкретные функции (персонализируют) УЧПУ, и этим ориентируют его на управление определённым технологическим процессом, т.е. специфицируют УЧПУ.

Характеризация выполняется с помощью файлов FCRSYS, AXCFIL, PGCFIL, IOCFIL. На рисунке 3.1 показана связь между уровнями характеристики и файлами характеристики.

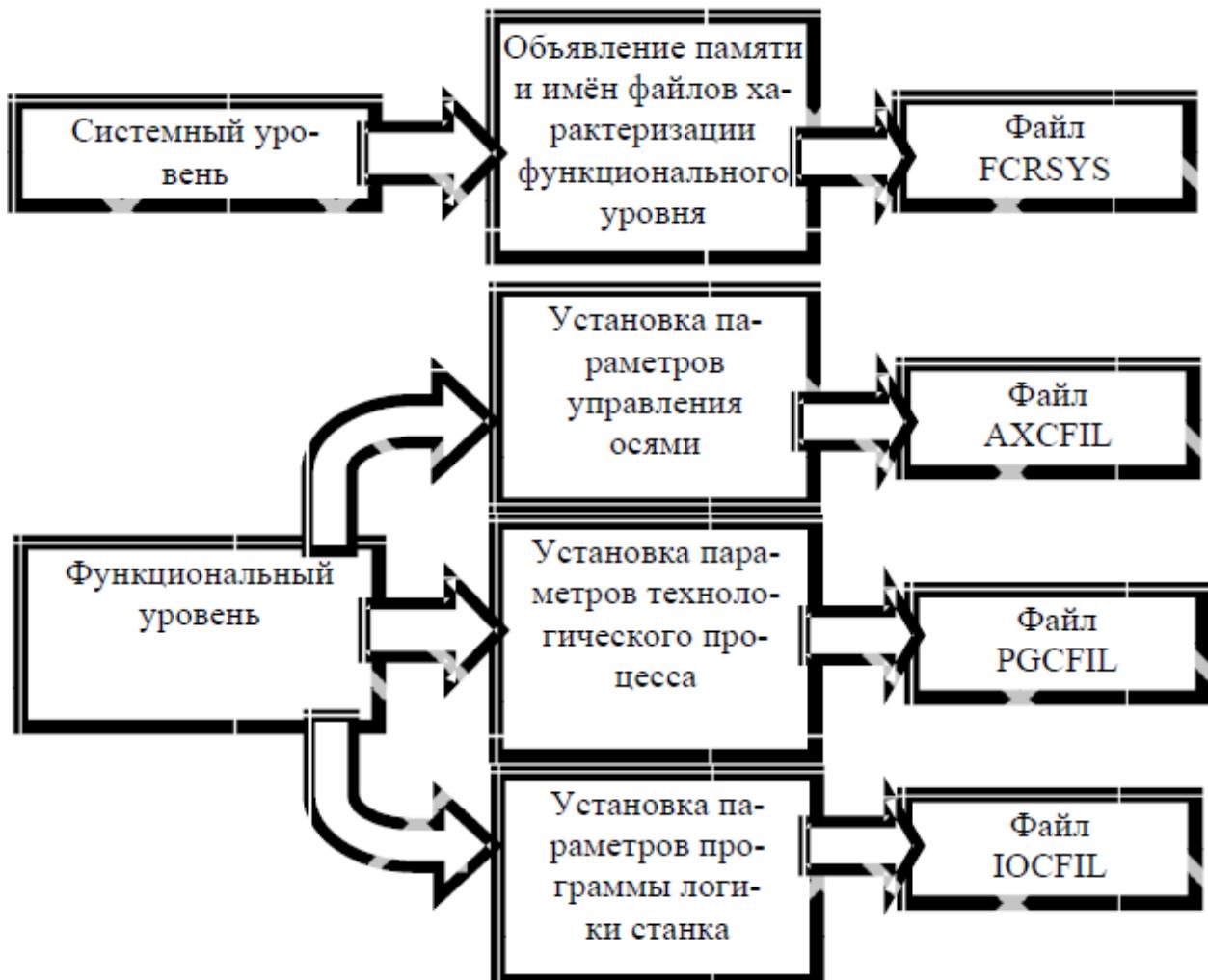


Рисунок 3.1 – Связь между уровнями и файлами характеризации

### 3.2.2 Структура файлов характеристизации

Все файлы характеристизации имеют одинаковую файловую структуру (рис. 3.2) независимо от типа файла. Однако структура записей в файлах отличается в зависимости от содержащейся в них информации. Файл состоит из определённого количества секций (\*1 - \*n). Секции включают в себя одну или несколько инструкций. Инструкции файлов функционального уровня имеют одну и ту же структуру записей, а записи инструкций файла **FCRSYS** не имеют общей структуры и изменяются в зависимости от секции, в которую они входят.

Каждая запись содержит информацию о компонентах аппаратных или программных модулей УЧПУ. Для удобства чтения информации перед записями в содержание файлов можно вводить комментарии. Каждая секция файла начинается символом «\*», после которого записывается ее порядковый номер. Последняя секция также заканчивается символом «\*».

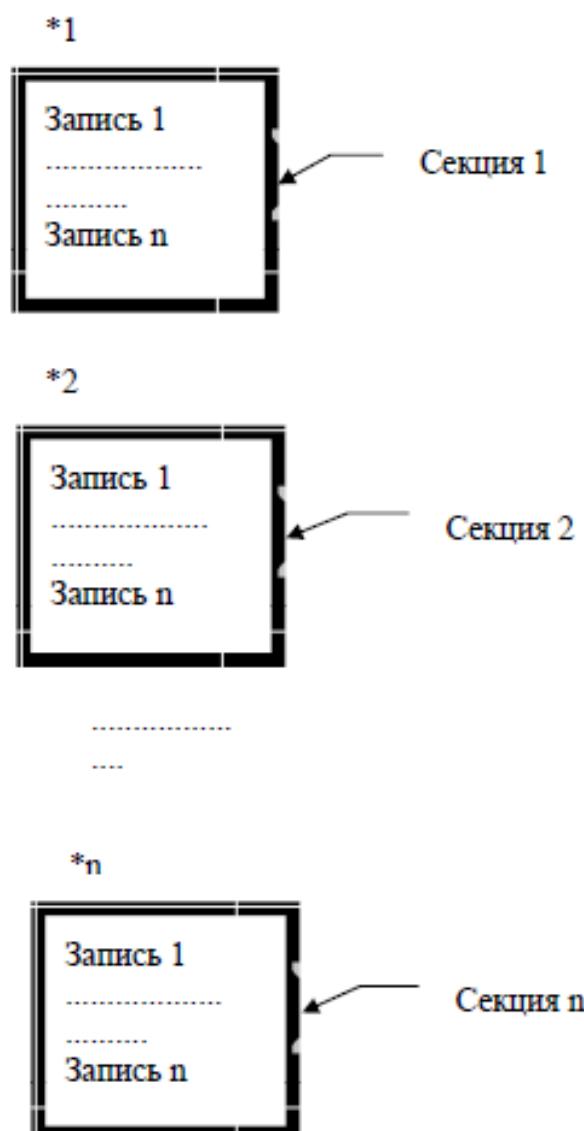


Рисунок 3.2 – Структура файла характеристизации

### **3.2.3 Файлы характеристации**

#### **3.2.3.1 Файл FCRSYS**

Файл FCRSYS содержит информацию об именах памяти на FLASH, HDD, FDD или HDD сервера и список рабочих файлов характеристики функционального назначения в УЧПУ для объекта управления.

Файл состоит из четырёх секций, каждая из которых содержит информацию об именах и размещении рабочих каталогов, функциональных файлов и файлов сообщений УЧПУ. Вся информация, содержащаяся в файле, диагностируется, интерпретируется и активизируется (в случае отсутствия ошибок) по включению УЧПУ.

Если файл **FCRSYS** отсутствует в УЧПУ, или обнаружены ошибки при его диагностике, работа УЧПУ останавливается, и на экране появляется сообщение: «**ОСТАНОВ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ**».

Секция 1 объявляет соответствие между логическим именем памяти в УЧПУ и путём доступа к физически существующему каталогу **DOS**.

УЧПУ использует имена памяти MP0, MP1, MP2, MP3, MP4, MP5, MP6, которым могут соответствовать любые каталоги на любом дисковом устройстве. Формат записи секции 1:

MPx = У:\ИД\ИД... ,

где:

MPx - имя памяти УЧПУ (x=0,1,2,3,4,5,6);

У: - имя дискового устройства (C:, A: или B:, D: и т.д.);

ИД - имена каталогов на дисковых устройствах.

1-ая секция файла FCRSYS:

\*1

MP0=C:\CNC\MP0

MP1=C:\CNC\MP1

MP2=C:\CNC\MP2

MP3=A:\WORK

MP4=A:

MP5=C:\CNC\MP5

MP6=C:\CNC\MP6

\*

Каталоги **MP1**, **MP0** на дисковых устройствах и соответствующие им записи в 1-ой секции файла **FCRSYS** являются обязательными.

Секция 2 содержит логические имена файлов функционального назначения, системных сообщений и технологического процесса. В памяти УЧПУ содержится таблица постоянных логических имён, которые пользователь не может изменять. Через запятую справа от постоянного логического имени файла пользователь должен записать имя своего файла и место его размещения. Соответствие между постоянными логическими именами файлов ПрО УЧПУ и именами файлов, созда-

ваемых пользователем, и их функциональным назначением представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Назначение файлов ПрО УЧПУ

Постоянное логическое имя файла	Имя файла пользователя	Назначение файла
FILMS1	RUMES1	Ошибки FCRSYS и JCL
FILMS2	RUMES2	Сообщение режима «КОМАНДА»
FILMS3	RUMES3	Ошибки вх/вых в режиме «КОМАНДА»
FILMS4	RUMES4	Ошибки программирования
FILMS5	MESSAG	Сообщения ПЛ
FORMAT	FORMAT	Запись форматов для форматированных файлов
AXCONF	AXCFIL	Характеризация осей
IOCONF	IOCFIL	Характеризация вх/вых и ПЛ станка
PGCONF	PGCFIL	Характеризация процесса
FILCMD	FILCMD	Имена УП и команды, активизируемые по запросу ПЛ
FILMAS	FILMOV	Кадры УП, выполняемые от ПЛ

2-ая секция файла FCRSYS:

\*2

FILMS1,RUMES1/MP3  
 FILMS2,RUMES2/MP3  
 FILMS3,RUMES3/MP3  
 FILMS4,RUMES4/MP3  
 FILMS5,MESS/MP3  
 FORMAT,FORMAT/MP2  
 AXCONF,AXCFIL/MP2  
 IOCONF,IOCF/MP2  
 PGCONF,PG/MP2  
 FILCMD,FILCMD/MP2  
 FILMAS,FILMOV/MP2

\*

Секция 3 объявляет логические имена жёстких дисков (**HDD**) УЧПУ и/или сервера УЧПУ. ПрО УЧПУ будет выполнять периодические обращения к объявленным именам логических дисков во избежание их остановки.

