

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

**Методические рекомендации  
по выполнению дипломного проекта  
для студентов специальности**

**15.02.14 Оснащение средствами автоматизации  
технологических процессов и производств (по отраслям)**

Челябинск, 2021

## **АКТ СОГЛАСОВАНИЯ**

на методические рекомендации по выполнению дипломного проекта  
для специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации  
технологических процессов и производств (по отраслям)

Методические рекомендации являются руководством к дипломному проектированию и подготовлены в соответствии с ФГОС по специальности 15.02.15 Технология металлообрабатывающего производства и требований по организации выполнения и защиты выпускной квалификационной работы

В методических рекомендациях отражены цель и вопросы организации дипломного проектирования и требования к содержанию. Систематизированы и представлены основные параметры типового технологического оборудования, определены требования к структуре и содержанию экономического раздела, организации производства, охраны труда и экологии.

Методические рекомендации предназначены для студентов всех форм обучения, соответствуют требованиям, предъявляемым к такого рода методической продукции, и могут быть использованы в учебном процессе профессиональных образовательных организаций.

Генеральный директор ООО «ЧЗДТ»  
Гордеев Сергей Владимирович



## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА.....</b>	<b>8</b>
1.1. Цели и задачи дипломного проекта .....	8
1.2. Тематика дипломных проектов.....	8
1.3. Последовательность выполнения дипломного проекта.....	11
1.4. Содержание и объем дипломного проекта.....	11
1.5. Требования к оформлению дипломного проекта.....	12
1.5.1. Общие требования к графическому материалу.....	12
1.5.2. Правила построения условных обозначений приборов.....	14
1.5.3. Общие требования к текстовым документам пояснительной записки.....	18
1.5.4. Требования к оформлению списка используемой литературы.....	21
1.5.5. Критерии оценки дипломного проекта.....	23
<b>РАЗДЕЛ 2. СОСТАВ ДИПЛОМНОГО (курсового) ПРОЕКТА.....</b>	<b>24</b>
<b>РАЗДЕЛ 3. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА</b>	<b>27</b>
3.1. Мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ (САС) .....	27
3.1.1. Основные понятия по определению потребности в оснащении САУ и САС оборудования предприятия .....	27
3.1.2. Основные понятия о сетевой модели. Пример составления графика проведения работ и его оптимизации с помощью сетевой модели..	30
3.1.3. Характеристика объекта управления.....	33
3.1.4. Основные сведения о назначении и принципе действия типовых САУ (САС). Технологические схемы типовых САУ (САС). Заданные пара- метры элементов и требуемые характеристики.....	34
3.1.5. Составление технического задания.....	43
3.2. Основные понятия об организации расчётно-аналитической разработки...	43
3.2.1. Основные понятия и определения.....	43
3.2.2. Составление структурных схем и моделей типовых САУ (САС).....	45
3.2.3. Передаточные звенья, описываемые ими дифференциальные уравнения и передаточные функции элементов САУ (САС) .....	50
3.2.4. Вывод передаточных функций всех элементов САУ (САС). Вывод передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем. ....	51
3.2.5. Моделирование частотных характеристик САУ (САС).....	53
3.2.6. Моделирование характеристик устойчивости САУ (САС).....	55
3.2.7. Моделирование параметров качества процесса управления.....	60
3.2.8. Коррекция качества переходного процесса.....	62
3.3. Основные понятия об организации конструкторской разработки.....	67
3.3.1. Определение контрольно-измерительных функций и составляющих систем автоматического управления и контроля.....	67

3.3.2. Разработка функциональной схемы автоматизации (ФСА).....	73
3.3.3. Выбор элементной базы.....	75
3.3.4. Разработка чертежа и технологической схемы сборки щита контроля и управления. Разработка чертежа Установка САУ и К.....	79
3.4. Организационно - технологическая разработка.....	84
3.5. Организация мероприятий по монтажу, наладке и эксплуатации спроектированной САУ.....	89
3.5.1. Общие понятия об эксплуатации, монтаже и наладке автоматизированных систем технологического оборудования.....	90
3.5.2. Основные определения по монтажу, и наладке и эксплуатации САУ...	90
3.6. Техничко-экономическое обоснование принятым решениям.....	93
3.6.1 Расчет затрат на внедрение мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ (САС) и К.....	94
3.6.2 Расчет годового экономического эффекта от внедрения мероприятий	96
3.6.3 Расчет коэффициента экономической эффективности и срока окупаемости.....	97
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	98
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	99
Приложение 1. Основная надпись и дополнительные графы.....	103
Приложение 2. Таблица П.1. Условные графические обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи .....	104
Приложение 3. Таблица П.2. Основные символьные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов.....	105
Приложение 4. Таблица П.3. Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации.....	107
Приложение 5. Форма титульного листа.....	112
Приложение. 6. Форма задания на ДП .....	113
Приложение. 7 Форма 2 основной надписи для первого листа ПЗ ДП – содержания.....	117
Приложение 8. Форма 2а для последующих текстовых листов ПЗ.....	118
Приложение 9. Таблица П.4. Определение потребности в оснащении САУ и САС участка оборудования дизельного производства АО «УК «БМЗ» с целью повышения точности ( $k_1$ ) обрабатываемых изделий.....	119
Приложение 10. Таблица П.5. Определение потребности в оснащении САУ и САС участка оборудования дизельного производства АО «УК «БМЗ» с целью повышения производительности ( $k_2$ ) обработки.....	120
Приложение 11. Бланк технического задания на проектирование.....	121
Приложение 12. Правила эквивалентных преобразований.....	122
Приложение 13. Таблица П.6. Нормальные ряды чисел в станкостроении...	123
Приложение 14. Таблица П.7. Максимальные сроки окупаемости капитальных вложений на мероприятия по автоматизации.....	125

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективная организация технологических процессов (ТП) проектирования и производства предприятия определяет состояние внутренней среды предприятия, а в большинстве случаев именно от нее зависит реакция предприятия на воздействие внешней среды, и только правильная организация технологических процессов проектирования и производства способна влиять на адаптацию предприятия к изменяющимся условиям [23, с. 84].

Обеспечение экономического, технического и социального прогресса в обществе с любой экономикой (рыночной или нерыночной) невозможно без управления происходящими в нем процессами. Под ним понимают систему сознательных, целесообразных, планомерных воздействий с целью обеспечения нормального функционирования, приспособления к изменяющимся условиям внешней среды [23, с. 7].

Необходимо постоянно совершенствовать организацию ТП проектирования и производства на предприятии. Современный мастер должен знать основы организации ТП на предприятии, уметь квалифицированно решать вопросы, связанные с организацией производства новых видов продукции, искать и находить пути повышения эффективности работы предприятий, улучшения качества выпускаемой продукции, роста производительности труда, внедрять современные CALS-технологии – технологии комплексной компьютеризации промышленного производства, цель которых унификация и стандартизация промышленной продукции на всех этапах её жизненного цикла. CALS-технологии представляют маркетинговую, инженерно-анализирующей, расчётно-аналитической, проектно-конструкторской, технологической, монтажной, эксплуатационной документацией с оперативным доступом к данным специалистам, участвующих в процессе.

Правильная организация технологических процессов проектирования и производства на промышленном предприятии позволяет совершенствовать организацию труда, производства и управления на предприятиях промышленности, квалифицированно решать задачи, возникающие в процессе работы у специалистов технического профиля [4, с. 6].

На промышленном предприятии необходимо взаимосвязано решать задачи автоматизации технологических процессов (ТП) путем оснащения технологического оборудования средствами и системами автоматического управления с организацией ТП проектирования и производства этих объектов, и их составляющих.

Автоматизация технологических процессов, автоматическое управление производственными объектами и производствами относятся к важнейшим задачам технического прогресса. Эффективное решение этих задач возможно при внедрении систем автоматического регулирования и управления, как на новом, так и на оборудовании, находящемся в эксплуатации путем его модернизации.

Модернизация вспомогательного оборудования (промышленные роботы, манипуляторы и др.) путем внедрения в производство систем автоматического управления проводится с целью повышения производительности труда, улучшения и облегчения условий труда. Этот вид модернизации оборудования экономически целесообразен,

когда возникает технологическая необходимость в повышении производительности, уменьшении вспомогательного времени, улучшения и облегчения условий труда.

Использование систем автоматического управления повышает производительность на 25-40% [17].

Модернизация станочного оборудования путем внедрения в производство систем автоматического управления проводится с целью обеспечения требуемого качества изготавливаемых деталей, повышения производительности труда, улучшения и облегчения условий труда. Этот вид модернизации технологического оборудования экономически целесообразен, когда возникает технологическая необходимость в повышении геометрической точности, улучшении качества поверхностного слоя обрабатываемых заготовок.

Таких результатов можно добиться, например, при оснащении металлорежущих станков САУ скорости резания, САУ продольной, поперечной и вертикальной подач с целью управления приводами подач, системами стабилизации мощности, крутящего момента, и др.

При стабильных значениях параметров резания, кроме точности и качества поверхностного слоя, обрабатываемых заготовок повышаются такие эксплуатационные характеристики станка и инструмента, как безотказность за счет увеличения межремонтного периода. Следовательно, уменьшается время простоев оборудования, а в связи с этим повышается производительность труда.

Использование систем автоматического управления для стабилизации режимов механической обработки повышает производительность обработки на 20-40% [17, с. 284].

Модернизация действующего оборудования приводит к улучшению использования производственных площадей, повышает показатели экономии металла, необходимого для изготовления нового оборудования, а также приводит к улучшению экологического баланса ввиду отсутствия необходимости утилизировать существующее оборудование.

Важным экономическим преимуществом любой модернизации, а в особенности выполняемой силами самого промышленного предприятия – это кратчайшие сроки внедрения (от двух недель до трех месяцев). В то время как на модернизацию металлорежущего станка, проводимую специализированными организациями, требуется более года, а весь комплекс работ, связанный с вводом в строй нового оборудования, занимает 3 года и более.

При проведении работ по модернизации технологического оборудования следует учитывать преимущества модернизации оборудования по сравнению с приобретением нового.

Модернизированное оборудование, находящееся в эксплуатации, обслуживать привычнее, чем вновь приобретенное, т.к. оно функционально остается фактически прежним. Это позволяет оттянуть сроки обновления парка технологического оборудования, избежать длительного периода запуска нового оборудования и исключить дорогостоящее обучение персонала. Исходя из сложившейся экологической обстановки, оборудование должно подвергаться утилизации лишь в том случае, когда оно ни ремонту, ни модернизации не подлежит. Любая утилизация, как известно, а тем более утилизация крупных объектов, способствует нарушению экологического баланса.

Именно модернизация оборудования с ее энергосберегающими и материалосберегающими технологиями способствует минимальному загрязнению окружающей среды. Грамотная модернизация позволит при сравнительно небольших финансовых затратах путем оснащения различными системами автоматического управления и стабилизации довести основные эксплуатационные показатели оборудования до уровня, отвечающего современным требованиям качества выпускаемой продукции и устранить моральный износ технологического оборудования [7, с. 5].

При организации технологического процесса проектирования следует руководствоваться основными техническими направлениями в разработке систем управления и средств автоматизации, исходя из ближайшей перспективы развития науки и техники, действующими нормативными документами по проектированию систем автоматизации технологических процессов. Руководящими материалами являются нормы и правила проектирования, санитарные и электротехнические требования, типовые методики по определению экономической эффективности капитальных вложений. Следует использовать результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, передовой промышленный опыт в области автоматизации технологических процессов.

При выполнении проектов систем автоматизации технологических процессов следует в максимальной степени использовать типовые конструкции и элементы.

При разработке проекта систем автоматизации технологических процессов исполнитель составляет задание на выполнение работ, связанных с автоматизацией объекта [54, с. 2].

Проекты автоматизации технологических процессов выполняются в соответствии с заданием на проектирование. Основные технические решения, принятые в проекте систем автоматизации должны рассматриваться и согласовываться с заказчиком. Проектированию систем автоматизации технологических процессов с применением средств вычислительной техники, а также автоматизации объектов с новой, неосвоенной или особо сложной технологией производства должны предшествовать научно-исследовательские работы, результаты которых используются при выполнении проекта.

Прежде чем проводить работы по оснащению оборудования САУ и САС технологическое оборудование обследуют на потребность в оснащении автоматическими системами. При наличии такой потребности составляют план оснащения оборудования САУ и САС.

На модернизацию заданного объекта управления необходимо составить задание на оснащение САУ.

Следует тщательно изучить объект управления, заданные параметры элементов и требуемые характеристики.

Затем необходимо составить график проведения работ, в который включить следующие основные мероприятия по:

- расчётно-аналитической разработке;
- конструкторской разработке;
- технологической разработке;
- монтажу, наладке и эксплуатации спроектированной САУ.

Дать технико-экономическое обоснование принятым решениям.

## **РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Дипломное проектирование является завершающим этапом подготовки специалистов, в процессе которого закрепляются теоретические знания студента, приобретается опыт самостоятельного решения практических задач, а в итоге обеспечивается требуемая степень подготовленности студента к творческой деятельности.