Формат записи секции 3:

HDD = «логическое имя HDD 1» «логическое имя HDD 2» «логическое имя HDD 3»

3-я секция файла FCRSYS:

\*3

HDD=CDF

\*

Секция 4 предназначена для определения дисковых и **USB** устройств, драйверы которых должны использоваться при работе УЧПУ.

Определение подключённых устройств **FDD** (накопителей на гибких магнитных дискетах) производится инструкцией **FLP**.

Формат записи:

FLP = «логическое имя FDD1», «логическое имя FDD2».

Определение подключённых устройств **HDD** (накопителей на жёстких дисках) и **CD-ROM/DVD-ROM** (накопителей на лазерных дисках) производится инструкцией **IDE**.

Формат записи:

IDE = «Устройство1», «Устройство2», «Устройство3», «Устройство4».

Определение подключённого устройства **Disk On Chip (DOC)** производится инструкцией **DOC**.

Формат записи:

DOC = DOC.

Определение устройств, подключённых через порт **USB**, производится инструкцией **USB**.

Формат записи:

USB = «Устройство1», «Устройство2», «Устройство3», «Устройство4».

Устройства могут быть определены следующими именами:

- CD (подключен USB CD-ROM);
- CRD (подключен Card Reader);
- FLOPPY (флоппи-диск);
- FLASH (флэш-диск).

### 3.2.3.2 Файл AXCFIL

Файл AXCFIL содержит параметры управления осями и содержит 3 секции.

ПрО управления осями, размещаемое в CPU, осуществляет интерполяцию осей и управление приводами осей.

Интерполятор – специальное вычислительное устройство, преобразующее записанную в УП информацию в управляющие воздействия на двигатели приводов подач с целью обеспечения требуемой траекторий и скорости движения инструмента вдоль заданного контура.

В УЧПУ NC-210 интерполятор может управлять максимально:

- 3-мя осями + шпиндель с датчиком;
- 4-мя осями + шпиндель с ЦАП без датчика.

Секция 1 содержит инструкции, относящиеся к характеризации CPU. Назначение инструкций приведено в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Назначение инструкций 1-ой секции файла AXCFIL

Инструкция	Назначение
NBP	Объявляет количество процессов, которые будут конфигурироваться
TIM	Объявляет тик CPU (временной интервал, в котором выполняется задача управления осей)
PRO	объявляет номер процесса, являющегося текущим при характеристизации
INn	Содержит параметры характеристизации интерполятора (наименование осей, наименование оси шпинделя, тик интерполятора, количество элементов)
CAS	Объявляет параметры характеристизации управления приводом осей (наименование осей, тик управления приводом)
COM	Объявляет оси (обычно ось шпинделя), являющиеся общими для текущего характеризуемого и другого объявленного процесса.

Секция 2 включает в себя инструкции, содержащие объявления управляемых от УЧПУ осей. Эта секция является оригинальной для каждого процесса и поэтому должна быть объявлена с инструкцией **PRO** для каждого процесса. Назначение инструкций секции 2 представлено в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Назначение инструкций 2-ой секции файла AXCFIL

Инструкция	Назначение
1	2
PRO	Объявляет номер текущего характеризуемого процесса
NAS	Объявляет наименование оси для текущего характеризуемого процесса
TPA	Объявляет тип оси текущего характеризуемого процесса
NTC	Объявляет номера ДОС и ЦАП для текущей характеризуемой оси
RAP	Устанавливает параметры скорости и ускорения для текущей характеризуемой оси

### Окончание таблицы 3.3

1	2
GAS	Определяет величину зазора (люфта) оси и мертвую зону (зону нечувствительности следящего привода)
PAS	Устанавливает электрический и механический шаг текущей характеристизуемой оси
SKW	определяет главную ось, которая используется с текущей характеристизуемой осью, являющейся подчиненной и параллельной этой главной оси
MCZ	используется для установки параметров выхода в позицию микро-нуля для текущей характеристизуемой оси
POS	устанавливает параметры допуска позиционирования для текущей характеристизуемой оси
SRV	устанавливает значения ошибок (аномалий) привода для текущей характеристизуемой оси
MAN	Определяет параметры скорости и ускорения в режиме «РУЧНЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ» для текущей характеристизуемой оси
GMn	Определяет параметры скорости быстрого хода для текущей характеристизуемой оси
LOP	Устанавливает значение зоны ограничения перемещений (ОП) для текущей характеристизуемой оси
MFC	объявляет идентификаторы входных сигналов ОП(+) и ОП(-) для текущей характеристизуемой оси
ROM	используется для установки параметров позиционирования оси шпинделья (смещение, скорость порога)

Секция 3 содержит инструкции (табл. 4.4), устанавливающие параметры, относящиеся к коррекции геометрических ошибок. ПрО УЧПУ предоставляет возможность выполнения компенсации геометрических ошибок для всех осей. Тарируемые значения геометрических ошибок записываются в память.

Таблица 3.4 – Назначение инструкций секции 3 файла AXCFIL

Инструкция	Назначение
PRO	объявляет номер процесса, являющегося текущим при характеристизации
NAS	объявляет наименование оси, для которой требуется компенсация погрешности ходового винта
PAS	определяет расстояние между двумя соседними точками компенсации геометрических ошибок
Exxx	определяет значение ошибки между значением, считанным с датчика, и реальной позицией оси.
NM0	объявляет номер корректора, соответствующий опорной точке

### 3.2.3.3 Файл PGCFIL

Файл PGCFIL – файл характеристики процесса. Первой инструкцией файла должна быть всегда NEW или OLD.

Если установлена инструкция NEW, при инициализации УЧПУ сбрасывается вся память, накопленная ранее для процесса:

- выбранная командой SPG управляющая программа;
- значения переменных;
- функция T (номер инструмента, установленного в шпинделе) и т.п.

Если установлена инструкция OLD, при запуске программного обеспечения УЧПУ восстанавливается вся память, накопленная ранее для процесса:

- выбранная командой SPG управляющая программа;
- значения переменных;
- функция T (номер инструмента, установленного в шпинделе);
- сохранение значений сигналов пакета «T», присвоенных из ПЛ;
- возможность работы по команде RCM после перезапуска программного обеспечения или перезапуска УЧПУ.

Файл **PGCFIL** состоит из шести секций. Если УЧПУ управляет несколькими процессами, то секции 2, 4, 5, 6 должны быть записаны для каждого процесса. Секции 1 и 3 являются общими для всех процессов. Назначение секций файла приведено в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Назначение секций файла PGCFIL

Номер секции	Назначение
1	Позволяет персонализировать трехбуквенные коды, допущенные при программировании УП
2	Позволяет персонализировать переменные ПрО УЧПУ
3	Позволяет персонализировать трехбуквенные коды JCL
4	Позволяет персонализировать библиотеки технологических программ и файлы: начальных точек, произвольного поиска инструмента, перемещения осей от ПрО УЧПУ
5	Персонализирует управляемое оборудование (станок)
6	Позволяет персонализировать оси для перемещения и корректоры, расположенные на пульте управления

Файл PGCFIL:

NEW

```
*1  
*2  
SIM=E,,60,,  
SIM=p,,100,,  
*3  
*4
```

PRO=1  
ASS=USO,1  
NPL=20,20  
NDD=MP1  
FIL=FILEOR/MP3,FILCOR/MP3,,  
PRO=2  
ASS=USO,1  
NPL=15,15  
NDD=MP2  
FIL=FILEOR/MP3,FILCOR/MP3,,  
\*5  
PRO=1  
NIP=1  
TOF=6  
NAM=Z  
NPD=Z,X  
PRO=2  
NIP=3  
TOF=6  
NAM=Z  
NPD=Z,X  
\*6  
PRO=1  
MAS=XZ  
PRO=2  
MAS=XZ

### 3.2.3.4 Файл IOCFIL

Файл **IOCFIL** характеризует параметры ПЛ, позволяющие персонализировать УЧПУ для конкретного применения. ПЛ осуществляет связь между вспомогательными механизмами станка и ПрО, обеспечивающим ее функционирование. Файл состоит из четырёх секций, назначение которых приведено в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Назначение секций файла IOCFIL

Секция	Назначение
1	Определяет параметры размещения ПЛ, параметры модулей дискретных входов/выходов.
2	Объявляет характеристики и режимы исполнения вспомогательных функций (записывается для каждого объявляемого процесса)
3	используется для объявления управляемого оборудования
4	Определяет переменные пакета «T» и содержит инструкции <b>Txx</b>

Файл IOCFIL:

```
*1
ALM = 0
IN1 = 0, 1, 2, 3,,
OUO = 4, 5,,
CLO = 10, 3
*2
PRO = 1
MOO = 6, C, 0
M01 = 2, 4, 0
M02 = 2, 24, 20
M03 = 45, 0, 21
M05 = 6, 0, 21
M06 = 2, 14, 62
M07 = 45, 0, 44
M09 = 6, 0, 44
M10 = 45, 0, 77
M11 = 6, 0, 77
M12 = 45, 0, 77
M13 = 45, 0, 21
M14 = 45, 0, 21
M19 = 45, 0, 21
M30 = 2, 24, 0
M60 = 2, 4, 3
PRO = 2
MOO = 6, C, 0
```

M01 = 2, 4, 0  
M02 = 2, 24, 20  
M03 = 45, 0, 21  
M05 = 6, 0, 21  
M06 = 2, 14, 62  
M07 = 45, 0, 44  
M09 = 6, 0, 44  
M10 = 45, 0, 77  
M11 = 6, 0, 77  
M12 = 45, 0, 77  
M13 = 45, 0, 21  
M14 = 45, 0, 21  
M19 = 45, 0, 21  
M30 = 2, 24, 0  
M60 = 2, 4, 3  
\*3  
PRO = 1  
ASM = S  
TA1 = V, E, 0, 32, .7, .3  
AS1 = B, 0, 0, 360  
UCDA = B  
CWD = 0040  
ADV = A,0  
PRO = 2  
ASM = S  
CWD = 0040  
\*4  
TO1 = 10  
TO2 = 0  
TO3 = 10  
TO4 = 0  
TO5 = 15  
TO6 = 0  
TO7 = 2  
TO8 = 0  
TO9 = 9  
T10 = 0  
T11 = 2  
T12 = 0  
T13 = 68  
T14 = 0  
T15 = 30

### **3.3 Разработка программы электроавтоматики станка**

#### **3.3.1 Интерфейс PLC**

Интерфейс PLC – программный интерфейс, предназначенный для реализации логики взаимодействия между УЧПУ и управляемым оборудованием. Интерфейс имеет свой язык, на котором составляется программа логики управляемого оборудования (ПЛ), представляющая собой часть ПрО, используемую для конкретизации управляемого от УЧПУ оборудования.

Интерфейс PLC обеспечивает взаимодействие базового ПрО УЧПУ с управляемым оборудованием через ПЛ, используя при этом конкретные алгоритмы (протоколы связи).

Функционирование интерфейса PLC обеспечивают сигналы, сгруппированные в четыре пакета. Каждый пакет имеет свою структуру и свою рабочую зону (назначение). Каждый пакет разбит на разъёмы по 32 сигнала каждый:

«A» - физический пакет: 32 разъёма (00A-31A);

«T» - логический пакет: 16 разъёмов (00T-15T);

«K» - логический пакет; 256 разъёмов (000K-255K);

«N» - логический пакет; 256 разъёмов (000N-255N).

Сигналы, представляющие собой физические входы/выходы, относятся к физическому пакету «A». Сигналы пакета «A» делятся на входные и выходные по отношению к ПЛ. За входными сигналами в пакете «A» закреплены разъёмы **00-03, 08-11, 16-19**, а за выходными – разъёмы **04-06, 12, 13, 20, 21**.

Номера разъёмов дискретных вх./вых., установленных в УЧПУ, должны быть объявлены в первой секции файла **IOCFIL**.

Сигналы, представляющие собой константы, используемые в ПЛ, относятся к пакету «T». Сигналы пакета «T» - это 64 записи или 512 внутренних сигналов, зарезервированных за пользователем для записи информации, сохраняющейся при отключении УЧПУ. Запись значений для этих сигналов может быть осуществлена через четвёртую секцию файла характеристики логики **IOCFIL** или из ПЛ.

Сигналы, представляющие собой рабочую память ПЛ, относятся к пакетам «K» и «N» (логические пакеты).

Определённая часть этих сигналов (базовая часть) имеет специальное назначение, поскольку при активном состоянии выполняет определённый диалог между базовым ПрО и ПЛ для реализации требуемого пользователю цикла электроавтоматики.

Часть сигналов пакета «K» и «N» (свободная часть, зарезервированная за пользователем) может быть использована ПЛ как рабочая память для непосредственной связи между собой различных задач внутри самой ПЛ, а также в качестве промежуточных сигналов протокола обмена между базовым ПрО и ПЛ. Назначение каждого сигнала свободной части пакета определяется самим пользователем.

#### **3.3.2 Программа логики станка**

Программа логики предназначена для управления вспомогательными механизмами станка и разрабатывается на языке PLC, который подробно описан в [14]. Она обеспечивает связь между ПрО УЧПУ и объектом управления.

ПЛ может быть введена в УЧПУ непосредственно с клавиатуры, либо загружена с имеющегося у пользователя периферийного устройства.

Для лучшего понимания программы в ее текст вводятся комментарии. Рассмотрим подробно ПЛ, написанную для станка «Starag».

```
; **FDD-106**
$;
;УСТАНОВКА "ВЫБОР РЕЖИМА" ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ
P1=[W100N0=0]
DOF:P1
W100N0=1
ENDF
W100N0=MUX(1,5,6), (I2N0,I2N5,I2N6) (выбор режима при нажатии клавиш)
W15K0=MUX(205,77,64,0), (U202K11,U202K13,U203K7,U202K12)
;
U202K11=[W100N0=5] (режим PULT)
U202K12=[W100N0=1]
U202K13=[W100N0=6] (режим РУЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОСЕЙ)
U202K14=/[W100N0=5] (не РЕЖИМ PULT)
;
W11N0=1 (запись «ИСХОДНОЕ» над клавишей F1)
W11N1=2 (запись «ВКЛ/ВЫКЛ СТАНКА» над клавишей F2)
W11N2=3 (запись «СОЖ» над клавишей F3)
W11N3=4 (запись «СВЕТ» над клавишей F4)
W12N0=5 (запись «ВЫХОД В НОЛЬ» над клавишей F5)
W12N1=6 (запись «ВНЕШНИЙ ПУЛЬТ+М» над клавишей F6)
W12N2=7 (запись «РУЧНЫЕ ПЕРЕМЕЩН» над клавишей F7)
W12N3=8 (запись «СБРОС» над клавишей F8)
;
DOF: [W100N0=1] + [W100N0=5]
W13N0=MUX(20,19), (U101N17,U101N16) (индикация вкл/выкл станка слева от F11)
W13N1=0
W13N2=MUX(151,150), (U202K11,U202K14) (индикация включения режима PULT)
W13N3=MUX(54,53), (U101N15,U101N14) (индикация вкл СОЖ слева от F14)
W14N0=MUX(44,43), (U102N04,U102N03) (индикация вкл/выкл освещения слева от F15)
W14N1=MUX(14,13), (U102N06,U102N05) (индикация «выход в ноль» слева от F16)
W14N2=0
W14N3=0
ENDF
```

В данном фрагменте ПЛ осуществляется выбор режима работы. При выборе конкретного режима работы слову W100N0 присваивается соответствующее значение. Если после включения УЧПУ W100N0=0, автоматически выбирается исходный режим W100N0=1. Выбор режима осуществляется клавишами F1, F6, F7.

При нажатии функциональных клавиш F1-F8 устанавливаются сигналы I2N0-I2N7. Клавишей F1 устанавливается исходный режим работы, клавишей F6 – режим работы с использованием ВСП, клавишей F7 – режим ручных перемещений.

Биты слова W15K0 используются для сообщения системе о том, действия каких клавиш и корректоров должны быть запрещены на пульте. Если выбран исходный режим работы, W15K0=0, т.е. запрета на выбор клавиш и корректоров СП

нет. Если выбран режим работы с использованием ВСП, W15K0=205, т.е. запрет на СП: клавиши «ПУСК», выбора режима работы, корректора подач JOG, выбора оси, выбора «JOG». Если выбран режим ручных перемещений W15K0=77, т.е. запрет на СП: клавиши «ПУСК», выбора режима работы, корректора подач «JOG», выбора оси.

Слова W11N0-W11N3, W12N0-W12N3 предназначены для выполнения запросов вывода текста в поля над функциональными клавишами F1-F8 в видео-странице #7 (табл. 3.7).

Таблица 3.7 – Назначение байтов W11N0-W11N3, W12N0-W12N3

Байт	Запись	Назначение
W11N0	ИСХОДНОЕ	Номер записи из файла LGCMNU для её индикации в меню видеокадра #7 над клавишей «F1»
W11N1	ВКЛ/ВЫКЛ СТАНКА	Номер записи из файла LGCMNU для её индикации в меню видеокадра #7 над клавишей «F2»
W11N2	СОЖ	Номер записи из файла LGCMNU для её индикации в меню видеокадра #7 над клавишей «F3»
W11N3	СВЕТ	Номер записи из файла LGCMNU для её индикации в меню видеокадра #7 над клавишей «F4»
W12N0	ВЫХОД В НОЛЬ	Номер записи из файла LGCMNU для её индикации в меню видеокадра #7 над клавишей «F5»
W12N1	ВНЕШНИЙ ПУЛЬТ	Номер записи из файла LGCMNU для её индикации в меню видеокадра #7 над клавишей «F6»
W12N2	РУЧНЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ	Номер записи из файла LGCMNU для её индикации в меню видеокадра #7 над клавишей «F7»
W12N3	СБРОС	Номер записи из файла LGCMNU для её индикации в меню видеокадра #7 над клавишей «F8»

Байты W13N0-W13N3, W14N0-W14N3 предназначены для выполнения запросов вывода иконок СП из файла CNC.USR в поля, расположенные в видео-странице #7 слева от клавиш F11–F18 (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Назначение байтов W13N0-W13N3, W14N0-W14N3

Байт	Индикация	Назначение
1	2	3
W13N0	ВКЛ/ВЫКЛ СТАНКА	Номер иконки из файла CNC.USR для её индикации в меню видеокадра #7 слева от клавиши «F11»
W13N2	ВКЛ/ВЫКЛ РЕЖИМА PULT	Номер иконки из файла CNC.USR для её индикации в меню видеокадра #7 слева от клавиши «F13»

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3
---	---	---

W13N3	ВКЛ СОЖ	Номер иконки из файла CNCUSR для её индикации в меню видеокадра #7 слева от клавиши «F14»
W14N0	ВКЛ/ВЫКЛ ОСВЕЩЕНИЯ	Номер иконки из файла CNCUSR для её индикации в меню видеокадра #7 слева от клавиши «F15»
W14N1	ВЫХОД В НОЛЬ	Номер иконки из файла CNCUSR для её индикации в меню видеокадра #7 слева от клавиши «F16»

```
;VKL STANKA
;SPEPN
U10K20=I06K21
U101N16=/I00K2 (станок выключен)
U101N17=I00K2 (станок включен)
C21I(2)=I2N1 (нажата клавиша F2)
```

Сигнал I06K21 (ASPEPN) сообщает в ПЛ о готовности УЧПУ к подаче управляющего напряжения на станок («1» - УЧПУ готово, «0» - УЧПУ не готово). Этот сигнал используется в ПЛ для включения реле SPEPN сигналом RSPEPN (U10K20). Сигнал U10K20 (RSPEPN) является запросом базовому ПрО для включения им реле SPEPN в блоке питания УЧПУ.

Сигнал I00K2 (CONP) устанавливается в «1» в момент включения станка и сбрасываются в «0» после аварии или выключения станка. Назначение сигналов U101N16, U101N17 определено пользователем. Данные сигналы предназначены для вывода иконок в поле слева от клавиши F11 (индикация вкл/выкл станка) видеостраницы #7.

Включение станка происходит при нажатии на клавишу F2.

```
;***ОСВЕЩЕНИЕ СТАНКА***
C04I(2)=I2N3 (нажата кнопка F4)
U102N03=[C04W=0]
U102N04=[C04W=1]
U04A4=U102N04 (включение освещения станка)
```

Освещение станка включается при нажатии на клавишу F4. Счетчик C04 и сигналы U102N03, U102N04 предназначены для вывода иконок в поле слева от клавиши F15 (индикация вкл/выкл освещения) видеостраницы #7.