### **1.1. Цели и задачи дипломного проекта**

Цель дипломного проекта – систематизировать, закрепить и использовать в практической работе полученные теоретические знания в области разработки мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ, организации расчётно-аналитической разработки, проектирования и исследования систем автоматического управления, организации конструкторской разработки, организации мероприятий по монтажу, наладке и эксплуатации спроектированной САУ, технико-экономического обоснования принятых решений.

Задачи выполнения дипломного проекта:

- развить навыки самостоятельной работы с научно-технической литературой, специальными компьютерными программами;
- усовершенствовать и развить навыки выполнения расчетных и графических работ;
- усовершенствовать навыки в разработке функциональных схем автоматизации (ФСА) являющихся основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации;
- способствовать приобретению навыков в исследовании, проектировании, конструировании САУ;
- способствовать приобретению навыков в технико-экономическом обосновании целесообразности осуществления мероприятий по созданию систем автоматического управления.

### **1.2. Тематика дипломных проектов**

Задание на ДП разрабатывается преподавателем, являющимся непосредственным руководителем дипломного проекта на основе предварительных обсуждений предложений предприятий и организаций, заинтересованных в конкретных разработках, направленных на совершенствование существующей и создание новой техники.



Допускается выполнение ДП, имеющего исследовательский характер, либо реализованного практически в виде реально действующей системы управления или ее части – механизма с системой автоматического управления, прибора и т.п. Примерная тематика дипломных проектов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Примерные темы дипломных проектов

№п.п	Тема дипломного проекта
<i>Для машиностроительной отрасли промышленности</i>	
1	Разработка мероприятий по оснащению САУ продольной подачи токарного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов
2	Разработка мероприятий по оснащению САУ поперечной подачи токарного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
3	Разработка мероприятий по оснащению САУ поворотом рабочего органа промышленного робота заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
4	Разработка мероприятий по оснащению САУ выдвижения рабочего органа промышленного робота заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
5	Разработка мероприятий по оснащению САУ подъема рабочего органа промышленного робота заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
6	Разработка мероприятий по оснащению САУ скорости резания токарного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
7	Разработка мероприятий по оснащению САУ скорости резания кругло шлифовального станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
8	Разработка мероприятий по оснащению САУ скорости резания плоскошлифовального станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
9	Разработка мероприятий по оснащению САУ скорости резания универсального кругло шлифовального станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
10	Разработка мероприятий по оснащению САУ привода поперечной подачи бабки копировально-фрезерного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
11	Разработка мероприятий по оснащению САУ привода продольной подачи бабки копировально-фрезерного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
12	Разработка мероприятий по оснащению САУ привода вертикальной подачи копировально-фрезерного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.

№п.п	Тема дипломного проекта
13	Разработка мероприятий по оснащению САС скорости резания при обработке конических поверхностей для токарного станка заданной модели с совмещенной ФСА обработки конических и торцевых поверхностей в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
14	Разработка мероприятий по оснащению САС скорости резания при обработке торцевых поверхностей для токарного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
15	Разработка мероприятий по оснащению САС скорости резания при обработке конических поверхностей для токарного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
16	Разработка мероприятий по оснащению САС скорости резания при обработке торцевых поверхностей для токарного станка заданной модели с совмещенной ФСА обработки конических и торцевых поверхностей в соответствии с индивидуальными параметрами элементов.
17	Разработка мероприятий по оснащению САС крутящего момента сверлильного станка заданной модели с индивидуальными параметрами элементов
18	Оснащение САС мощности сверлильного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов
19	Оснащение САС крутящего момента сверлильного станка заданной модели с совмещенной ФСА мощности и крутящего момента в соответствии с индивидуальными параметрами элементов
20	Оснащение САС мощности сверлильного станка заданной модели с совмещенной ФСА мощности и крутящего момента в соответствии с индивидуальными параметрами элементов
21	Оснащение САС мощности токарного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов
22	Оснащение САС крутящего момента токарного станка заданной модели в соответствии с индивидуальными параметрами элементов
23	Оснащение САС крутящего момента токарного станка заданной модели с совмещенной ФСА мощности и крутящего момента в соответствии с индивидуальными параметрами элементов
24	Оснащение САС мощности токарного станка заданной модели с совмещенной ФСА мощности и крутящего момента в соответствии с индивидуальными параметрами элементов
<i>Для иных мероприятий и отраслей промышленности<sup>1</sup></i>	
1	Разработка мероприятий по оснащению современными приборами и СА заданных технологических процессов химической промышленности
2	Разработка мероприятий по оснащению современными приборами и СА заданных технологических процессов нефти-газовой промышленности
3	Разработка мероприятий по оснащению современными приборами и СА заданных технологических процессов легкой и пищевой промышленности
4	Организация работ по устранению отказов оборудования и ремонту систем автоматизации в заданной отрасли промышленности

<sup>1</sup> Методические рекомендации по выполнению дипломного проекта разрабатываются отдельно.

### **1.3. Последовательность выполнения дипломного проекта**

Дипломный проект выполняется студентом самостоятельно и именно он несет ответственность за полноту, качество и сроки его выполнения.

Дипломный проект выполняется в соответствии с календарным планом, разрабатываемым студентом при согласовании с руководителем на первой неделе проектирования. В данный план включаются вопросы, подлежащие решению, в соответствии с данными методическими указаниями и заданием на дипломный проект.

В ходе дипломного проектирования необходимо:

- 1) обследовать технологическое оборудование (по данным ПДП) производственного участка на потребность в оснащении автоматическими системами [12, 14, 15];
- 2) составить план модернизации технологического оборудования участка;
- 3) изучить объект управления;
- 4) составить технологическую схему САУ;
- 5) составить техническое задание на модернизацию выбранного объекта управления;
- 6) составить график проведения работ и оптимизировать его с помощью сетевой модели

Затем выполнить:

- 7) расчётно-аналитическую разработку;
- 8) конструкторскую разработку;
- 9) организационно - технологическую разработку;
- 10) описание мероприятий по монтажу, наладке и эксплуатации спроектированной САУ;
- 11) технико-экономическое обоснование принятым решениям.

### **1.4. Содержание и объем дипломного проекта**

Содержание ДП определяется заданием.

ДП состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Суммарный объем расчетно-пояснительной записки (ПЗ) ДП - 60-70 листов формата А4 (297x210 мм) ГОСТ 2.301-68, графической части 4,5 листа формата А1. Требования к оформлению текстовых документов ПЗ регламентированы ГОСТ Р 2.105-2019, ГОСТ Р 2.106-2019, а также положениями настоящих методических указаний.

## **1.5. Требования к оформлению дипломного проекта**

### **1.5.1. Общие требования к графическому материалу**

Чертежи выполняют с соблюдением правил ЕСКД (ГОСТ 2.301-68; ГОСТ 2.303-68; ГОСТ 2.401-68; ГОСТ 2.420-69), ЕСТД и ЕСТПП с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами.

Чертежи формата А4, А3, А2 ГОСТ 2.301-68 располагают совместно на листах формата А1 без разрезки на отдельные чертежи. Если чертеж занимает два или более листов формата А1, то листы между собой не склеиваются, изображение (и рамка) переходит с одного листа на другой.

На чертежах и схемах основная надпись и дополнительные графы к ней выполняются по форме 1 (Приложение 1).

В графах основной надписи указывают "Разработал", "Проверил", "Технологический контроль", "Нормоконтроль", "Утвердил". При этом делаются следующие сокращения: "Разраб.", "Пров.", "Т. контр.", "Н.контр.", "Утв."

В графе (2) основной надписи указывают обозначение:

БППК. ДП#XXX. XXX ##

# – порядковый номер листа

XXX – номер зачетной книжки

XXX – порядковый регистрационный номер документа

## – код документа

Например:

БППК. ДП1XXX. 000 ВВ – обозначение Листа 1

БППК. ДП2XXX. 000 С0 – обозначение Листа 2

БППК. ДП3XXX. 000 С10 – обозначение Листа 3

БППК. ДП4XXX. 000 С3 – обозначение Листа 4

БППК. ДП5XXX. 000 СБ – обозначение Листа 5

БППК. ДП6XXX. 000 СБ – обозначение Листа 6

Более подробно обозначения представлены в табл. 2. «Состав и объем дипломного проекта»

Надписи на чертежах и таблицах выполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81, заложенным в программе Компас 3D.

Схемы выполняют в соответствии с ГОСТ 2.701-2008. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. Схемы выполняют без соблюдения масштаба. Графические обозначения элементов (устройств, функциональных групп) и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечить наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействия его составных частей.

В *структурных схемах и моделях автоматического управления* их составляющие части изображают в виде прямоугольников, а взаимодействие частей – в виде линий, соединяющих прямоугольники. На линиях со стрелками указывают направление процессов, в которых они протекают в системе. Внутри прямоугольников *структурных* схем вписывают наименование составляющих САУ, а внутри прямоугольников *моделей* – передаточные функции соответствующих частей системы.

Прямоугольники, соединяющие их линии и другие элементы схемы вычерчивают отрезками одинаковой толщины, равной толщине основной линии.

Результаты расчета в виде диаграмм и графиков представляют на чертеже и оформляют по ГОСТ Р 50-77-88. Правила выполнения диаграмм.

Оси координат, оси шкал, ограничивающие поле диаграммы, следует выполнять сплошной основной линией. На концах осей стрелки не вычерчивают.

На осях строят равномерные или логарифмические шкалы. Масштабы шкал по осям следует выбирать из условия максимального использования всей площади графика или диаграммы.

Все графики и диаграммы снабжают координатной сеткой, соответствующей масштабности шкал по осям абсцисс и ординат. Толщину линий координатной сетки выбирают равной примерно половине толщины линий осей.

Графики, диаграммы, кривые на графиках и диаграммах, а также исследование САУ следует проводить с помощью пакетов прикладных программ, например, Excel, SamSim, VisSim, ПК «МВТУ», Mathcad, позволяющих реализовать модель системы на ПЭВМ.

На диаграмме одной функциональной зависимости ее изображение следует выполнять сплошной утолщенной линией.

В случаях, когда в одной общей диаграмме изображают две или более функциональные зависимости, допускается изображать эти зависимости различными типами линий (например, сплошной и штриховой).

Числовые значения масштаба шкал осей координат пишут левее оси ординат и ниже оси абсцисс (либо в автоматическом режиме, заложенном в программе).

Рекомендуется оставлять на графиках и диаграммах краткие надписи, относящиеся к кривым и точкам или характеризующие условия проведения численных расчетов и исследований.

*Функциональные схемы автоматизации* (ФСА) являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации.

При построении ФСА для обозначения приборов и средств автоматизации следует руководствоваться ГОСТ 21.208-2013 Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.

Настоящий стандарт устанавливает условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемых при выполнении проектной и рабочей документации.

Условные графические обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи должны соответствовать обозначениям, приведенным в таблице П.1 приложения 2.

Основные символьные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов должны соответствовать обозначениям, приведенным в таблице П.2 приложения 3.


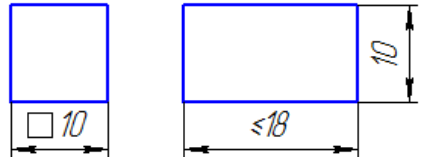

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации приведены в таблице П.3 приложения 4.

### 1.5.2. Правила построения условных обозначений приборов

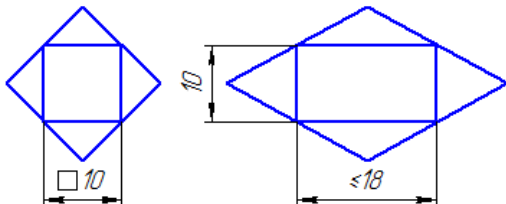
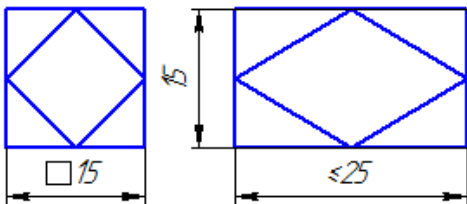
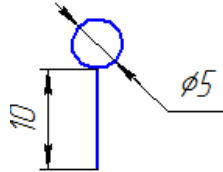
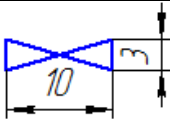
Размеры условных графических обозначений приборов и средств автоматизации в схемах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Размеры условных графических обозначений приборов и средств автоматизации  
ГОСТ 21.208-2013

Наименование	Обозначение
1. Прибор, аппарат:	
а) основное обозначение	
б) допускаемое обозначение	
2. Функциональные блоки цифровой техники (контроллер, системный блок, устройство сопряжения и др.)	 Размеры по усмотрению разработчика, применительно к удобству оформления схемы

<sup>2</sup> В соответствии с ГОСТ 21.208-2013 рекомендованные размеры условных графических обозначений приборов на схемах составляют: 10мм - основное обозначение и 10х18мм - дополнительное обозначение. В условиях, когда пользователями являются 1...2 человека - это целесообразно. Для наглядного представления проекта комиссии размеры приборов на презентуемой ФСА условно увеличены.