Включение освещения осуществляется физическим выходным сигналом U04A4 пакета А.

```
;***OXLAGDENIE***
C02I(2)=I2N2 (нажата кнопка F3-включение СОЖ)
U101N15=U04A16
U80K1=[W03K0=8]*I04K18+U80K1*/[W03K0=9]*I00K1
U80K2=[W03K0=9]*I04K18+U80K2*/[W03K0=8]*I00K1
;M08-включение основного охлаждения
;M09-выключение охлаждения
U04A16=U80K1+[C02W=1] (СОЖ включается, если нажата F3 или передана M08)
U101N14=/U04A16
```

Байт W03K0 передает в ПЛ значение импульсных М-функций: W03K0=8 – включение основного охлаждения, W03K0=9 – выключение охлаждения. Сигнал I00K1 является импульсным, с длительностью, равной двум циклам ПЛ, реализует сброс для ПЛ. Сигнал I04K18 – строб функции «М», устанавливается в «1» каж-

дый раз, когда задается новая М-функция, и имеет длительность в два цикла медленной логики.

Сигнал U80K1 устанавливается в «1», если в ПЛ передается функция M08-включение основного охлаждения и остается в этом состоянии, если не передается функция M09 выключение охлаждения и не происходит сброс ПЛ.

Сигнал U80K2 устанавливается в «1», если в ПЛ передается функция M09-выключение охлаждения и остается в этом состоянии, если не передается функция M08 включение основного охлаждения и не происходит сброс ПЛ.

Включение СОЖ осуществляется физическим сигналом U4A16 пакета А. Сигнал U4A16 устанавливается в «1» при нажатии на клавишу F3 либо при передаче функции M08 включение основного охлаждения.

Сигналы U101N14 И U101N15 предназначены для вывода иконок в поле слева от клавиши F14 (индикация включения СОЖ) видеостраницы #7.

```
U60K0=I00A00*I00A01*I00A02*U202K0
;U60K1=I02A26
U10K0=/T00U(сигнал MUSPE)
U202K0=/U10K0
T00I(10)=I00A09*[C21W=1]
U04A05=U202K0(включаются пускатели приводов, если включен станок)
U04A09=U202K0*U60K0(разрешение работы привода X)
U04A10=U202K0*U60K0(разрешение работы привода Y)
U04A11=U202K0*U60K0(разрешение работы привода Z)
;
U10K8=I00K2*U60K0(запрос включения след режима оси X)
U10K9=I00K2*U60K0(след режим Y)
U10K10=I00K2*U60K0(след режим Z)
T22I(20)=U60K0
U04A12=I00A09(старт привода X)
U04A13=I00A09(старт привода Y)
U04A14=I00A09(старт привода Z)
```

Таймер T00 запускается при наличии напряжения +24 В (I0A9=1) и при нажатии на клавишу F2 (C21W=1). По истечении 1-ой секунды выходной сигнал таймера T00 устанавливается в «1» (T00U=1), а сигнал U10K0(MUSPE) сбрасывается.

Сигнал U202K0=1, если сигнал U10K0(MUSPE)=0, т.е. если станок включен.

Сигнал U60K0 устанавливается в «1», если сигналы I00A0=1, I00A1=1, I00A2=1 (сигналы готовности приводов подач) и U202K0=1. Включение контакторов приводов подач осуществляется физическим сигналом U04A05 при условии, что включен станок. Разрешение работы приводов подач осуществляется физическими сигналами U0A09, U04A10, U04A11 при условии, что включен станок и приводы подач готовы к работе.

Сигналы U10K8...U10K10 выполняют запрос включения следующего режима для осей, только при наличии сигналов готовности приводов подач и сигнале I0K2(CONP)=1.

Старт приводов подач выполняется сигналами U4A12...U4A14 при наличии напряжения +24 В (I0A9=1).

```
;COMU
U10K24=I00K2
```

```

;CEFA
U10K25=U60K0
;CEFAB
U10K26=/U40K10*/U145K0
;***HOLD***
U10K2=U21K0+U21K2+U21K3+U21K4+U21K8+U21K9+U21K10
;
;IMP смазка
U04A06=I00K2*/[W00K2=0] (смазка включена если оси в движении)

```

Сигнал U10K24 (COMU) разрешает системе начинать перемещение осей и устанавливается в «1», если станок включен (I00K2(CONP)=1).

Сигнал U10K25 (CEFA) дает системе разрешение выполнения функций: «S», «T», «индексной оси», «M» и устанавливается в «1» при условии, что станок включен и приводы готовы к работе.

Сигнал U10K26 (CEFAB) анализируется в системе после выдачи M-функций конца движения с характеристикой «блокировка вычисления». В этом случае выполнение FILMAS-записей и кадров управляющей программы могут выполняться системой в синхронизированном режиме. Когда сигнал CEFAB сброшен в 0, то ПЛ может делать запросы в систему для выполнения FILMAS-записей. Если FILMAS-записи содержат M-функции, то для их выполнения сигнал CEFA должен быть = 1. Система остается в состоянии «блокировка вычислений» до тех пор, пока CEFAB=0.

Сигнал U10K2 (HLDR) выполняет запрос перехода в состояние «HOLD» с перезапуском по разрешению. При активизации этого запроса система останавливает перемещение осей, после чего сообщает об этом в ПЛ сигналом HOLDA=1. Для выхода из состояния «HOLD» оператору следует установить HLDR=0, нажать клавишу «СТОП», дать разрешение на перемещение осей установкой COMU=1 и запросить «ПУСК». Сигнал U10K2 (HLDR) устанавливается в «1» тогда, когда активизируются сигналы разъема 21 пакета К, выполняющие запрос визуализации сообщений, текст которых записан в файле FILMS5.

Слово W0K2 состоит из сигналов MOV1, MOV2, ..., MOV8. Уровень сигнала, равный «1» для соответствующей оси, информирует ПЛ о запросе перемещения этой оси. Сигнал устанавливается для каждой оси в начале движения и сбрасывается по окончании движения. Включение импульсной смазки выполняется сигналом U04A06 только при условии, что оси находятся в движении и станок включен (I00K2 (CONP)=1).

```

;Шпиндель
;GAMMA1
U11K16=U10K0+I0K2
;M03
U40K0=[W03K0=3]*I04K18+U40K0*/U40K1*/U40K3*/U40K5*/I00K1
;M04
U40K1=[W03K0=4]*I04K18+U40K1*/U40K0*/U40K3*/U40K5*/I00K1
;M03+M04
U40K2=U40K0+U40K1
;M05
U40K3=[W03K0=5]*I04K18+U40K3*/U40K2
;M0+M1+M2
U40K5=( [W03K0=0]+[W03K0=1]+[W03K0=2] ) *I04K18+U40K5*/U40K2

```

Сигнал U11K16 (GAMM1) имеет значение, только если байт W16N1 равен нулю, и должен устанавливаться в «1» в ПЛ, когда механическое включение за-программированного диапазона выполнено, чтобы задание на вращение шпинделя соответствовало тому, что определено при конфигурации системы. Этот сигнал должен быть активизирован для шпинделя с двигателем переменного тока. Сигнал U11K16 устанавливается в «1», если U10K0 (MUSPE)=1 или I0K2 (CONP)=1.

Назначение сигналов U40K0...U40K3, U40K5 определяется разработчиком ПЛ. В данной ПЛ эти сигналы предназначены для определения направления вращения шпинделя или его останова.

Сигнал U40K0 устанавливается в «1», если в ПЛ передана М-функция M03 вращение шпинделя по часовой стрелке, и остается в этом состоянии, пока сигналы U40K1, U40K3, U40K5, I00K1 сброшены.

Сигнал U40K1 устанавливается в «1», если в ПЛ передана М-функция M04 вращение шпинделя против часовой стрелки, и остается в этом состоянии, пока сигналы U40K0, U40K3, U40K5, I00K1 сброшены.

Сигнал U40K2 устанавливается в «1», если активны сигналы U40K0 или U40K1.

Сигнал U40K3 устанавливается в «1», если в ПЛ передана М-функция M05 остановка вращения шпинделя, и остается в этом состоянии, пока сброшен сигнал U40K2, т.е. пока в ПЛ не будет передана М-функция M03 или M04.

Сигнал U40K5 устанавливается в «1», если в ПЛ передана М-функция M00 остановка программы или M01 условная остановка программы или M02 конец программы и остается в этом состоянии, пока сигнал U40K2 не активен.

```
; PUSK S
U04A15=U40K2*/U40K3+U11K1+U11K2 (старт привода S)
U04A08=U04A00 (включение клапана поджима)
U11K3=U40K0*/U11K0*/U40K10*/U145K0 (запрос на вращение шпинделя по час. стрелке)
U11K4=U40K1*/U11K0*/U40K10*/U145K0 (запрос на вращение шпинделя против час стр.)
; FOMAA, FOMAO
; U11K1=U40K0*U40K10+ (U145K0+U145K3) (принудит вращение шп по час стрелке)
; U11K2=U40K1*U40K10+ (U145K0+U145K3) (принудит вращение шп против час стрелки)
U11K5=U11K1+U11K2 (сигнал FORID)
DOF:U11K1+U11K2
W11K1=1 (0,1В - напряжение на шпинделе)
ENDF
; STOP S
DOF:U40K3+U40K5
W11K0=0 (нет сигнала управления шпинделем)
ENDF
;
```

Старт привода шпинделя выполняется сигналом U4A15, если в ПЛ переданы М-функции M03 или M04 (U40K2=1), не передана М-функция M05 (U40K3=0) либо установлены сигналы U11K1 или U11K2, устанавливающие запрос на принудительное вращение шпинделя по часовой или против часовой стрелки.

Во время старта привода шпинделя включается клапан поджима (U4A8=1).

Сигнал U11K3 (ROMAO) устанавливает запрос системе на вращение шпинделя по часовой стрелке и устанавливается в «1», если активен сигнал U40K0, а

сигналы U11K0 (устанавливает запрос ориентации шпинделя), U40K10 и U145K0 сброшены.

Сигнал U11K4 (ROMAA) устанавливает запрос системе на вращение шпинделя против часовой стрелки и устанавливается в «1», если активен сигнал U40K1, а сигналы U11K0 (устанавливает запрос ориентации шпинделя), U40K10 и U145K0 сброшены.