Наименование	Обозначение
3. Прибор (устройство, входящее в контур) ПАЗ (противоаварийная автоматическая защита):	
а) основное обозначение	
б) допускаемое обозначение	
4. Исполнительный механизм. Общее обозначение	
5. Регулирующий орган	

Условные графические обозначения на схемах выполняют сплошной толстой основной линией, а горизонтальную разделительную черту внутри графического обозначения и линии связи – сплошной тонкой линией по [ГОСТ 2.303](#).

Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают графические, буквенные и цифровые обозначения.

В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение.

В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется, например, включение, отключение, блокировка, сигнализация, допускается конкретизировать добавлением букв *H* и *L*. Эти буквы наносят справа от графического обозначения.

При необходимости *конкретизации* измеряемой величины *справа от графического обозначения прибора* допускается указывать наименование или символ этой величины.

Для обозначения величин, не предусмотренных данным стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.

В функциональных схемах автоматизации, последовательность буквенных обозначений в соответствии с ГОСТ 21.208-2013 должна быть следующей:

**1 буква** – обозначение основной измеряемой величины:

- A Анализ. Величина, характеризующая качество: состав, концентрация,
- B Пламя, горение
- E Напряжение
- F Расход
- H Ручное воздействие
- I Ток
- J Мощность
- K Время, временная программа
- L Уровень
- P Давление, вакуум
- Q Количество
- R Радиоактивность
- S Скорость, частота
- T Температура
- U Несколько разнородных измеряемых величин
- V Вибрация
- W Вес, сила, масса
- Y Событие, состояние
- Z Размер, положение, перемещение

**2 буква** – *Дополнительное* (при необходимости) обозначение измеряемой величины: D, F, J, Q, S, Z:

- D Разность, перепад
- F Соотношение, доля, дробь
- J Автоматическое переключение, обегание
- Q Интегрирование, суммирование по времени
- S Самосрабатывающее устройство безопасности
- Z Система инструментальной безопасности, ПАЗ

**3 буква ГОСТ 21.208-2013** Обозначение функционального признака прибора (Отображение информации): **E, G, I, K, S, T, X, Y**

- E Чувствительный элемент
- G Первичный показывающий прибор
- I Вторичный показывающий прибор



- К Станция управления
- S Включение, отключение, переключение, блокировка
- T Преобразование
- X Вспомогательные компьютерные устройства
- Y Вспомогательное вычислительное устройство

**4 буква ГОСТ 21.208-2013** Обозначение выполняемых функций (Формирование выходного сигнала): A, C, D, R

- A Сигнализация
- C Автоматическое регулирование, управление
- D Величина отклонения от заданной измеряемой величины
- R регистрация

Принцип построения условного обозначения прибора приведен на рис. 1.

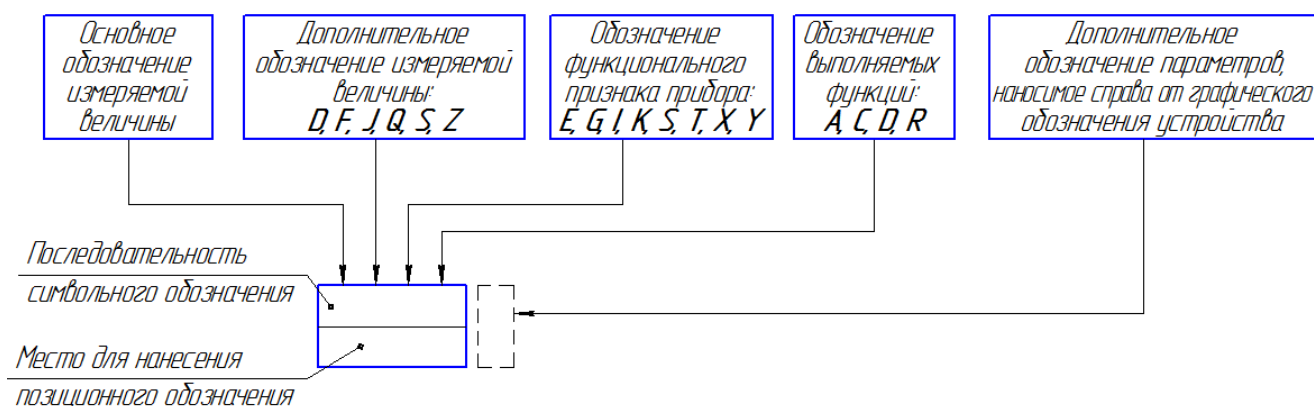


Рис. 1. Принцип построения условного обозначения прибора

Принцип построения условного обозначения первичного показывающего прибора (G) для измерения радиоактивности (R) с сигнализацией (A) предельно допустимых концентраций  $\alpha$ - и  $\beta$ -лучей, установленный по месту (рис. 2). Вставим буквенные обозначения в соответствии с ГОСТ 21.208-2013

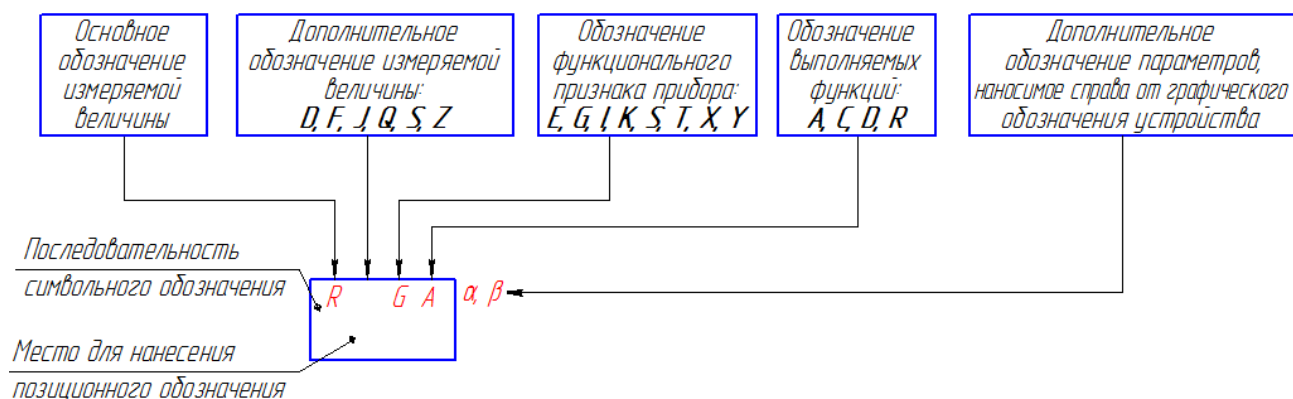


Рис. 2. Принцип построения условного обозначения первичного показывающего прибора для измерения радиоактивности с сигнализацией предельно допустимых концентраций, установленный по месту

- R – прибор, измеряющий радиоактивность
- G – первичный показывающий прибор
- A – сигнализация
- $\alpha$ ,  $\beta$  – предельно допустимые концентраций  $\alpha$ - и  $\beta$  –лучей
- прибор установлен по месту.

Принцип построения условного обозначения контроллера промышленного ПАЗ «БАЗИС-21» приведен на рис 3. Прибор принимает аналоговые и дискретные сигналы. Выдает на ЖКИ экран информацию о текущих значениях параметра. Сохраняет информацию в виде трендов. Выдает звуковой и световой сигнал о превышении значения измеряемых параметров. Выдает сигнал на останов (блокировку). Вставим буквенные обозначения в соответствии с ГОСТ 21.208-2013.

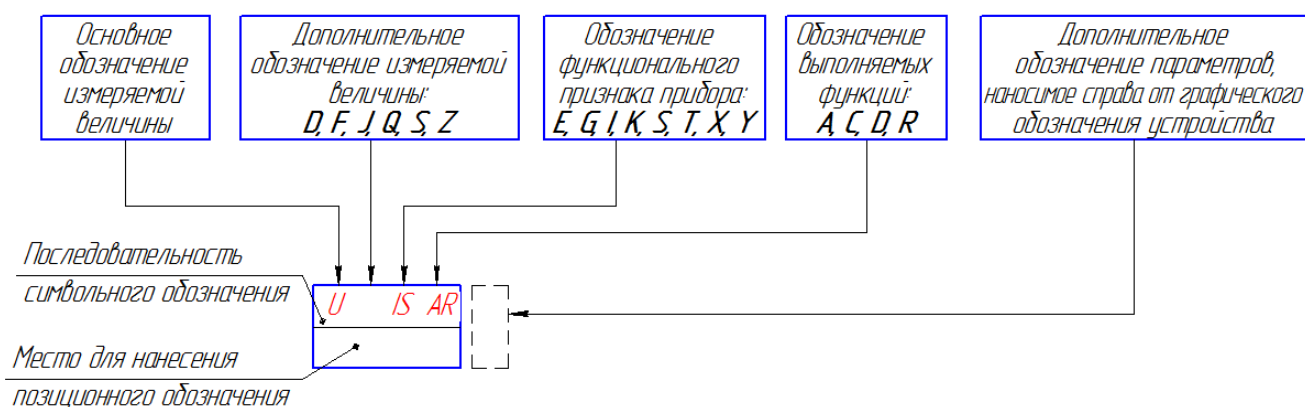


Рис. 3. Принцип построения условного обозначения контроллера промышленного ПАЗ «БАЗИС-21» в соответствии с ГОСТ 21.208-2013

- U – прибор, измеряющий несколько разнородных величин

- I – вторичный показывающий прибор
- S – блокировка
- A – сигнализация
- R – регистрация

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации приведены в таблице П.3 приложения 4.

### 1.5.3. Общие требования к текстовым документам пояснительной записки

Все текстовые документы подшивают в одну папку.

Пояснительную записку выполняют на белой бумаге компьютерным набором шрифтом Times New Roman. Размер шрифта основного текста – 12 пунктов, расстояние между строками – 1...1,5 интервала, выравнивание абзацев – по ширине.

Недопустимо включать в основные разделы дипломного проекта листы с текстом, отпечатанным на ксероксе или другой аналогичной множительной аппаратуре.

Листы дипломного проекта должны иметь поля: верхнее поле страницы - 15 мм, нижнее поле страницы - 30 мм, левое поле - 30 мм, правое - 10 мм.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным 12 мм.

Расстояние между заголовком и последующим текстом должно быть равно одному-двум интервалам. Такое же расстояние выдерживают между заголовками раздела и подраздела.

Текст печатается на одной стороне листа формата А4, страницы нумеруются арабскими цифрами в правом нижнем углу основной надписи штампа.

Для заглавного листа пояснительной записки используется форма 2 (Приложение 6) основной надписи и дополнительных граф к ней. Для последующих текстовых листов пояснительной записки следует применять форму 2а (Приложение 7) основной надписи.

В ПЗ текстовые документы располагают в следующей последовательности:

- титульный лист (форма в приложении 5);
- задание на ДП (форма в приложении 6);
- содержание (используется форма 2 (Приложение 7) основной надписи, а для последующих текстовых листов применять форму 2а (Приложение 8) основной надписи);
- введение;
- общая часть пояснительной записки;
- заключение;
- список используемой литературы;

- приложения.

Текстовые документы должны содержать обоснования принятых решений: расчетные схемы, их результаты (частотные характеристики, таблицы и т.п.) и анализ результатов.

Объемные материалы (распечатки расчетов на ЭВМ, результаты многовариантных расчетов и т.п.) целесообразно выносить в приложения.

Титульный лист является первым листом пояснительной записки ему присваивается номер 1, но на листе не проставляется.

Содержание общей части разбивают на разделы, подразделы и пункты в соответствии с общепринятой рубрикацией. Каждая часть должна иметь заголовки. Разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами с точкой. Подразделы порядковые номера в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. Номера пунктов должны состоять из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой. В конце номера пункта должна ставиться точка, например, пункты раздела 1, подраздела 1.1 обозначают так: 1.1.1., 1.1.2., 1.1.3. и т.д. Наименование разделов должны быть краткими, соответствовать содержанию и записываться в виде заголовков прописными буквами. Наименование подразделов записывают в виде заголовков строчными буквами (кроме первой прописной). Переносы слов в заголовках не допускаются, точку в конце не ставят. Если заголовок состоит из двух предложений, то их разделяют точкой.

В основной текст пояснительной записки включают *введение*.

*Во введении* формулируются задачи, решаемые при выполнении работы и их актуальность. Пояснения ведут в безличной форме или от первого лица множественного числа.

*В заключение* пишется резюме – итоги выполнения дипломного проекта, выводы, сделанные в результате работы. Указывается о выполнении поставленных задач и достижении требуемых целей.

Имеющиеся в записке иллюстрации (рисунки, эскизы, схемы, диаграммы, графики) нумеруют арабскими цифрами в пределах разделов записки, например: для раздела 1 рис. 1.1, рис. 1.2 и т.д. Ссылки на ранее упомянутые иллюстрации дают по типу: (рис. 1.3.), допускается сквозная нумерация. Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки), а также таблицы следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Таблицы должны быть составлены предельно ясно для иллюстрации текста. Таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах разделов записки, например для раздела 1: «Таблица 1.1», «Таблица 1.2» и т.д, **допускается сквозная нумерация**.