Сигнал U11K1 (FOMAO) устанавливает запрос системе на вращение шпинделя по часовой стрелке и устанавливается в «1», если активны сигналы U40K0 и U40K10 либо U145K0 либо U145K3.

Сигнал U11K2 (FOMAO) устанавливает запрос системе на вращение шпинделя против часовой стрелки и устанавливается в «1», если активны сигналы U40K1 и U40K10 либо U145K0 либо U145K3.

Сигнал U11K5 (FORID), если находится в активном состоянии, обеспечивает деление значения аналогового сигнала, заданного в канале шпинделя, на 10 при наличии сигнала FOMAA или сигнала FOMAO.

Слово W11K1 задает значение аналогового сигнала (напряжение в вольтах и десятых долях вольта) в канале шпинделя при наличии сигнала FOMAA или сигнала FOMAO.

При наличии сигналов U40K3 или U40K5 слово W11K0=0, т.е. не осуществляется запрос на управление шпинделем.

```
;*** M06 ***
U10K21=[W03K0=6H]*I04K18+U10K21*/I00K27 (запрос на обновление инструмента)
;
;***ZAH/RASH INSTRUMENTA***
;
U04A17=I00A08*I08K31 (разжим инструмента если поступил сигнал включения клапана разжима и УЧПУ в режиме «СБРОС»)
U04A07=U04A17 (включение клапана продувки)
;
```

Сигнал U10K21 (AGTOL) устанавливает запрос системе на обновление инструмента и соответствующего корректора и устанавливается в «1», если в ПЛ передана М-функция M06 замена инструмента, остается в этом состоянии, пока не установится сигнал I0K27 (ACKTO), информирующий ПЛ о том, что было выполнено обновление инструмента в шпинделе и присвоенного ему корректора.

Разжим инструмента в шпинделе выполняется, если в УЧПУ поступает сигнал включения клапана разжима шпинделя и клапана продувки (I0A8=1) и УЧПУ находится в режиме «СБРОС» (I08K31 (RESET)=1). Одновременно с разжимом инструмента в шпинделе включается клапан продувки.

```
;RUCHNIE PEREMENENIA OSEI
DOF: [W100N0=6]
U15K11=[W100N0=6]*/[W02N1=0] (выбор режима «Безразмерные перемещения», если нажаты клавиши F11-F18)
DOF: [W100N0=6]*/[W02N1=0]
W15K3=W1N0 (назначение величины корректора подач JOG)
U15K16=I2N8+I2N9 (назначение номера оси:1 если нажаты F11 или F12)
U15K17=I2N10+I2N11 (назначение номера оси:2 если нажаты F13 или F14)
U15K18=I2N12+I2N13 (назначение номера оси:3 если нажаты F15 или F16)
U15K31=I2N9+I2N11+I2N13 (направление перемещения оси:отрицательное)
```

```

U10K4=U15K16+U15K17+U15K18 (запрос на выполнение перемещения)
W13N0=MUX(23,21), (I2N8, I0K4) (индикация +перемещения оси X слева от F11)
W13N1=MUX(24,22), (I2N9, I0K4) (индикация -перемещения оси X слева от F12)
W13N2=MUX(27,25), (I2N10, I0K4) (индикация +перемещения оси Y слева от F13)
W13N3=MUX(28,26), (I2N11, I0K4) (индикация -перемещения оси Y слева от F14)
W14N0=MUX(31,29), (I2N12, I0K4) (индикация +перемещения оси Z слева от F15)
W14N1=MUX(32,30), (I2N13, I0K4) (индикация -перемещения оси Z слева от F16)
W14N2=0
W14N3=0
ENDF
DOF: [W100N0=6] * [W02N1=0]
W15K3=0 (величина корректора подач JOG-0)
U10K4=U255N31 (запрос на выполнение перемещения при U255N31=1)
W13N0=21
W13N1=22
W13N2=25
W13N3=26
W14N0=29
W14N1=30
W14N2=0
W14N3=0
W2N1=0
ENDF
ENDF
;

```

Наличие разъемов U15K и U16K позволяет реализовать управление пультом со стороны программы ПЛ интерфейса посредством соответствующих запросов, т.е. имеется возможность запросить от программы ПЛ выполнения функций, которые обычно осуществляются оператором с пульта управления.

Сигнал U15K11 устанавливает запрос системе на выбор режима «БЕЗРАЗМЕРНЫЕ РУЧНЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ», при условии, что выбран режим ручных перемещений (W100N0=6) и нажата одна из функциональных клавиш F11-F18.

Слово W01N0 сообщает ПЛ значение в %, установленное на корректоре подачи «JOG», с округлением до целых. Старший бит этого слова I01N7 указывает направление, установленное корректором. Слово W15K3 используется для установления значения корректору подач «JOG». Слову W15K3 присваивается значение слова W01N0.

Биты U15K16...U15K18 используются для выбора оси. 1-ая ось (X) выбирается при нажатии клавиш F11-F12, 2-ая ось (Y) – при нажатии клавиш F13-F14, 3-я ось (Z) – при нажатии клавиш F15-F16. После выбора оси устанавливается сигнал U10K4 (CYST), который запрашивает движение в ручных перемещениях по выбранной оси.

Биты W13N0-W14N3 предназначены для запроса вывода иконок в поля слева от клавиш F11-F18 видеостраницы #7.

При нажатии клавиш F11, F13, F15 происходит перемещение осей в положительном направлении, слева от этих клавиш выводятся иконки, показывающие перемещение оси в положительном направлении.

При нажатии клавиш F12, F14, F16 происходит перемещение осей в отрицательном направлении, слева от этих клавиш выводятся иконки, показывающие перемещение оси в отрицательном направлении.

Если нажата одна из клавиш F12, F14, F16, биту U15K31 присваивается «1», что указывает на отрицательное направление движения.

Если слово W02N1=0 (ни одна из клавиш F11-F18 не нажата), величина корректора подач «JOG» не назначается (W15K3=0).

```
DOF PULT: [W100N0=5]
U15K16=I01A04 (назначение номера оси:1)
U15K17=I01A05 (назначение номера оси:2)
U15K18=I01A06 (назначение номера оси:3)
DOF:I01A04+I01A05+I01A06
Назначение величины корректора подач JOG
W15K3=MUX(0,5,10,50,100), (I01A09,I01A10,I01A11,I01A12,I01A13)
ENDF
P25=I01A02*/I01A01*/I01A03
C25I(8)=P25
U221K8=[C25W=0]
U221K9=[C25W=1]
U221K10=[C25W=2]
U221K11=[C25W=3]
U221K12=[C25W=4]
U221K13=[C25W=5]
U221K14=[C25W=6]
U221K15=[C25W=7]
DOF:P25
Выбор режима работы УЧПУ
W15K1=MUX(1,2,4,8,16,32,64,128), (U221K8,U221K9,U221K10,U221K11,U221K12,U221K13,
U221K14,U221K15)
ENDF
;НАПРАВЛЕНИЕ
U15K31=I01A01 (назначение отрицательного направления перемещения оси)
;ДВИЖЕНИЕ
;I0K16(17,18) - признак «ось X(Y, Z) в движении»
;I01A01-KEY1
;I01A03-KEY3
U221K24=I01A01*I0K16
U221K25=I01A03*I0K16
U221K26=I01A01*I0K17
U221K27=I01A03*I0K17
U221K28=I01A01*I0K18
U221K29=I01A03*I0K18
U10K4=(I01A01+I01A03)*(I01A04+I01A05+I01A06) (запрос на выполнение перемещения)
ENDF PULT
```

Режим работы УЧПУ с использованием ВСП выбирается нажатием на клавишу F5, при этом слово W100N0=5. Выбор оси осуществляется селектором S1 выбора оси на ВСП. Каждой из осей соответствует один из входных сигналов I1A4...I1A6 физического пакета А. Если активен сигнал I1A4, бит U15K16 назначает ось 1 (X). Если активен сигнал I1A5, бит U15K17 назначает ось 2 (Y). Если активен сигнал I1A6, бит U15K18 назначает ось 3 (Z).

Величина корректора подач «JOG» назначается байтом W15K3 в зависимости от того, какой из сигналов I1A9-I1A13 активен. Входные сигналы I1A9-

I1A13 пакета А соответствуют выбору диапазонов 0...1000 на шкале селектора S2 ВСП.

Входные сигналы I1A1-I1A3 соответствуют функциональным кнопкам K1-K3, расположенным на ВСП.

Кнопкой K2 осуществляется выбор режима работы УЧПУ. Байт W15K1 предназначен для выбора режима работы ЧПУ. При каждом нажатии на кнопку K2 этому бату присваивается новое значение. В слове должен быть активизирован только один бит, указывающий на выбираемый режим.

Кнопкой K1 осуществляется отрицательное перемещение осей (бит U15K31=1 указывает на отрицательное направление), а кнопкой K3 – положительное перемещение.

Биты I0K16-I0K18 (MOV1 – MOV3) являются признаком того, что оси «находятся в движении».

При нажатии на кнопку K1 или K2 и выборе оси сигналом U10K4 (CYST) запрашивается движение в ручных перемещениях по выбранной оси.

;DIAGNOSTIKA

U21K4=/I00A00\*I00A09 (сообщение «НЕТ ГОТОВНОСТИ ОСИ X»)  
U21K5=/I00A01\*I00A09 (сообщение «НЕТ ГОТОВНОСТИ ОСИ Y»)  
U21K6=/I00A02\*I00A09 (сообщение «НЕТ ГОТОВНОСТИ ОСИ Z»)  
U21K7=/I00A09 (сообщение «НЕТ +24В»)  
U21K8=/I00A03\*I00A09 (сообщение «НЕТ ГОТОВНОСТИ ПРИВОДА S»)  
T43I(100)=[C21W=1]  
U21K9=T43U\*/I00A24 (сообщение «НЕТ ДАВЛЕНИЯ МАСЛА!!!»)

Сигналы разъема 21 пакета К предназначены для визуализации сообщений, текст которых должен быть предварительно записан в файле FILMS5.

Если нет сигнала готовности привода оси X либо нет сигнала наличия напряжения +24 В, активизируется сигнал U21K4 и на экран выводится сообщение «НЕТ ГОТОВНОСТИ ОСИ X».

Если нет сигнала готовности привода оси Y либо нет сигнала наличия напряжения +24 В, активизируется сигнал U21K5 и на экран выводится сообщение «НЕТ ГОТОВНОСТИ ОСИ Y».