Ссылки на таблицы дают по типу «табл. 1.3», а на ранее упомянутые таблицы – (табл. 1.3.).

Ссылки на формулы дают по типу (1.4), где 1 – порядковый номер раздела 4 – порядковый номер формулы, **допускается сквозная нумерация**.

Ссылки на литературный источник дают по типу [5, с.85], где 5 – порядковый номер источника, с.85 информация взята со страницы 85 данного источника.

Все расчеты выполняют в системе СИ.

В конце строки вычисления ставится запятая, после чего следует экспликация (объяснение условных обозначений в формуле). Значение каждого символа дают в той последовательности, в которой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слов «где». Каждый символ в пределах записи расшифровывают один раз. Подстановку численных значений символов производят в той же последовательности, в которой они приведены в формуле.

В тексте не допускается:

- сокращать обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением расшифровки буквенных обозначений, входящих в формулы;
- применять сокращения слов, кроме установленных правилами орфографии и пунктуации (т.е. – то есть, и т.д. – и так далее, и др. – и другие, г. – год, и т.п.);
- употреблять математические знаки без цифр, например: (+), (=), (<), (>), а также знаки №, %, °, ' и т.п.

Обычно настраивается автоматическая нумерация листов пояснительной записки. Допускается нумерация листов пояснительной записки после подшивки. В соответствующей графе основной надписи ГОСТ 2.104-88 проставляют номер листа согласно ГОСТ 2. 105-95.

#### **1.5.4. Требования к оформлению списка используемой литературы**

Список используемой литературы оформляют в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100-2018 СИБИД. В списке литературы для книг необходимо указывать фамилию и инициалы автора, название книги, место (город) издания, издательство, год издания и общее число страниц. Список составляют в алфавитном порядке по фамилии автора или названию учебника.

*Например:*

*Учебник*

1. Автоматическое управление: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Б.И. Горошков, – Москва: Издательский центр «Академия», – 2013. – 304 с.- Текст непосредственный.

*Учебное пособие:*

2. Андреев С.М. Разработка и моделирование несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов: учеб. пособие для студ.

учреждений сред. проф. образования / С.М. Андреев, Б.Н. Парсункин. – Москва: Издательский центр «Академия», – 2016. – 272 с.- Текст непосредственный.

Для журнальных статей указывают фамилию и инициалы автора, название статьи, название журнала, год его издания, номер и страницы, на которых напечатана статья.

#### *Статья*

3. Корсакова, И.М. Комплексный подход при построении классификации модернизации технологического оборудования / И.М. Корсакова. - Текст: непосредственный // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2012.–№ 5. – С. 3-9.

#### *Описание закона:*

4. Российская Федерация. Законы. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон № 131-ФЗ. - Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс, 2017. - 158 с. - Текст: непосредственный.

#### *Описание стандарта:*

5. ГОСТ Р 51664-2000. Системы и аппаратура автоматического управления каналами радиосвязи. Основные параметры: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 16 ноября 2000 г. № 299-ст. Москва: Стандартинформ, 2000.- 19с. - Текст непосредственный.

#### *Электронный ресурс:*

Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления : учебник для среднего профессионального образования / И. Ф. Бородин, С. А. Андреев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. –386 с. – (Профессиональное образование). –Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/492253> (дата обращения: 13.03.2022).

#### *Сайты в сети интернет*

eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000. - URL: <https://elibrarv.ru> (дата обращения: 09.07.2019). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. - Текст: электронный.

ЭБС Юрайт: электронная библиотечная система: сайт. - Москва, 2013. - URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 09.08.2019). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей. - Текст: электронный.

*В приложения* выносят: формы отчета о патентном поиске, копии использованных авторских свидетельств, распечатки расчетов на ЭВМ, расчеты и результаты многовариантных расчетов на ЭВМ и т.п.

Приложения оформляют как продолжение дипломного проекта на последующих листах. Каждое приложение должно начинаться с нового листа с указанием на первом листе слова «Приложение» с обозначением арабскими цифрами, например: «Приложение 1». Допускается выполнения приложений на листах формата А4, А3. Все приложения включают в общую нумерацию листов.

### 1.5.5. Критерии оценки дипломного проекта

**Оценка «отлично»** - выставляется за дипломной проект, выполненный в полном объеме, где стройно и последовательно изложены данные; показана актуальность темы и ее аргументированность; четко определены цели и задачи; отражены знания предметного содержания; материал изложен грамотным языком в определенной логической последовательности, с использованием терминологии; в презентации проекта теоретический материал увязан с практическими навыками.

**Оценка «хорошо»** - выставляется за дипломной проект, в котором допущены незначительные ошибки; на презентации дипломного проекта студент показывает хорошие знания, умеет увязать теоретический материал с практическими навыками работы.

**Оценка «удовлетворительно»** - выставляется за дипломной проект, в котором неполно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание темы; допущены нарушения в графической части; имелись затруднения или допущены ошибки в определениях или терминологии, и студент на защите показывает знания только основного материала, испытывает затруднения при объяснении материала дипломного проекта.

Если допущены существенные недостатки в оформлении дипломного проекта: опущен (без согласования с преподавателем) или неверно написан какой-либо раздел, или имеются отступления от плана написания дипломного проекта – такой проект возвращается студенту на доработку.

## РАЗДЕЛ 2. СОСТАВ ДИПЛОМНОГО (курсового) ПРОЕКТА

Состав и объем дипломного проекта отражён в табл. 3. Состав и содержание пояснительной записки дипломного проекта в табл. 4.

Таблица 3

**Состав и объем дипломного проекта**

Наименование	Рекомендуемый объем (кол. листов или формат)	Рекомендуемые обозначения
<b>Пояснительная записка</b>	50-60 листов	БППК. ДП0XXX. 000 ПЗ
<b>Графическая часть:</b>	4,5-5,5 Л. формата А1	
Лист 1 Оборудование (станок, робот мод. _____) оснащаемое САУ (САС)	A1	БППК. ДП1XXX. 000 ВВ
Лист 2 Схемы САУ	A1	БППК. ДП2XXX. 000 С0
Лист 3 Параметры устойчивости и качества САУ	A2	БППК. ДП3XXX. 000 С10
Лист 4 ФСА и К	A2	БППК. ДП4XXX. 000 С3
Лист 5 Щит контроля и управления с ТСС	A1	БППК. ДП5XXX. 000 СБ
Лист 6 Установка САУ(САС) и К <sup>3</sup>	A1	БППК. ДП6XXX. 000 СБ
Лист 7 Экономические показатели	A2	БППК. ДП7XXX. 000 ЭП

### Технологическая документация дипломного проекта:

1. Технологическая схема системы автоматического управления
2. Ведомость физических объемов работ
3. Ведомость монтажных механизмов, инструмента и защитных средств
4. Схема технологического процесса монтажа САУ и К
5. Маршрутная карта сборки щита
6. Маршрутная карта сборки САУ и К
7. Акт внедрения ТП

---

<sup>3</sup> Для студентов, не претендующих на оценку «отлично», лист 6 допускается не выполнять



Таблица 4

**Состав и содержание пояснительной записки дипломного проекта**

№ п/п	Состав и содержание	Кол-во листов
	Титульный лист (форма в приложении 5) Задание на дипломное проектирование (форма в приложении 6) Содержание	3

**СОДЕРЖАНИЕ**

	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>3-4</b>
<b>1</b>	<b>ЧАСТЬ I. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОСНАЩЕНИЮ САУ (САС) ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ</b>	<b>39-47</b>
<b>1.1</b>	<b>Раздел 1. Разработка мероприятий по оснащению САУ (САС) объекта управления</b>	<b>9-10</b>
1.1.1	Определение потребности в оснащении САУ и САС оборудования предприятия. Составление плана модернизации технологического оборудования	2
1.1.2	Составление графика проведения работ и его оптимизация с помощью сетевой модели	2-3
1.1.3	Характеристика объекта управления	2
1.1.4	Назначение и принцип действия САУ (САС). Технологическая схема САУ (САС). Заданные параметры элементов и требуемые характеристики	2
1.1.5	Составление технического задания	1
<b>1.2</b>	<b>Раздел 2. Организация расчётно-аналитической разработки</b>	<b>12-14</b>
1.2.1	Составление структурной схемы и модели САУ (САС)	1-2
1.2.2	Вывод передаточных функций всех элементов САУ (САС)	2
1.2.3	Определение передаточной функции местной обратной связи	1
1.2.4	Построение модели САУ (САС) с эквивалентно преобразованным звеном местной обратной связи	1
1.2.5	Моделирование разомкнутой структурной схемы САУ (САС) на ЭВМ, проверка ее работоспособности. Моделирование устойчивости заданной САУ (САС) по критерию Найквиста. Коррекция устойчивости исходной САУ (САС) (при необходимости)	2
1.2.6	Вывод передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем	1-2
1.2.7	Моделирование частотных характеристик замкнутой САУ (САС)	2
1.2.8	Определение устойчивости замкнутой САУ (САС) на ЭВМ	1
1.2.9	Моделирование основных показателей качества работы САУ (САС). Коррекция качества переходного процесса (при необходимости)	1
<b>1.3</b>	<b>Раздел 3. Организация конструкторской разработки</b>	<b>9-12</b>
1.3.1	Определение контрольно-измерительных функций и составляющих системы автоматического управления и контроля	1-2
1.3.2	Разработка функциональной схемы автоматизации (ФСА)	2-3
1.3.3	Выбор элементной базы на основании расчета и анализа САУ (САС)	4-5

№ п/п	Состав и содержание	Кол-во листов
	и разработанной ФСА	
1.3.4	Разработка чертежа щита контроля и регулирования	2
<b>1.4</b>	<b>Раздел 4. Организационно - технологическая разработка</b>	<b>4</b>
1.4.1	Составление маршрутных карт сборки щита и монтажа САС и К	1
1.4.2	Составление ведомости физических объемов работ	2
1.4.3	Составление ведомости монтажных механизмов, инструмента и защитных средств	1
1.4.4	Составление схемы технологического процесса монтажа САУ и К	1
<b>1.5</b>	<b>Раздел 5. Организация мероприятий по монтажу, наладке и эксплуатации разработанной САУ</b>	<b>5-7</b>
1.5.1	Подготовка к проведению монтажных и наладочных работ	1
1.5.2	Мероприятия по монтажу оборудования	1-2
1.5.3	Мероприятия по наладке оборудования	1
1.5.4	Мероприятия по эксплуатации САУ	1
1.5.5	Техника безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации САУ	1-2
<b>2</b>	<b>ЧАСТЬ II. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ</b>	<b>8-10</b>
2.1	Расчет затрат на внедрение мероприятий по оснащению САУ (САС) объекта управления	2-3
2.2	Расчет годового экономического эффекта от внедрения мероприятий	4-5
2.3	Расчет коэффициента экономической эффективности и срока окупаемости	2
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>1</b>
	Список использованных источников	

Тема проекта: из табл. 1 «Примерные темы дипломных проектов»

#### **Исходные данные для проектирования:**

1. Объект управления мод. \_\_\_\_\_ и его основные характеристики;
2. Технологическая схема системы автоматического управления;
3. Состав и характеристики звеньев системы автоматического управления;
4. Требуемые характеристики устойчивости и качества переходного процесса;
5. Материалы преддипломной производственной практики

Конструкторско-технологическую документацию разрабатывать в соответствии со стандартами ЕСКД и ЕСТД

При выполнении **курсовых проектов** по МДК 01.04 Разработка СА и формирование пакета ТД на разработанную модель и МДК 02.01. Осуществление выбора оборудования и монтаж модели элементов СА следует пользоваться методическими рекомендациями к отдельным главам и подглавам из **ЧАСТИ I** дипломного проекта. Состав и объем курсовых проектов определяет руководитель проектов.

### РАЗДЕЛ 3. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

#### 3.1. Мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ (САС)

##### 3.1.1. Основные понятия по определению потребности в оснащении САУ и САС оборудования предприятия. Составление плана модернизации технологического оборудования

Потребность в модернизации технологического оборудования участка осуществляется в соответствии с математической моделью оценки [12, 14, 15], предполагающую группирование оборудования по приоритетности потребности в его модернизации с помощью индексов  $k$ . Индексами могут быть числа от 0 до 1. Индекс 0 означает, что оборудование не нуждается в данном виде модернизации (например, новое оборудование не нуждается в модернизации). С другой стороны, индекс 1 означает, что оборудование нуждается в модернизации данного вида.

Оснащение металлорежущих станков САУ скорости резания, САУ продольной и поперечной подач и пр. экономически целесообразно, когда возникает технологическая необходимость в повышении геометрической точности, улучшении качества поверхностного слоя обрабатываемых заготовок. Формула для вычисления индекса  $k_1$ , определяющего потребность в модернизации с целью повышения точности:

$$k_1 = \left(0,5 \frac{|16,9 - b_{об}|}{16,9 - b_{об}} + 0,5\right) \frac{b_{об}}{17} + \left(0,5 \frac{|b_{об} - 16,9|}{b_{об} - 16,9} + 0,5\right) \quad (1)$$

где  $b_{об}$  – процент производимого брака на данной единице технологического оборудования (выраженный в затратах на брак от общей стоимости обработки заготовок). В соответствии с [28, с.571] примем критический процент затрат на брак, когда требуется проведение модернизации, связанной с повышением точности технологического оборудования 17%. По данным предприятия в программе MicrosoftExcel составляем таблицу (пример Приложение 9, табл. П.8), определяющую потребность в оснащении САУ и САС оборудования предприятия и диаграмму расположение оборудования по убыванию индекса  $k_1$ . При этом определяем, сколько единиц технологического оборудования нуждается в оснащении САУ и САС с целью повышения *точности*, и в какой последовательности.

На рис. 4 приведен пример диаграммы расположения оборудования по убыванию индекса  $k_1$ . Таким образом, 4 единицы технологического оборудования участка дизельного производства АО «УК «БМЗ» нуждаются в оснащении САУ и САС с целью повышения точности.

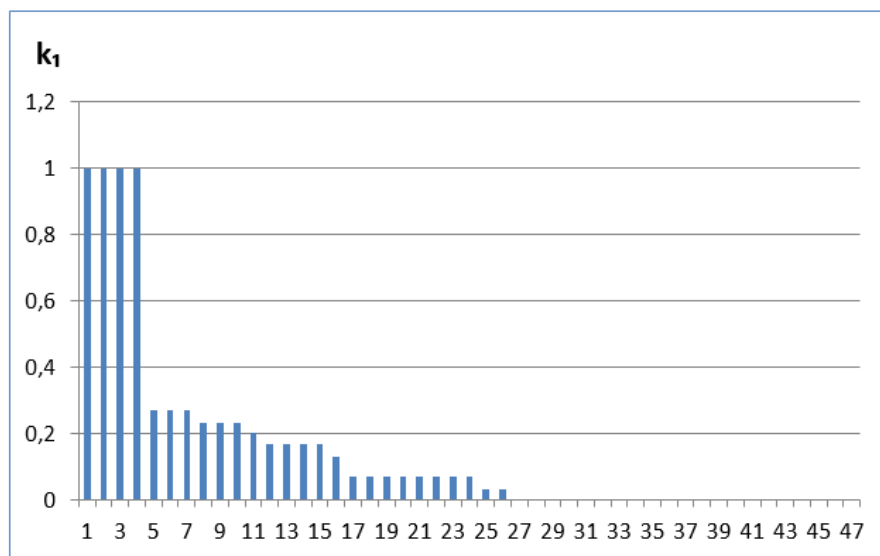


Рис. 4. Пример диаграммы расположение оборудования по убыванию индекса  $k_1$

Повышение уровня автоматизации оборудования путем оснащения манипуляторами, роботами и их оснащения системами автоматического управления углами поворота рабочих органов и т.п. повышает производительность труда. Потребность в такой модернизации возникает в тех ситуациях, когда в силу производственной необходимости следует запланировать выпуск существенно более крупной партии изделий. Индекс потребности в такой модернизации  $k_2$  задается следующей формулой:

$$k_2 = 1 - e^{-\frac{S_{пл}}{a \cdot T}}, \quad (2)$$

где  $S_{пл}$  – объема запланированной серии (шт.),  $T$  – трудоемкость изготовления одного изделия в нормо-часах;  $a$  – коэффициент, учитывающий серию обрабатываемых на существующем оборудовании заготовок. Для мелкосерийного производства  $a = 100$ , для серийного –  $a = 1000$ , для крупносерийного –  $a = 10000$ .

По данным предприятия в программе MicrosoftExcel составляем таблицу (пример Приложение 10, табл. П.9), определяющую потребность в оснащении САУ оборудования предприятия и диаграмму расположение оборудования по убыванию индекса  $k_2$ . При этом определяем, сколько единиц технологического оборудования нуждается в оснащении САУ, с целью повышения производительности труда, и в какой последовательности.

На рис. 5 приведен пример диаграммы расположения оборудования по убыванию индекса  $k_2$ . Таким образом, 2 единицы технологического оборудования участка дизельного производства АО «УК «БМЗ» нуждаются в оснащении САУ и САС с целью повышения производительности труда.

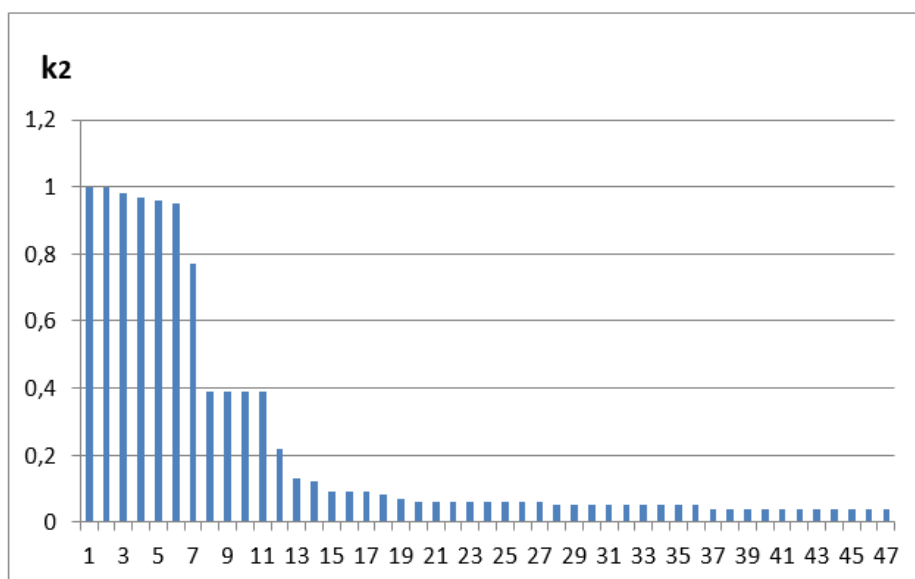


Рис. 5. Пример диаграммы расположение оборудования по убыванию индекса  $k_2$

В соответствии с проведенными исследованиями составляется план модернизации технологического оборудования участка производства на \_\_\_\_\_ год (пример плана табл. 5).

Таблица 5

**П Л А Н**  
модернизации технологического оборудования производственного  
участка на \_\_\_\_\_ год

Очередность работ	Наименование оборудования	Модель	Год выпуска	Краткое описание мероприятия	Продолжительность внедрения (мес.)	
					Ед. пр-во	Мелко-сер. пр-во
1	Станок копировально-фрезерный	6441A	1983	Оснащение САУ приводом <i>поперечной</i> подачи с совмещенной ФСА вертикальной, продольной и поперечной подач	1	
2	Станок копировально-фрезерный	6441A	1983	Оснащение САУ приводом <i>продольной</i> подачи с совмещенной ФСА вертикальной, продольной и поперечной подач		0,75
3	Промышленный робот	Бриг 10Б	1988	Оснащение САУ <i>подъемом</i> рабочего органа с совмещенной ФСА подъема, поворота и выдвижения	1,5	

Продолжение табл. 5

Очередность работ	Наименование оборудования	Модель	Год выпуска	Краткое описание мероприятия	Продолжительность внедрения (мес.)	
					Ед. пр-во	Мелко-сер. пр-во
4	Станок вертикально-сверлильный с ЧПУ	2K125Ф2	1984	Оснащение САС <i>мощности</i> с совмещенной ФСА мощности и крутящего момента		1,5
5	Станок вертикально-сверлильный с ЧПУ	2K125Ф2	1984	Оснащение САУ <i>крутящего момента</i> с совмещенной ФСА мощности и крутящего момента	3	
6	Станок вертикально-сверлильный с ЧПУ	2K135Ф2	1983	Оснащение САУ <i>крутящего момента</i> с совмещенной ФСА мощности и крутящего момента		0,75

### 3.1.2. Основные понятия о сетевой модели. Пример составления графика проведения работ и его оптимизации с помощью сетевой модели

Под сетевым планированием принято понимать графическое изображение определенного комплекса выполняемых работ, отражающее их логическую последовательность, существующую взаимосвязь и планируемую продолжительность, с целью обеспечения оптимизации разработанного графика и дальнейшего использования для текущего управления ходом работ.

Сетевые модели или графики предназначены для проектирования и модернизации производственных объектов, экономических систем и всевозможных работ, состоящих из определенного числа различных элементов. Такой график представляет множество соединенных между собой элементов, показывающих технологическую зависимость отдельных работ и этапов предстоящих проектов.

На предприятиях при службах по эксплуатации оборудования имеются специальные подразделения, которые занимаются модернизацией технологического оборудования. Эти службы обследуют оборудование и определяют потребность в том или ином виде модернизации.

Для примера составим график проекта производства работ (ППР) при оснащении САС *мощности* вертикально-сверлильного станка мод. 2K125Ф2 (продолжительность внедрения 1,5 месяца при мелкосерийном производстве), а затем проведем его оптимизацию с помощью сетевой модели:

Таблица 6

**График проекта производства работ (ППР) при оснащении САС мощности  
вертикально-сверлильного станка мод. 2К125Ф2**

№	Наименование работ	Исполнитель	Кол. исполнителей	Время выполнения час. <sup>4</sup>
				Мелко-сер. пр-во
1	Определение потребности в оснащении САУ и САС оборудования участка предприятия	Конструктор бюро модернизации	1	2
2	Составление технического задания	Конструктор бюро модернизации	1	2
3	Эскизирование мест установки САС и К	Конструктор бюро модернизации	1	12
4	Расчётно-аналитическая разработка	Технолог-расчетчик бюро модернизации	1	6
5	Разработка конструкторской документации	Конструктор бюро модернизации	1	30
6	Разработка технологической документации	Технолог отдела подготовки производства	1	20
7	Разработка паспорта и эксплуатационной документации к САС и К с указанием мероприятий по технике безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации САС и К	Конструктор бюро модернизации и технолог отдела подготовки производства	2	2x5=10
8	Согласование разработанной документации со службой, где установлен станок, со службой, отвечающей за технику безопасности на предприятии, с главным инженером предприятия	Конструктор бюро модернизации и технолог отдела подготовки производства	2	2x2=4
9	Закупка необходимых приборов и средств оснащения	Маркетолог	1	35
10	Сборка разработанной САС и К	Слесарь-сборщик	1	45
11	Монтаж разработанной САС и К	Электромонтажник	1	36
12	Наладка разработанной САС и К	Слесарь службы КИПиА	1	30
13	Доработка САС и К	Исполнители задействованных служб (конструктор, технолог, Слесарь-сборщик, Электромонтажник, Слесарь службы КИПиА)	5	5x1=5

<sup>4</sup>По данным преддипломной производственной практики

Окончание табл. 6

№	Наименование работ	Исполнитель	Кол. исполнителей	Время выполнения час.
				Мелко-сер. пр-во
14	Приемо-сдаточные испытания САС и К	Заказчик: Начальник участка дизельного производства <b>Исполнители:</b> представители бюро модернизации и отдела подготовки производства	3	3x2=6
15	Внесение изменений в существующую документацию на объект	Конструктор бюро модернизации	1	4
16	Расчет экономической эффективности от внедрения модернизированного объекта	Конструктор бюро модернизации	1	4
17	Ввод в эксплуатацию	Технолог отдела главного механика	1	4
Итого часов:				255

Порядок проведения работ утверждается главным инженером предприятия.

Переведем полученные рабочие часы в месяцы:

$$\frac{255}{8 \cdot 5 \cdot 4} = 1,59 \text{ (месяца)} > 1,5 \text{ (месяца)}$$

Поэтому составленный график проведения работ необходимо оптимизировать.

### **Оптимизация графика проведения работ в условиях мелкосерийного производства**

Оптимизацию будем проводить с помощью сетевой модели (рис. 6).

В сетевой модели события обозначаются кружками, работы – стрелками. В построенном графике должно быть одно начальное и одно конечное событие. Событие – это промежуточный или конечный результат одной или нескольких работ. Оно указывает на начало каких-либо работ и может быть одновременно завершение других. Под работой в сетевом графике (рис. 6) понимается процесс, требующий затрат определенного количества времени. Продолжительность работы в часах проставляется над стрелкой.

Графически работа обозначается сплошной стрелкой. Стрелка, выражающая только зависимость одной работы от другой, называется фиктивной работой и обозначается пунктирной линией. Она имеет нулевую временную оценку.