Если нет сигнала готовности привода оси Z либо нет сигнала наличия напряжения +24 В, активизируется сигнал U21K6 и на экран выводится сообщение «НЕТ ГОТОВНОСТИ ОСИ Z».

Если не активен сигнал I0A9, активизируется сигнал U21K7 и на экран выводится сообщение «НЕТ + 24В».

Если нет сигнала готовности привода шпинделя (I0A3=0) либо нет сигнала наличия напряжения +24 В, активизируется сигнал U21K8 и на экран выводится сообщение «НЕТ ГОТОВНОСТИ ПРИВОДА S».

### **3.3.3 Входные и выходные сигналы станка**

Логические адреса входных сигналов станка представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9- Расписание входных сигналов станка

Сигнал	Номер провода	Номер входа	Логический адрес
Контроль сервопривода X	140	1	IOA0
Контроль сервопривода Y	142	2	IOA1
Контроль сервопривода Z	144	3	IOA2
Контроль частотного преобразователя 2 правый	147,149	4	IOA3
Контроль частотного преобразователя 1 левый	148	5	IOA4
Термоконтакт привода «X»	152	6	IOA5
Термоконтакт привода «Y»	153	7	IOA6
Термоконтакт привода «Z»	154	8	IOA7
Сигнал включения клапана разжима шпинделья 2 и клапана продувки	143	9	IOA8
Контроль +24 В	183	10	IOA9
Контроль номера включения шпинделья	184	11	IOA10
Ограничение «+Х»	155	12	IOA11
Ограничение «-Х»	156	13	IOA12
Ноль-метка «Х»	157	14	IOA13
Ограничение «+У1»	158	15	IOA14
Ограничение «-У1»	159	16	IOA15
Ноль-метка «У1»	160	17	IOA16
Ограничение «+У2»	159	18	IOA17
Ограничение «-У2»	158	19	IOA18
Ноль-метка «У2»	160	20	IOA19
Ограничение «+Z»	161	21	IOA20
Ограничение «-Z»	162	22	IOA21
Ноль-метка «Z»	163	23	IOA22
Датчик давления воздуха	165	24	IOA23
Датчик давления в маслостанции	166	25	IOA24
Датчик фильтра масла	167	26	IOA25
Датчик охладителя	164	27	IOA26

Расписание входных сигналов выносного станочного пульта NC 110-78В приведено в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Расписание входных сигналов выносного станочного пульта NC 110-78В

ЭЛЕМЕНТ ПУЛЬТА	СИГНАЛ	НОМЕР ВХОДА	ЛОГИЧЕСКИЙ АДРЕС
----------------	--------	-------------	------------------

Кнопки Т1, Т2	En	1	I1A0
Кнопка К1	KEY1	2	I1A1
Кнопка К2	KEY2	3	I1A2
Кнопка К3	KEY3	4	I1A3
«X»	XAXIS	5	I1A4
«Y»	YAXIS	6	I1A5
«Z»	ZAXIS	7	I1A6
«4»	4AXIS	8	I1A7
«5»	5AXIS	9	I1A8
«0»	X0	10	I1A9
«1»	X1	11	I1A10
«10»	X10	12	I1A11
«100»	X100	13	I1A12
«1000»	X1000	14	I1A13
NC	NC	15	I1A14
NO	NO	16	I1A15

Расписание выходных сигналов станка приведено в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Расписание выходных сигналов станка

СИГНАЛ	НОМЕР ПРОВОДА	НОМЕР ВЫХОДА	ЛОГИЧЕСКИЙ АДРЕС
1	2	3	4
Включение привода шпинделя S общее	24	1	U4A0
Смазка редуктора шпинделя 1 левый	30	2	U4A1
Маслостанция (305) общая	31	3	U4A2
Насос гидравлики	32	4	U4A3
Освещение стола общее	33	5	U4A4
Включение контакторов приводов подач	52	6	U4A5
Клапан включения импульсной смазки	53	7	U4A6
Клапан продувки шпинделя 2	55	8	U4A7

Окончание таблицы 3.11

1	2	3	4
Клапан зажима шпинделя 2	56	9	U4A8

Разрешение работы привода «X»		10	U4A9
Разрешение работы привода «Y»		11	U4A10
Разрешение работы привода «Z»		12	U4A11
Разрешение работы привода «S»		13	U4A23
Старт привода «X»		14	U4A12
Старт привода «Y»		15	U4A13
Старт привода «Z»		16	U4A14
Старт привода «S»		17	U4A15
Включение СОЖ			U4A16

## 4 Разработка системы электроприводов подач

### 4.1 Система электроприводов подач

В данной работе разработана система следящего электропривода подач с отрицательной обратной связью по скорости.

Следящий привод предназначен для преобразования электрического сигнала малой мощности в пропорциональное ему перемещение управляемого объекта, для чего требуется значительно большая мощность. От следящего привода в большой степени зависит качество работы станка с ЧПУ: производительность, точность, а также надежность. Основные параметры следящего привода – мощность, скорость, быстродействие и точность.

Основные элементы следящего привода (рис. 4.1): исполнительный двигатель  $\Delta$  необходимой мощности и частоты вращения; усилитель мощности (УМ), снабжающий этот двигатель энергией, регулируемой в широких пределах, датчик обратной связи по положению ДОС и сравнивающее устройство УС.

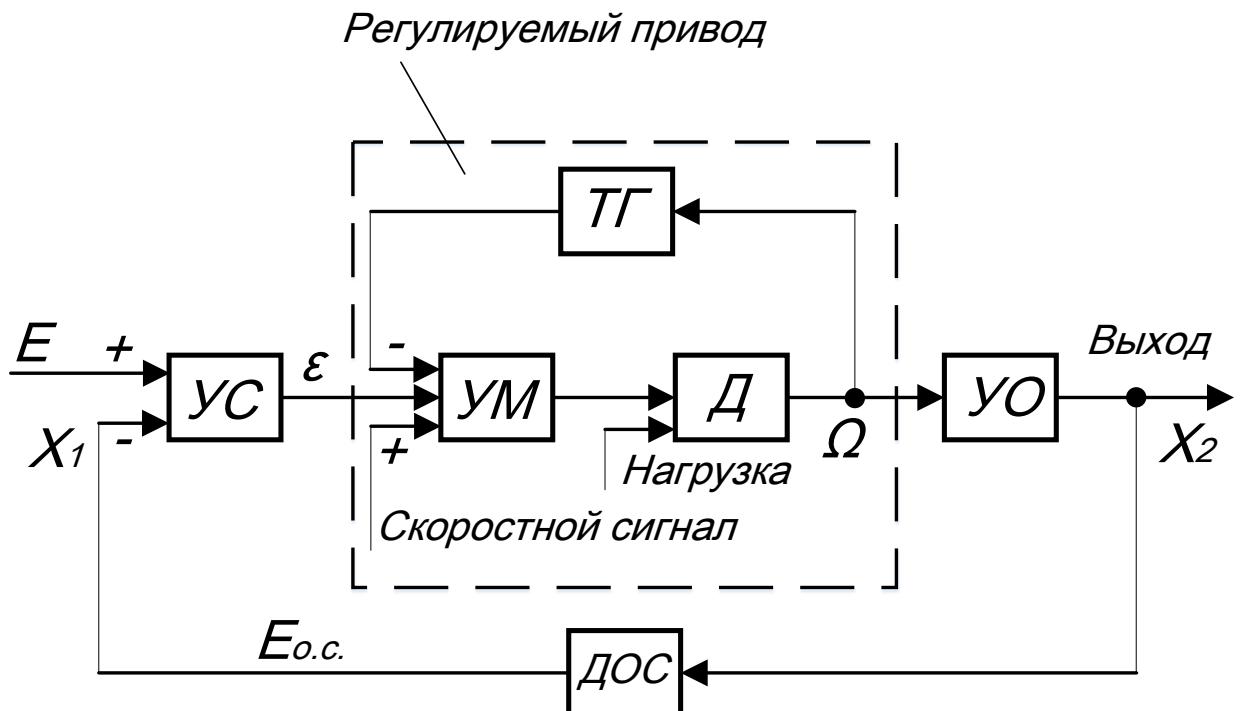


Рисунок 4.1 – Система следящего электропривода подач

Исполнительным двигателем в системе является двигатель постоянного тока независимого возбуждения фирмы SIEMENS.

В качестве усилителя мощности УМ используется тиристорный преобразователь переменного тока в постоянный SIEMENS Simoreg.

Датчиком обратной связи по положительному является оптическая линейка.

На вход сравнивающего устройства, которым является PLC-контроллер, поступает управляющий сигнал от УЧПУ, пропорциональный заданному перемещению.

ДОС преобразует фактическое перемещение  $X_2$  управляемого объекта (УО) в электрический сигнал, строго пропорциональный этому положению, который поступает на вход сравнивающего устройства.

Если управляющий сигнал от УЧПУ и сигнал, поступающий с ДОС, неодинаковы, а, следовательно, и фактическое перемещение отличается от заданного, возникает сигнал ошибки  $\epsilon$ , пропорциональный этой разности, который подается на усилитель мощности УМ, заставляющий вращаться ротор двигателя с частотой  $\Omega$ , пропорциональной этому сигналу.

Во внутреннем контуре следящего привода отрицательная обратная связь по скорости представлена тахогенератором, который необходим для стабилизации скорости. Благодаря этому обеспечиваются требуемые динамические характеристики внутреннего контура следящего привода, являющегося его основой и называемого регулируемым приводом.

#### **4.2 Преобразователи тока SIEMENS Simoreg 6RA26**

Вентильные преобразователи постоянного тока SIEMENS Simoreg 6RA26 (рис. 4.2) предназначены для питания двигателей постоянного тока независимого возбуждения. Они полностью отвечают требованиям, предъявляемым современным станочным оборудованием с числовым управлением. Преобразователи имеют цепи контроля и защиты для двигателя и станка. Питания якорной цепи двигателя осуществляется полностью управляемой трехфазной мостовой схемой со встречно-параллельным включением без контурного тока. Питание обмотки возбуждения двигателя осуществляется током постоянной величины.

Преобразователи тока монтируются в шкафу в вертикальном положении с обращенными вниз зажимными колодками.

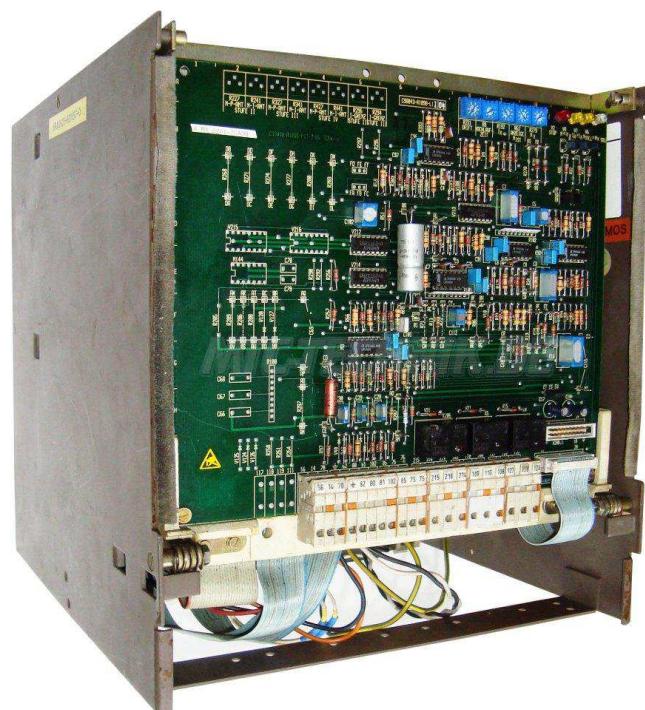


Рисунок 4.2 – Преобразователь тока SIEMENS Simoreg 6RA26

#### 4.3 Подготовка преобразователя SIEMENS Simoreg к работе

Подготовку тиристорного преобразователя тока SIEMENS Simoreg к работе необходимо проводить в следующем порядке:

1. Проверить, чтобы соединения соответствовали электрической схеме установки или прилагаемому варианту присоединения.

2. Проверить готовность к работе электрической и механической части привода шпинделя.

3. При включении питания цепи возбуждения на 200 В переставить перемычку АВ-АС на плате источника питания A1087 в положение АА-ВВ.

4. Сигнализацию «Betriebsbereit» («Готовность к работе») в блоке питания изменить при необходимости на сигнализацию «Störung» («Неисправность»), для чего снять перемычку на плате блока управления 1045.

5. Отсоединить заж. 64, деблокирование регулятора, и заж. 57 и 69/M/, заданное значение; соединить заж. 64 через разомкнутый выключатель с заж. 7; соединить заж. 57 и заж. 69 с аккумуляторной коробкой.

6. Удалить предохранители в цепи якоря.

7. Отсоединить питание возбуждения двигателя на заж. 33, 34 блока SIMOREG.

Проверка проводится в следующем порядке:

1. Выключатель S1 на плате регулятора A1086 установить в положение «I-Regeln» («Регулирование по току»)

2. Произвести проверку установки потенциометров или установить значения, требуемые для станка.

3. Перевести главный выключатель в положение «EIN» (ВКЛ.)

4. Проверка напряжений:

Управляющее напряжение:

Заж. 26, 28, 30..... 380 В

Напряжение нагрузки:

Заж. 1U, 1V, 1W..... 380 В или 500 В

Вентилятор для регулятора (при наличии):

Заж. 37, 38..... 380 В

Напряжение возбуждения:

Заж. 31, 32..... 380 В

Заж. 123, 124..... 220 В

5. Проверить с помощью вольтметра синфазность между управляющим напряжением и напряжением нагрузки,

Заж. 26 → 1U, 28 → 1V, 30 → 1W

Напряжение

≈0..... для напряжения нагрузки 380 В

≈120 В..... для напряжения нагрузки 500 В

Заж. 31 → 123, 32 → 124..... ≈0 В

6. Проверить напряжение питания / внутреннее напряжение/:

Заж. 10 -24 В; заж. 44 -15 В;

Заж. 7 +24 В; заж. 45 +15 В

Заж. 15 0 В; заж. 71 0 В

Все значения являются приблизительными.

7. Контроль светоизлучающих диодов в блоке А1045:

V103, деблокирование регулятора, должен светиться, т. е. отсутствие деблокирования на заж. 64.

У устройств с дополнительными блоками А 1098 должен светиться также V2, СТОП, т. к. заж. 80 не свободен.

При свечении V79, контроль сети, возможны следующие причины:

- левое вращение поля в управляемой части;
- выпадение одной фазы;
- напряжение сети  $\leq 80\%$  от номинальной величины.

8. Проверить действие вентилятора принудительного охлаждения двигателя.

9. Установить главный выключатель в положение «AUS»(ВЫКЛ.)

10. Присоединить подвод питания возбуждения двигателя – заж. 33, 34.

11. Установить предохранители в цепи якоря.

Включение проводится в следующем порядке:

1. Присоединить измерительный прибор к заж. 33, 34 для установки граничных значений напряжения возбуждения  $U_{возб. макс}$  и  $U_{возб. мин}$ .

2. Главный выключатель «EIN» (ВКЛ.)

Управляющее напряжение «EIN» (ВКЛ.)

3.  $U_{возб. макс}$

Условие: -24 В на заж. 107

Установка с помощью потенциометра R77 величины напряжения  $U_{возб. макс}$ .

4.  $U_{возб. мин}$

Условие: отсоединить подвод к заж. 107

Установить потенциометром R13  $U_{возб. мин}$  на 20 % меньше значения, указанного на табличке с техническими данными.

Снова присоединить -24 В к заж. 107

Включение компактного регулятора А1086 проводится в следующем порядке:

1. Включить контактор напряжения

2. Выключатель S1 находится в положении для регулирования по току; деблокировать регулятор, соединив заж. 64 и 80 с заж. 7.

3. Проверка полярности тахогенератора: подать на заж. 57 положительное напряжение, привести привод в медленное вращение за счет регулирования по току.

4. Если напряжение тахогенератора на заж. 17 относительно заж. 13 положительно, то перейти к следующему пункту, иначе произвести блокирование регулятора, поменять местами присоединительные концы тахогенератора и снова проделать операции 1-3.

5. Заданное значение на заж. 57=0 В, выключатель S1 в положении для регулирования по скорости вращения.

6. Установить ограничение тока: ток якоря двигателя  $I_{як.двиг} \leq 1,2$  – номинального значения тока двигателя  $I_{двиг.ном.}$ .

Точка измерения  $b_2$  на плате регулятора A1086:

+ 10 В соотв. Номинальному току регулятора  $I_{рег.ном.}$ .

+1 В соотв. 10 %  $I_{рег.ном.}$ .

Потенциометр R85 ток

Записать напряжение  $U_{b2}$

7. Пересоединить заданное значение аккумуляторной коробки с заж. 57 и 69 на заж. 56 и 14, замкнуть перемычку CG-SH.

8. Регулировка скорости вращения:

Установить на заж. 57 (или на заж. 56) напряжение +1 В, что соответствует 10 % макс. требуемого числа оборотов двигателя (10 В соответствует макс. требуемому числу оборотов)

Потенциометр R28 – число оборотов.

9. Коррекция дрейфа:

Установить на заж. 57 или 56 заданное значение напряжения 0 В.

#### 4.4 Серводвигатели электроприводов подач Siemens

В электроприводах подач используются серводвигатели постоянного тока независимого возбуждения SIEMENS 1HU3 (рис. 4.3).

Двигатели являются невентилируемыми (степень защиты IP 54) и устанавливаются в закрытых помещениях с нормальными климатическими условиями. Максимально допустимая температура охлаждающего воздуха составляет 40 °C.



Рисунок 4.3 – Серводвигатели SIEMENS 1HU3

#### Технические данные серводвигателей 1HU3:

Номинальный момент.....	18 Н*м
Ток якоря при номинальном моменте.....	15 А
Максимальный импульсный ток.....	150 А
Номинальное напряжение.....	173 В
Номинальная скорость.....	1200 об/мин
Максимальный момент.....	20 Н*м
Максимальный ток.....	16,5 А

В состав электроприводов подач кроме серводвигателей входят электромагнитные тормоза подач и тахогенераторы.

Стояночный тормоз привода с постоянным магнитом выключается, когда на катушке тормоза появляется постоянное напряжение  $24\pm2,4$  В. Когда двигатель включен, тормоз должен всегда находиться под напряжением, то есть выключен. Когда тормоз отключен или отключено питание, диск якоря притягивается постоянным магнитом и останавливает вал двигателя. Тормозное соединение выполнено с помощью двусторонней клеммной колодки, которая установлена на статоре тахогенератора.

Тахогенератор расположен на одном валу с серводвигателем и предназначен для стабилизации скорости вращения электропривода подач.

## 5 Расчет экономических затрат и определение срока окупаемости

В таблице 5.1 приведены экономические затраты на изготовление системы цифрового управления, включая стоимость монтажных и пусконаладочных работ.

Таблица 5.1 – Экономические затраты на изготовление системы управления

Наименование	Стоимость за шт., руб.	Количество	Стоимость, руб.
1	2	3	4
Выключатель автоматический однополюсный 6А С ВА47-63 4.5кА PROxima	146,22	6	877,32
Выключатель автоматический трехполюсный 6А С ВА47-63 4.5кА PROxima	456,48	5	2282,4
Выключатель автоматический трехполюсный 63А С ВА47-63	571,39	3	1714,17
Выключатель автоматический трехполюсный 10А С ABB S203 6кА	1666,12	2	3332,24
Выключатель автоматический ВА51-35М2-340010-160А-2000-690АС-УХЛ3	4026,61	1	4026,61
Реле тепловое РТИ-1310 4-6А	661,01	4	2644,04
ПМЛ 1100-06 110В 6А 1з	234,5	9	2110,5
ПМЛ-1100-10А-110АС-УХЛ4-Б-КЭАЗ	614,4	1	614,4
ПМЛ-4100 110В 63А	1798,91	3	5396,73
Выключатель нагрузки 3Р ВН-63 63А PROxima	571,14	2	1142,28
Реле промежуточное РП 22/3 5А 24В DC EKF PROxima	163	2	326
Провод силовой ПУГВнг(А)-LS 1x1.5 белый многопроволочный	15,06	50	753
Провод силовой ПуГВнг (А)-LS 1x2.5 белый бухта многопроволочный	21,08	50	1054
Провод силовой ПуГВ 1x4 красный ТРТС многопроволочный	28,07	50	1403,5
Провод силовой ПуГВ 1x6 голубой многопроволочный	41,5	50	2075
Наконечник кабельный изолированный 1.5мм <sup>2</sup> черный (037664 Legrand)	4,79	100	479
Наконечник кабельный изолир. двойн. Starfix 1.5кв.мм чер. Leg 037689	3,82	50	191
Наконечник кабельный НШВИ 2.5-8.2 синий Е2508 (100шт)	168,28	1	168,28
Наконечник штыревой втулочный изолированный двойной 2x 2,5мм.кв.	4,47	50	223,5
Наконечник кабельный НКИ 2-4 синий (100шт)	278,04	1	278,04
Наконечник кабельный НКИ 5.5-6 желтый (100шт)	609,3	1	609,3
Наконечник кольцевой НКИ 6.0- 6	6,11	50	305,5
Привод постоянного тока Siemens SIMOREG 6RA26	85000	3	255000
Разработка системы цифрового управления			45000
Разработка ПЛ для УЧПУ и подготовка его к работе			69000

## Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4
Сборка щита электроавтоматики станка			60000
Электромонтажные работы на станке (подключение датчиков, серводвигателей приводов подач, двигателей вспомогательного оборудования, протяжка проводов)			54000
Запуск и настройка системы электроприводов подач			20000
Запуск системы цифрового управления (отладка ПЛ, проверка работы электроавтоматики и вспомогательного оборудования станка)			19000
ИТОГО			172506,81

Для оценки финансово-экономической эффективности проекта определим срок окупаемости.