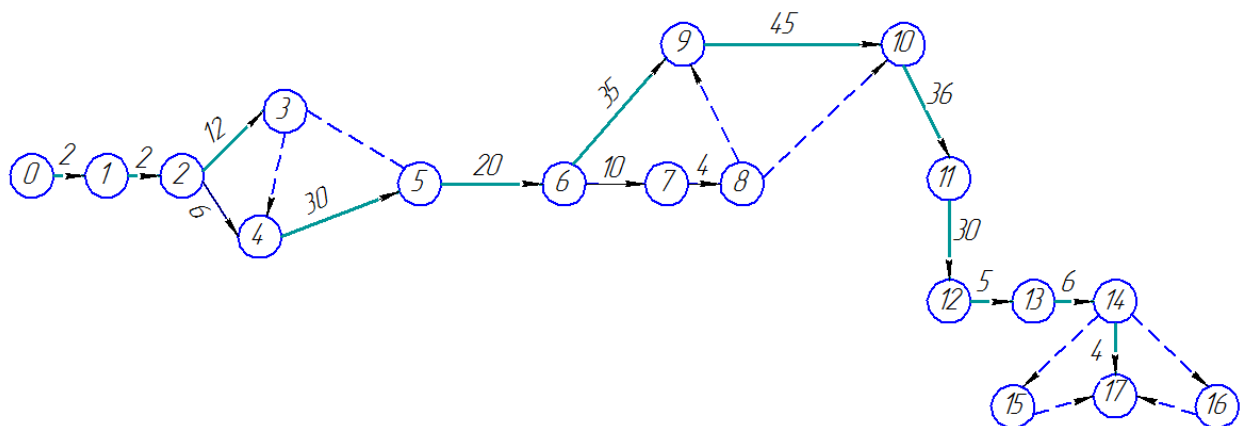


Рис. 6. Сетевая модель графика проведения работ при оснащении технологического оборудования САС

Определим критический путь и его продолжительность. Всякая последовательность работ, соединяющая начальное событие с конечным, называется путем. Путь, имеющий наибольшую продолжительность работ, называется критическим и изображается жирными стрелками.

Критический путь проходит через события: 0–1(2ч.) → 1–2(2ч.) → 2–3(12ч.) → 4–5(30ч.) → 5–6(20ч.) → 6–9 (35ч.) → 9–10(45ч.) → 10–11(36ч.) → 11–12(30ч.) → 12–13(5ч.) → 13–14(6ч.) → 14–17(4ч.)

Продолжительность критического пути  $T_{кр}$ :

$T_{кр} = 1 + 2 + 12 + 30 + 20 + 35 + 45 + 36 + 30 + 5 + 6 + 4 = 226$  (час.)

Переведем полученные критические часы в месяцы:

$$\frac{226}{8 \cdot 5 \cdot 4} = 1,4 \text{ (месяца)} < 1,5 \text{ (месяцев)}$$

Что удовлетворяет заданной продолжительности срока внедрения: 1,5 месяца. Количественный состав исполнителей изменяется при необходимости сокращения сроков внедрения.

### 3.1.3. Характеристика объекта управления

В этом подразделе следует в соответствии с заданием определиться с объектом управления (металлорежущий станок его модель, промышленный робот его модель и пр.). В соответствии с паспортом изобразить в масштабе на листе формата А1 объект управления с упрощениями и пояснениями об основных составляющих и основных технических характеристиках объекта.

Более подробно характеристики объекта управления описать в пояснительной записке.

Например, если по заданию в дипломном проекте следует разработать мероприятия по организации ТП оснащения САС мощности токарно-револьверного станка

мод. 1П326 путем управления приводом главного движения, то объектом управления будет этот токарно-револьверный станок (рис. 7), а в частности привод его главного движения.

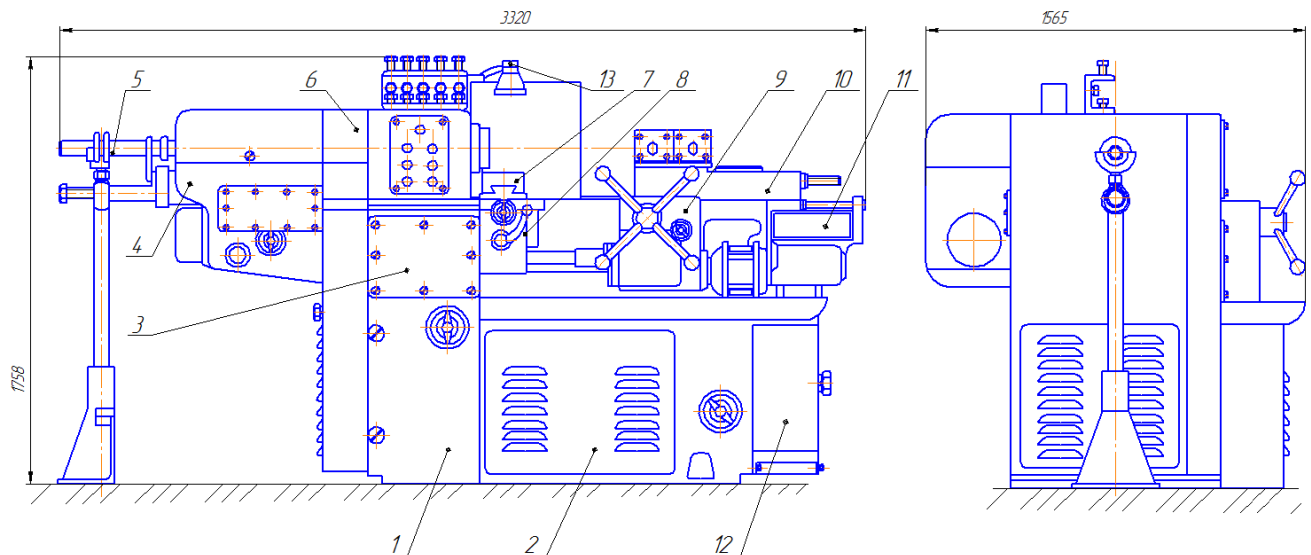


Рис. 7. Станок токарно-револьверный мод. 1П326

Привод главного движения (ПГД) токарно-револьверного мод. 1П326 расположен в шпиндельной бабке поз 6. Кинематика ПГД будет рассматриваться при составлении технологической схемы САУ (САС) и при организации конструкторской разработки.

В таблицах следует привести основные составляющие и основные технические характеристики станка мод. 1П326.

### 3.1.4 Основные сведения о назначении и принципе действия типовых САУ (САС). Технологические схемы типовых САУ (САС). Заданные параметры элементов и требуемые характеристики

Рассмотрим основные типовые технологические процессы систем автоматического управления.

Технологический процесс (сокращенно ТП) – это система взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения нужного результата.

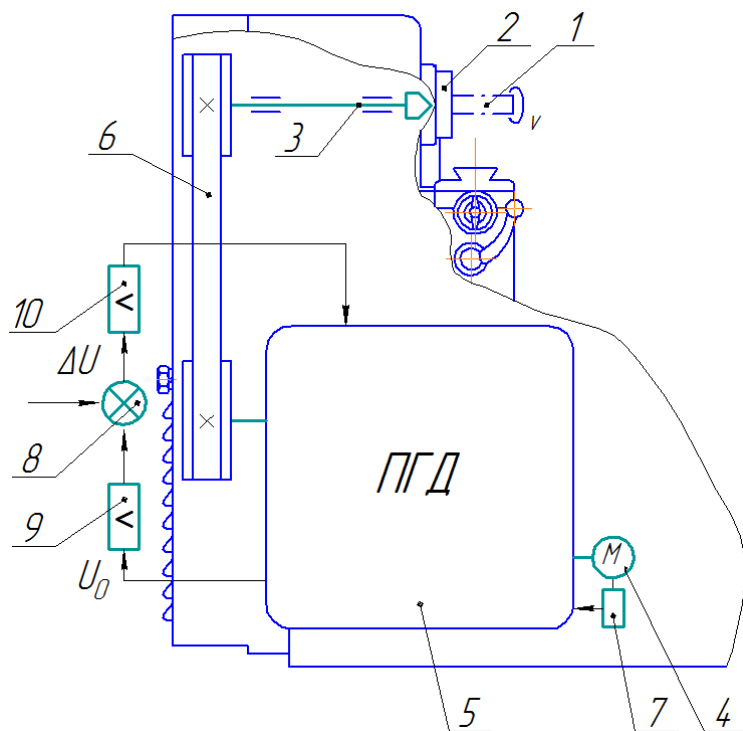
Типовой технологический процесс (ТТП) – процесс получения группы изделий, в частности изделий САУ, имеющих общие признаками путем подобных действий.

Обобщенная задача управления ТП – это оптимизация некоторого критерия (себестоимости, качества, затрат энергии и т. д.).

С целью повышения производительности труда, обеспечения требуемого качества изготавливаемых деталей, улучшения и облегчения условий труда производится модернизация станочного оборудования путем оснащения его системами автоматического управления.

При стабильных значениях параметров резания, кроме точности и качества поверхностного слоя, обрабатываемых заготовок повышаются такие эксплуатационные характеристики станка и инструмента, как безотказность за счет увеличения межремонтного периода. Следовательно, уменьшается время простоев оборудования, а в связи с этим повышается производительность труда.

Технологическая схема системы стабилизации мощности при токарной обработке показана на рис. 8.



Далее составляем технологическую схему системы автоматической стабилизации мощности резания при точении для заданной модели станка, например, токарно-револьверного станка мод. 1П326 (рис. 9).

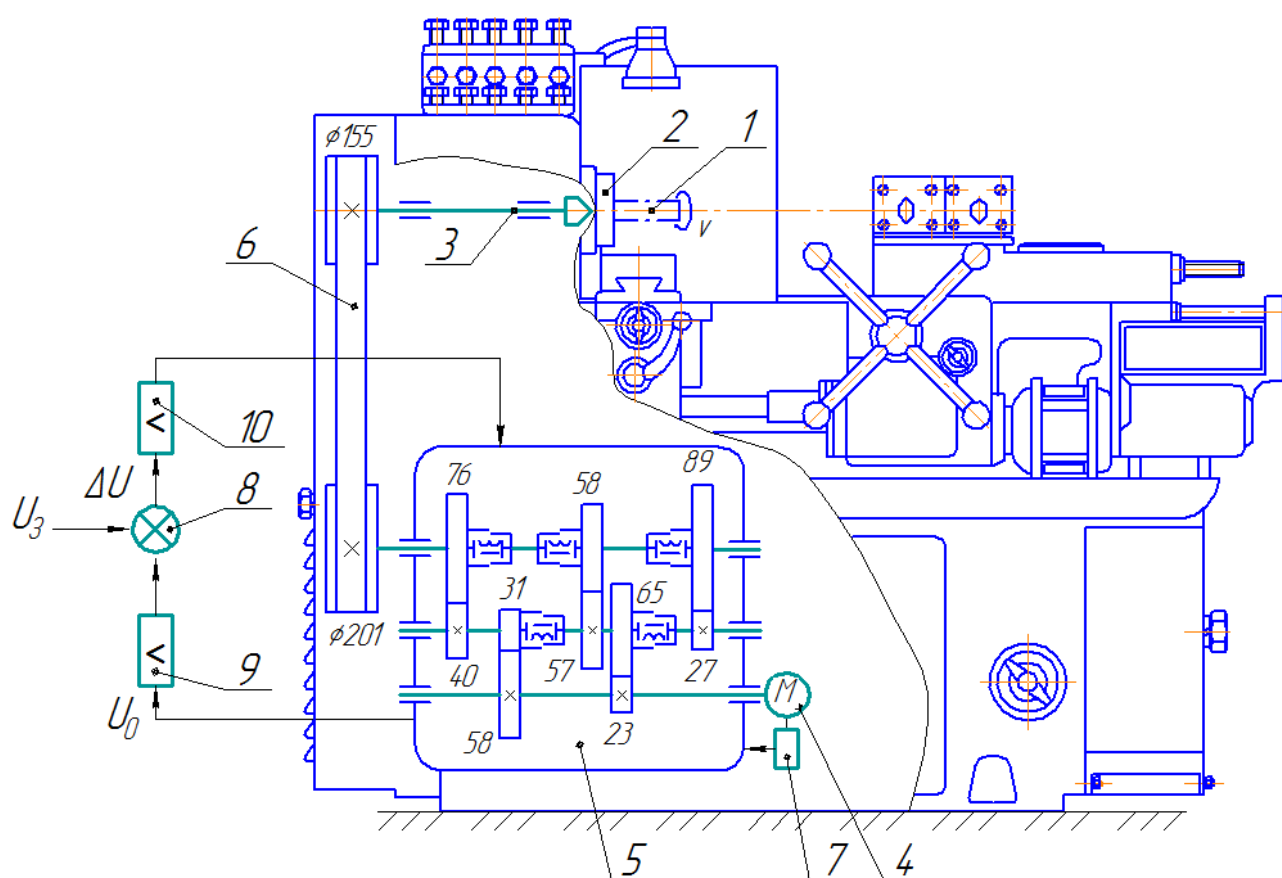


Рис. 9. Технологическая схема системы автоматической стабилизации мощности резания при точении для токарно-револьверного станка мод. 1П326

Заготовка 1 устанавливается в патроне 2. Главное движение шпинделю 3 с заготовкой сообщается от электродвигателя постоянного тока 4 через привод шпиндельной бабки 5, клиноременную передачу 6. В систему автоматической стабилизации также входят преобразователь мощности 7, сравнивающее устройство 8 (в современных САУ и САС роль сравнивающего устройства выполняет программируемый контроллер), электронный усилитель 9 и тиристорный усилитель-преобразователь 10.

САС работает следующим образом. На вход сравнивающего устройства 8 подается сигнал  $U_3$ , вырабатываемый командоаппаратом станка и соответствующий требуемому значению мощности в определенном масштабе. На другой вход сравнивающего устройства через электронный усилитель 9 (ЭУ) поступает сигнал  $U_0$ , вырабатываемый преобразователем мощности 7 ( $P_N$ ) пропорционально действительному значению мощности. Напряжение ошибки  $\Delta U$  (сигнал рассогласования) попадает на тиристорный усилитель-преобразователя 10 (ТУП) и вызывает уменьшение или увеличение скорости вращения регулируемого двигателя 4 (М), а, следовательно, стабилизацию величины мощности. В качестве объекта управления в САС входят процесс резания (ПР) и упругая технологическая система станка (УСС).

**Рассмотрим назначение и принцип действия САС крутящего момента при сверлении (рис. 10, 11).**

Составляем технологическую схему системы автоматической стабилизации крутящего момента при сверлении для заданной модели станка, например, сверлильный станок мод. 2Н125Ф2 (рис. 11).

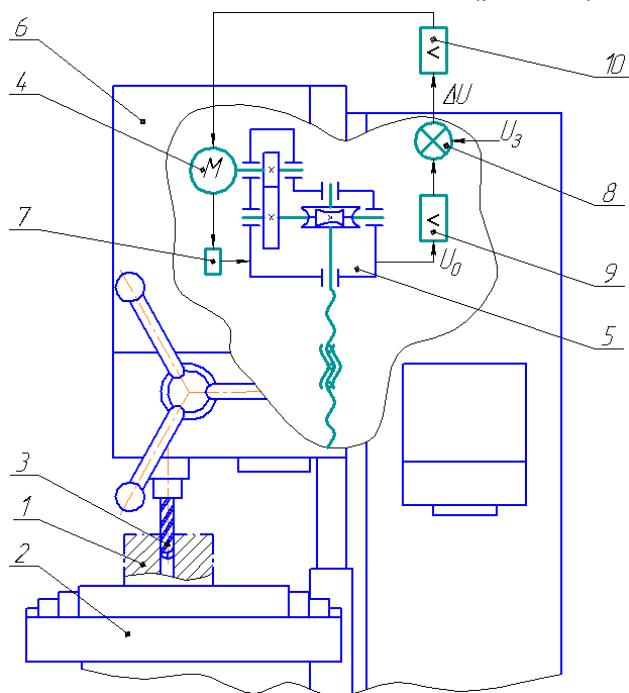


Рис. 10. Технологическая схема системы автоматической стабилизации крутящего момента при сверлении

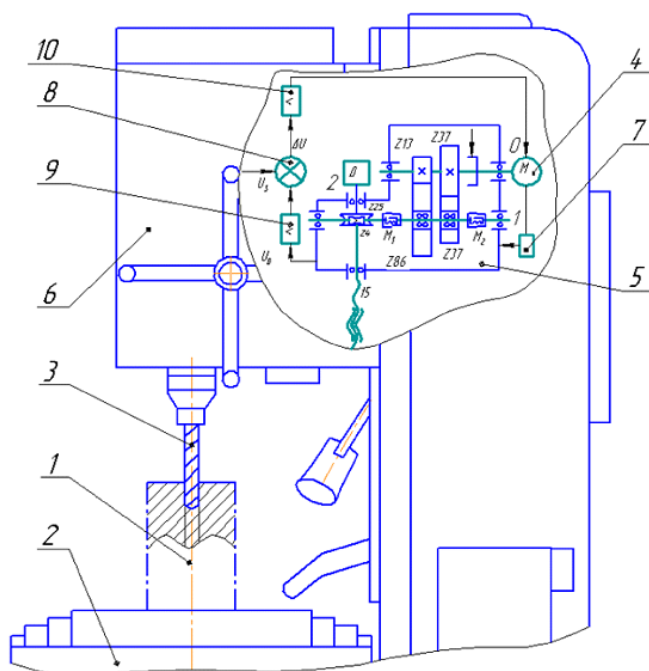


Рис. 11. Технологическая схема системы автоматической стабилизации крутящего момента при сверлении для сверлильного станка мод. 2Н125Ф2

Деталь 1 устанавливается на столе 2. Движение подачи сообщается от электродвигателя постоянного тока 4 через привод подач 5 шпиндельной бабке 6 с инструментом 3. Кроме того, в систему автоматической стабилизации входят преобразователь *крутящего момента* 7, сравнивающее устройство 8, электронный усилитель 9 и тиристорный усилитель-преобразователь 10.

САС работает следующим образом. На вход сравнивающего устройства 8 подается сигнал  $U_3$ , вырабатываемый системой ЧПУ и соответствующий требуемому значению *крутящего момента* в определенном масштабе. На другой вход сравнивающего устройства через электронный усилитель 9 (ЭУ) поступает сигнал  $U_0$ , вырабатываемый преобразователем *крутящего момента* 7 ( $P_{\text{мкр}}$ ) пропорционально действительному значению *крутящего момента*. Напряжение ошибки  $\Delta U$  (сигнал рассогласования) попадает на тиристорный усилитель-преобразователя 10 (ТУП) и вызывает уменьшение или увеличение скорости вращения регулируемого двигателя 4 (М), а, следовательно, стабилизацию величины *крутящего момента*. Таким образом, за счет управления приводом подач при сверлении происходит стабилизация *крутяще-*

го момента. В качестве объекта управления в САУ входят процесс резания (ПР) и упругая технологическая система станка (УСС).

**Рассмотрим назначение и принцип действия САУ скоростью резания** независимо от величины износа шлифовального круга. Эта **САУ** дает возможность повысить производительность станка, улучшить использование привода и режущего инструмента. Стабилизация силы резания осуществляется за счет управления электроприводом главного движения. Использование системы стабилизации силы резания повышает производительность обработки на 25-40%.

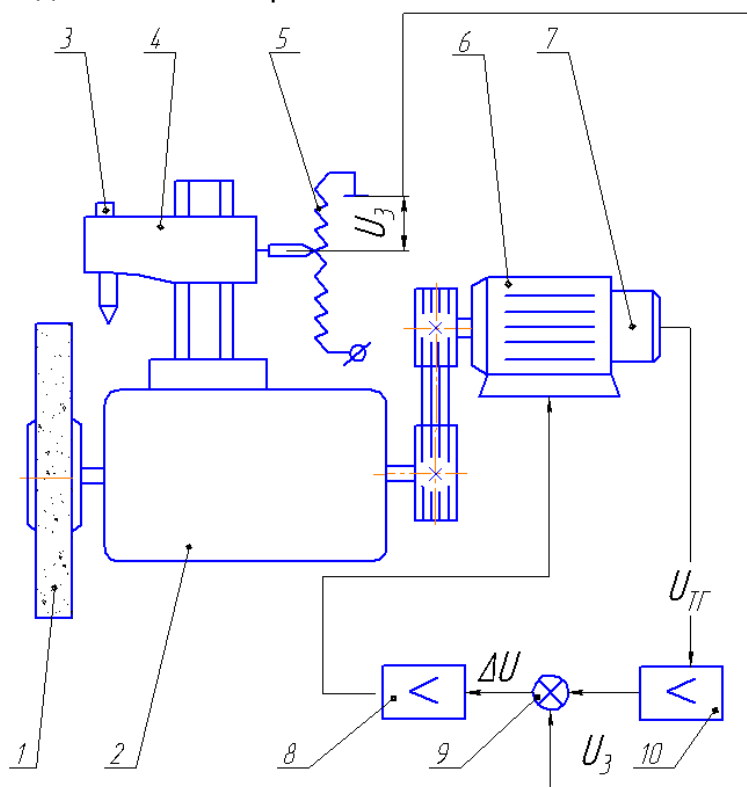


Рис. 12. Технологическая схема системы автоматического управления скоростью резания независимо от величины износа шлифовального круга

По причине износа и правок шлифовального круга его диаметр изменяется, что вызывает изменение скорости резания и нарушение оптимальных условий обработки. Шлифовальный круг 1 установлен на шпинделе инструментальной бабки 2, имеющей устройство правки с правящим инструментом 3. Суппорт 4 правящего устройства связан с потенциометром 5, выполняющим функции преобразователя линейного перемещения в задающий сигнал. Двигатель 6 главного движения является регулируемым двигателем постоянного тока и имеет тахогенератор 7. Тиристорный преобразователь 8 предназначен для питания двигателя 6. В САУ входят также сравнивающее устройство 9, и усилитель 10. При работе САУ на вход сравнивающего устройства 9 подается задающий сигнал в виде напряжения  $U_3$  с потенциометра 5, пропорциональный величине износа шлифовального круга 1. На другой вход сравнивающего устройства 9 через электронный усилитель 10 поступает сигнал об-

ратной связи тахогенератора 7, а напряжение ошибки поступает на вход тиристорного преобразователя 8 питания двигателя 6. В результате износа и правок шлифовального круга 1 его диаметр уменьшается при этом напряжение  $U_3$  увеличивается и увеличивается ошибка, вырабатываемая сравнивающим устройством 9. В результате усиливается напряжение тиристорного преобразователя 8 и повышается угловая скорость двигателя 6 так, чтобы скорость резания соответствовала заданной. При повышении скорости двигателя увеличивается напряжение на выходе тахогенератора 7 и ошибка САУ уменьшается до порога чувствительности. Угловая скорость шлифовального круга стабилизируется на новом уровне и, таким образом, *скорость резания остается постоянной*.

**Другой пример. Назначение и принцип действия системы автоматической стабилизации скорости резания при обработке конических поверхностей.**

Применение систем стабилизации скорости резания позволяет сократить машинное время, повысить производительность и улучшить качество обрабатываемых поверхностей.

По данным [17, с. 284] оснащение станка системой автоматической стабилизации (САС) скорости резания обеспечивает повышение производительности на 25 – 40%.

При обработке конических и торцовых поверхностей диаметр точения постоянно изменяется, что вызывает изменение скорости резания и нарушение оптимальных условий обработки.

САС предназначена для стабилизации скорости резания на оптимальном уровне независимо от величины изменения диаметра обработки. Качество обработки определяется степенью соответствия реальных параметров процесса резания оптимальным.

Технологическая схема системы стабилизации скорости резания при точении конических поверхностей приведена на рис. 13.

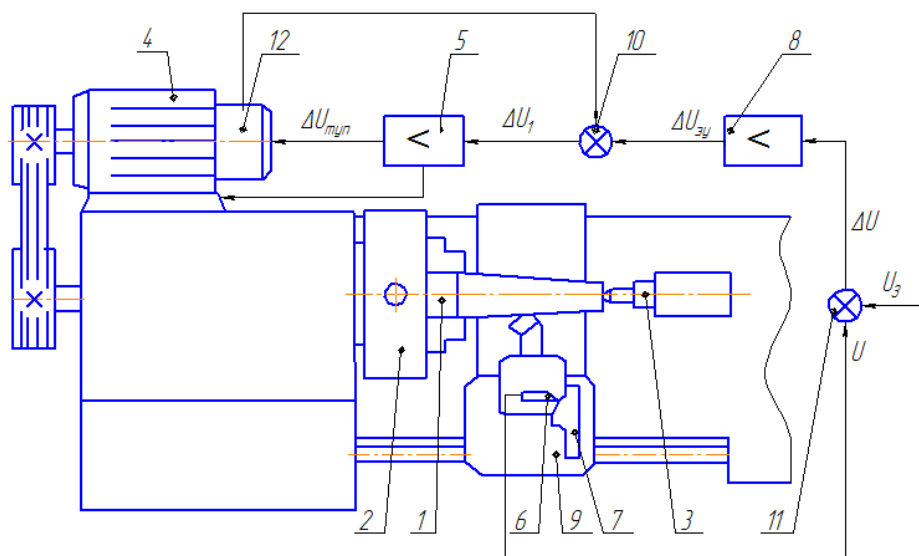


Рис. 13. Технологическая схема системы автоматической стабилизации скорости резания при обработке конических поверхностей

Деталь 1 установлена в патроне 2.3 – задний центр токарного станка. На щуп 6 датчика (например, индуктивного) может воздействовать профилированная линейка 7, неподвижная относительно суппорта 9. Сигнал обратной связи с датчика попадает на вход сравнивающего устройства 11. Движение скорости резания шпинделю с заготовкой 1 сообщается через привод главного движения от регулируемого двигателя 4 (М), имеющего тахогенератор 12. Для питания двигателя 4 служит тиристорный усилитель-преобразователь 5 (ТУП). С помощью задатчика устанавливается напряжение  $U_z$  пропорциональное требуемой величине скорости. В САС входят также сравнивающее устройство 10 и электронный усилитель 8 (ЭУ).