*Простой срок окупаемости капиталовложений* – это период времени, в течение которого сумма чистой прибыли покроет инвестиции. Определение срока окупаемости производится последовательным суммированием чистой прибыли по годам расчетного периода, пока полученная сумма не сравняется с суммой капиталовложений:

$$\sum_1^{T_{ok}} K_t - \sum_1^{T_{ok}} \Pi_t = 0, \quad (5.1)$$

где  $K_t$  - капиталовложения по месяцам расчетного периода;

$\Pi_t$  - прибыль по месяцам расчетного периода.

В первый месяц проект не будет приносить прибыль. В последующие месяцы приблизительно оценим чистую прибыль, которую будет приносить проект. Расчет срока окупаемости представим в таблице 5.2 Из таблицы 5.2 видно, что приблизительный срок окупаемости проекта составляет 7 месяцев.

Таблица 5.2. – Расчет срока окупаемости проекта

Период, мес.	Первоначальные затраты К, руб.	Денежный поток $\Pi$ , руб.	Денежный поток нарастающим итогом $\Sigma\Pi$ , руб.
1	172506,81	0	0
2	172506,81	25000	25000
3	172506,81	27000	52000
4	172506,81	27000	79000
5	172506,81	30000	109000
6	172506,81	32000	141000
7	172506,81	33000	174000

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Итогом выполнения ВКР является система оптимального цифрового управления электроприводами подач и электроавтоматикой двухшпиндельного универсально-фрезерного станка «Starag». Система разработана с использованием современного УЧПУ NC-210 компании «Балт-Систем». В состав электроприводов подач входят тиристорные преобразователи тока SIEMENS Simoreg, серводвигатели постоянного тока SIEMENS 1HU3.

В выпускной работе рассмотрены специфические особенности станка, для которого разработана система цифрового управления, приведены основные элементы системы числового программного управления станком, рассказано об этапах программирования УЧПУ, а также представлена структурная схема системы электроприводов подач с обратной связью по скорости и её основные элементы. Приведены экономические затраты на разработку системы цифрового управления и определен приблизительный срок ее окупаемости.

При разработке системы электроприводов подач использовались методики и решения, изложенные в научно-технической литературе. Настройка системы электроприводов подач осуществлялась с использованием технической документации элементов системы.

Система цифрового управления электроприводами подач успешно внедрена на предприятии «Абакан-Пласт».

Результаты ВКР были представлены на научно-практической конференции «Проспект Свободный 2020».

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

АЦК – алфавитно-цифровая клавиатура.  
БП – блок питания.  
БУ – блок управления.  
ВСП – выносной станочный пульт.  
ДК – датчик касания.  
ДОС – датчик обратной связи.  
НЗК – нормально-замкнутый контакт.  
НРК – нормально-разомкнутый контакт.  
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство.  
ПЛ – программа логики.  
ПрО- программное обеспечение.  
ПО – пульт оператора.  
СК – станочная консоль.  
СОЖ – смазывающе-охлаждающая жидкость.  
УМ – усилитель мощности.  
УО – управляемый объект.  
УП – управляющая программа.  
УЧПУ – устройство числового программного управления.  
ФК – функциональная клавиатура.  
ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь.  
ЧПУ – числовое программное управление.  
GND – Gemeinsame Normdatei.  
FDD – Floppy Disk Drive.  
HDD – Hard Disk Drive.  
PLC – Programmable Logic Controller.  
CPU – Central Processing Unit.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/)
2. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/)
3. Бекишев, Р.Ф. Электропривод: Учебное пособие для академического бакалавриата / Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 301 с.
4. Васильев, Б.Г. Электропривод. Энергетика электропривода: Учебник / Б.Г. Васильев. - М.: Солон-пресс, 2015. - 268 с.
5. Курбанов, С.А. Основы электропривода: Учебное пособие / С.А. Курбанов, Д.С. Магомедова. - СПб.: Лань П, 2016. - 192 с.
6. Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электропривода / В.В. Москаленко. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 208 с.
7. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов / А.С. Анучин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 373 с.
8. Никулин, О.В. Разработка и исследование частотно-регулируемого синхронного электропривода бурового насоса / О.В. Никулин. - М.: Русайнс, 2015. - 160 с.
9. Фролов, Ю.М. Регулируемый асинхронный электропривод: Учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - СПб.: Лань, 2018. - 464 с.
10. Яни, А.В. Регулируемый асинхронный электропривод: Учебное пособие / А.В. Яни. - СПб.: Лань, 2016. - 464 с.
11. Балла О.М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Оборудование. Оснастка. Технология: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. - 368 с.: ил.
12. Устройство числового программного управления NC-210. Руководство по эксплуатации: Санкт-Петербург, 2014. – 117 с.
13. Устройство числового программного управления NC-110, NC-200, NC-201, NC-210, NC-220, NC-230. Руководство по характеристизации: Санкт-Петербург, 2014. – 121 с.
14. Устройство числового программного управления NC-110, NC-310, NC-400, NC-200, NC-201, NC-201M, NC-202, NC-210, NC-220, NC-230, NC-301, NC-302. Программирование интерфейса PLC: Санкт-Петербург, 2014. – 286 с.
15. Пускатель магнитный ПМЛ-4100 110В 63А 1р+1з IP00 без реле [Электронный ресурс]: Электромонтаж. - Режим доступа: <https://www.electro->

[mpo.ru/catalog/rele\\_puskateli\\_kontaktory/a42\\_puskateli\\_i\\_kontaktory\\_na\\_110v\\_kursk\\_kashin\\_el/a4203-puskatel-magnitnyy-pml-4100-110v-63a-1r-1z-i/](http://mpo.ru/catalog/rele_puskateli_kontaktory/a42_puskateli_i_kontaktory_na_110v_kursk_kashin_el/a4203-puskatel-magnitnyy-pml-4100-110v-63a-1r-1z-i/)

16. Выключатель автоматический трехполюсный 63А С ВА47-63 4.5кА PROxima [Электронный ресурс]: ЭТМ - федеральный поставщик электрики, кабеля, светотехники, сантехники – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/1243798/>

17. Выключатель автоматический трехполюсный 6А С ВА47-63 4.5кА PROxima [Электронный ресурс]: ЭТМ - федеральный поставщик электрики, кабеля, светотехники, сантехники, систем безопасности и СКС, крепежа, систем обогрева и вентиляции. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/958575/>

18. Пускатель магнитный ПМЛ 1100-06 110В 6А 1з Texenergo [Электронный ресурс]: TEXENERGO. Собственная производственная база в России и за рубежом. Современный складской комплекс. – Режим доступа: <https://www.texenergo.ru/catalog/item.html/te00378914>

19. Реле тепловое РТИ-1310 4-6А [Электронный ресурс]: ЭТМ - федеральный поставщик электрики, кабеля, светотехники, сантехники, систем безопасности и СКС, крепежа, систем обогрева и вентиляции. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/9742119/>

20. Контактор ПМЛ-1100-10А-110АС-УХЛ4-Б-КЭАЗ [Электронный ресурс]: Курский электроаппаратный завод. – Режим доступа: <https://keaz.ru/catalog/kontaktor-pusk/kontaktori-puskateli-rele/pml-kontaktori-puskateli-s-katushkami-upravleniya-peremennim-i-postoyannim-tokom-na-toki-ot-10a-do-400/pml-kontaktori/110537>

21. Выключатель автоматический трехполюсный 10А ABB С S203 6кА [Электронный ресурс]: ЭТМ - федеральный поставщик электрики, кабеля, светотехники, сантехники, систем безопасности и СКС, крепежа, систем обогрева и вентиляции. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/9746224/>

22. Выключатель автоматический однополюсный 6А С ВА47-63 4.5кА PROxima [Электронный ресурс]: ЭТМ - федеральный поставщик электрики, кабеля, светотехники, сантехники, систем безопасности и СКС, крепежа, систем обогрева и вентиляции. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/4095926/>

23. Выключатель нагрузки ЗР ВН-63 63А PROxima [Электронный ресурс]: ЭТМ - федеральный поставщик электрики, кабеля, светотехники, сантехники, систем безопасности и СКС, крепежа, систем обогрева и вентиляции. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/5647043/>

24. Выключатель автоматический ВА51-35М2-340010-160А-2000-690АС-УХЛ3 [Электронный ресурс]: ЭТМ - федеральный поставщик электрики, кабеля, светотехники, сантехники. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/9870166/>

25. Реле промежуточное РП 22/3 5А 24В DC EKF PROxima [Электронный ресурс]: EKF – оф. сайт – Режим доступа: <https://ekfgroup.com/catalog/products/rele-promezhutochnoe-rp-223-5a-24v-ds-ekf-proxima>

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в \_\_\_\_ экземплярах.

Библиография \_\_\_\_ наименований.

«\_\_\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ г.  
(дата)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(ФИО)



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«Сибирский федеральный университет»  
институт

## «Электроэнергетика»

-11

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Г. Н. Чистяков  
подпись инициалы, фамилия

~~«ДД»~~ 07 2000 г.

6

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

## 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

# Разработка и изготовление панели цифрового управления электроавтоматика металлообрабатывающим центром «Shtappagg»

11

Е. Я. Глушкин  
инициалы, фамилия

Выпускник Улас 04.07.2020  
подпись, дата

Н. Е. Шалавин  
ициалы, фамилия

Нормоконтролер ЛГ, 04.07.20  
подпись, дата

И. А. Кычакова  
ициалы, фамилия

Абакан 2020