Реализация систем стабилизации скорости резания возможна при получении сигнала, пропорционального скорости резания, который используют в качестве сигнала обратной связи. Поскольку непосредственное измерение скорости резания затруднительно, его производят косвенным путем, обеспечивая для поддержания постоянства скорости резания гиперболическую зависимость угловой скорости шпинделя от радиуса обработки:

$$\omega = \frac{V_{P(\text{const})}}{\frac{R}{R_{\min}}} \quad (3)$$

САС работает следующим образом. На вход сравнивающего устройства 11 подается сигнал  $U_z$  пропорциональный требуемой величине скорости. На другой вход устройства 11 поступает сигнал  $U$ , вырабатываемый преобразователем линейного перемещения 6. Этот сигнал соответствует изменяющемуся значению радиуса

$R = R_{\min}$ . Сигнал рассогласования через усилитель 8 подается на вход сравнивающего устройства 10. На другой вход этого устройства поступает сигнал обратной связи тахогенератора 12, а напряжение ошибки поступает на вход тиристорного преобразователя 5 питания двигателя 4. Во время обработки радиус уменьшается, при этом увеличивается напряжение  $U$ , увеличивается ошибка, вырабатываемая сравнивающим устройством 10. В результате усиливается напряжение тиристорного преобразователя 12 и с уменьшением радиуса обработки повышается угловая скорость двигателя 4 так, что скорость резания остается постоянной.

Кроме модернизации основного оборудования, на производстве производится модернизация вспомогательного оборудования (промышленные роботы, манипуляторы и др.) путем внедрения систем автоматического управления с целью повышения производительности труда, улучшения и облегчения условий труда.

**Рассмотрим назначение и принцип действия** системы автоматического управления выдвиганием руки промышленного робота (ПР).

С целью повышения точности и производительности при управлении **выдвиганием** рабочего органа робота оснащаем промышленный робот (ПР) мод. КМ 0,63Ц системой автоматического управления **выдвиганием** руки. Ранее перемещение руки



регулировалось соответствующей установкой упоров. ПР мод. КМ 0,63Ц применяется для автоматизации погрузочно-разгрузочных работ, установки заготовок на металло-режущий станок, принятия обработанных заготовок, укладки их на операционные накопители и прочих операций связанных в данном случае с выдвиганием руки. САУ предназначена для управления выдвиганием руки робота с требуемой точностью. Технологическая схема системы автоматического управления выдвиганием рабочего органа робота показана на рис. 14.

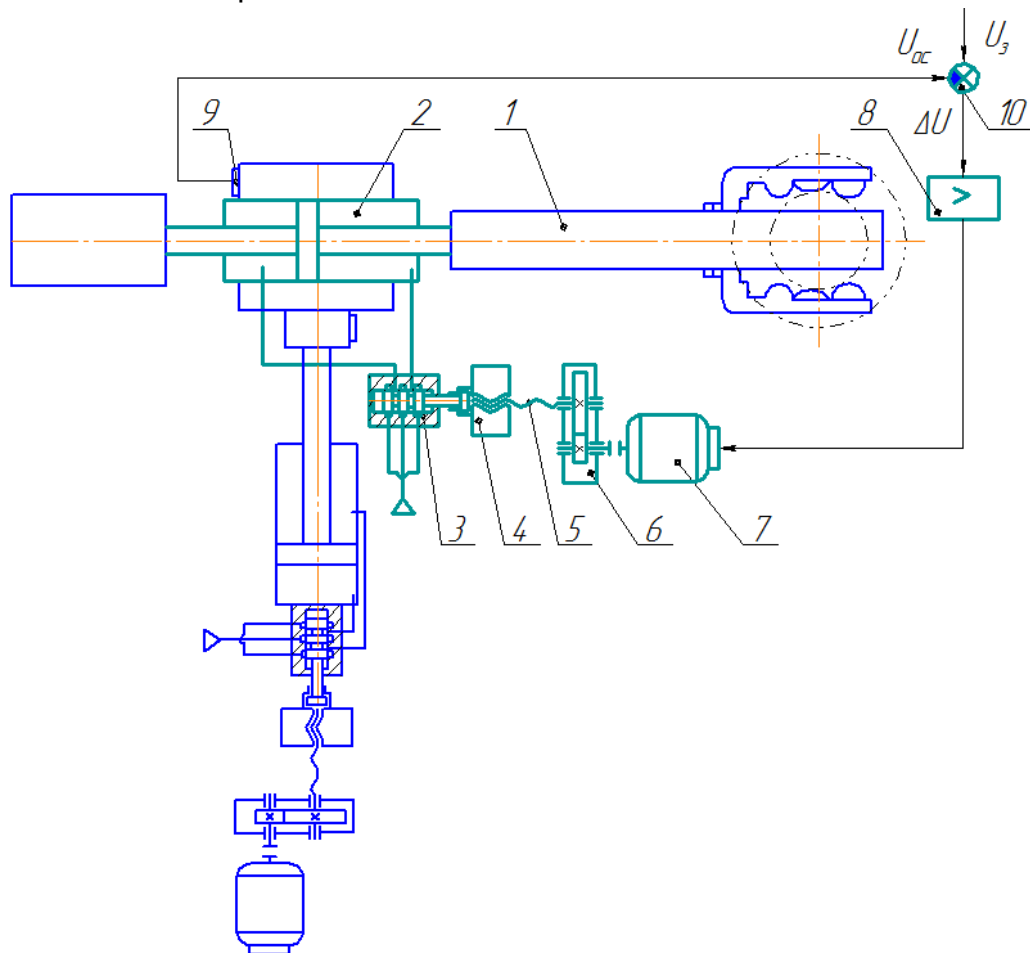


Рис. 14. Технологическая схема системы автоматического управления выдвиганием рабочего органа ПР мод. КМ 0,63Ц

САУ выдвиганием рабочего органа 1 робота состоит из пневмоцилиндра 2, пневматического усилителя 3 и электрической части. Функции пневматического усилителя 3 выполняет четырехкромочный золотник, с плунжером которого взаимодействует гайка 4, ходового винта 5, который связан через привод подачи 6 с управляющим двигателем постоянного тока 7. Управляющий двигатель 7 подключен к выходу усилителя 8. В САУ входят также преобразователь линейного перемещения 9 и сравнивающее устройство 10.

При работе САУ на вход сравнивающего устройства 10 поступает сигнал в виде напряжения  $U_3$ , вырабатываемый устройством ЧПУ. Устройство сравнения 10 выра-

батывает сигнал рассогласования (ошибки)  $\Delta U = U_3 - U_{oc}$ , где  $U_{oc}$  – напряжение линейного преобразователя 9. Сигнал ошибки через усилитель 8 вызывает вращение двигателя 7. В исходном состоянии гидроусилитель (четырёхкромочный золотник) находится в нейтральном положении и шток пневмоцилиндра 2 не перемещается. Поворот выходного вала двигателя 6 вызовет перемещение гайки 4 в осевом направлении и смещение плунжера золотника 3 из нейтрального положения. Шток пневмоцилиндра 2 приходит в движение, перемещая рабочий орган 1. Преобразователь линейного перемещения 9 преобразует фактическое линейное перемещение в сигнал напряжения обратной связи  $U_{oc}$ , а устройство сравнения 10 вырабатывает сигнал рассогласования (ошибки)  $\Delta U$ . При этом рабочий орган 1 будет перемещаться до тех пор, пока не займет требуемое положение.

### Заданные параметры элементов САУ (САС)

Заданные параметры элементов САУ (САС) предлагаются в виде таблицы, (например, табл. 7).

Таблица 7

Заданные параметры элементов САС

ЭУ W1		ТУП W2		М W3			ТГ W4	ПГД, П W5,6		ПЛП W7	Первоначальный и конечный радиусы обработки
$T_{ЭУ},$ с	$K_{ЭУ}$	$T_{ТУП},$ с	$K_{ТУП}$	$T_{я},$ с	$T_{м},$ с	$K_{д},$ 1/сВ	$K_{ТГ},$ Вс	$K_{ПГД}$	$V_{РЕЗ},$ мм/с	$K_{ПЛП},$ В/мм	$R_{max} \dots R_{min},$ мм

### Требуемые характеристики

*Требуемые характеристики устойчивости [30, с. 41]:*

1. Запас устойчивости по амплитуде  $h > 0,5$ .
2. Запас устойчивости САС по фазе  $\alpha > 30^\circ$ .
3. Запас устойчивости САС по амплитуде в логарифмических единицах  $h_L > 6$  (Дб);
4. Запас устойчивости САС по фазе в логарифмических единицах:  $\alpha_L > 30^\circ$

*Требуемые характеристики качества переходного процесса [30, с. 54]:*

1. Перерегулирование:  $\sigma = \frac{\Delta y_{max}}{y_{уст}} \cdot 100\% \leq 40\%$
2. Число колебаний управляемой величины в течение времени переходного процесса:  $n < 3$ .
6. Степень затухания переходного процесса:

$$\psi = \frac{(A_1 - A_3)100\%}{A_1} \geq 60\%$$

### **3.1.5 Составление технического задания**

Составление технического задания производится путем заполнения бланка технического задания на проектирование (Приложение 11).

## **3.2. Основные понятия об организации расчётно-аналитической разработки**

### **3.2.1. Основные понятия и определения**

*Теория автоматического управления* – одна из важнейших технических наук общего применения. Она дает теоретическую базу для исследования и практического применения любых автоматизированных систем во всех областях техники.

*Управление* – целенаправленное изменение (поддержание) состояния (параметров) технического объекта в соответствии с имеющимся алгоритмом функционирования.

Объектами управления могут быть различные процессы: технологические, энергетические, транспортные, информационные. Управление объектом достигается путем воздействий, оказываемых на него либо непосредственно человеком, либо автоматическим управляющим устройством (в том числе ЭВМ) по заданной программе, составленной на основании информации о целях и задачах управления.

*Автоматическое управление* – поддержание нормального функционирования управляемого объекта в соответствии с заданным алгоритмом без непосредственного участия человека. Осуществляется с помощью технических средств, обеспечивающих автоматический сбор, хранение, передачу и обработку информации, а также формирование управляющих воздействий на объект управления.

*Автоматизированные системы управления* – совокупность человеческих возможностей и механических средств, обеспечивающих рациональное управление сложным объектом (процессом) в соответствии с заданной целью.

*Автоматизация работы оборудования включает:*

- механизацию тяжелых работ и трудоемких процессов при оснащении агрегатов механизмами, заменяющими ручную работу персонала;
- дистанционное управление, т.е. пуск, останов и управление работой механизмов на расстоянии с пульта, на котором сосредоточены средства управления основными регулирующими органами агрегатов. Дистанционное управление обычно осуществляется электрическим приводом, реже применяются пневматические или гидравлические приводы;
- автоматизацию непрерывно протекающих процессов при нормальной работе оборудования, т.е. замену действий персонала по управлению механизмами работой автоматических регуляторов;

- автоматическое управление по заданной программе (в том числе пуском агрегатов).

*К функциям контроля за состоянием объекта относятся:*

- технологическая защита, автоматически предотвращающая и ликвидирующая нештатные ситуации, возникающие при работе оборудования. Защита осуществляет останов агрегатов или снижение их нагрузки, или производит различные локальные операции, предохраняющие агрегат от поломки;

- блокировка, выполняющая в определенной последовательности ряд операций в случае возникновения начальной команды от устройств технологической защиты или со щита управления – в результате агрегат переводится из одного состояния в другое;

- автоматическое включение резерва – устройств, пускающих в работу резервные элементы, не нарушая нормального протекания технологического процесса, в случае останова по какой-либо причине работающих механизмов.

- технологическая сигнализация, автоматически подающая световой или звуковой сигнал при отклонении от нормы того или иного параметра.

Сигнализация автоматически подает сигнал при срабатывании защиты, блокировки, а также при включении резерва и служит для привлечения внимания дежурного персонала к месту возникновения неисправности.

*Контролем за состоянием объекта управления* называется процесс получения информации о контролируемых параметрах технологического процесса. Основной задачей системы автоматического контроля является измерение параметров объекта управления, и сравнение текущих значений с допустимыми, регистрация значений параметров и их текущих отклонений от заданных, сигнализация при возникновении нештатных ситуаций.

*Закон (алгоритм) управления* – математическое описание способа образования управляющего воздействия.

*Устройство управления* – техническое устройство, обеспечивающее формирование управляющих воздействий на объект управления в соответствии с имеющейся целью управления.

*Объект управления* – любой объект техники, требуемый режим работы которого поддерживается извне специально организованными управляющими воздействиями.

*Воздействие* – любой фактор, приводящий к изменению состояния объекта управления (сила, момент, напряжение и т.д.).

*Принцип разомкнутого управления* – такая организация управления, когда отсутствует связь между выходом объекта управления и управляющим устройством.

*Принцип замкнутого управления* – такая организация управления, когда управляющее устройство связано с выходом объекта управления.

*АС (автоматическая система)* – совокупность объекта управления и управляющего устройства, взаимодействующих между собой для достижения заданной цели управления.

*Передаточная функция АС* – отношение изображения по Лапласу выходной величины АС к входной при нулевых начальных условиях.

*Переходная функция (характеристика) АС* – функция  $h(t)$  (ее графическое представление), определяющая реакцию системы на единичное ступенчатое воздействие  $1(t)$  при нулевых начальных условиях.

*Частота среза* – частота колебаний входного гармонического сигнала, при которой АЧХ системы равна единице (точка перехода ЛЧХ через ось частот).

*Типовые динамические звенья* – элементарные звенья, описываемые обыкновенными линейными алгебраическими или дифференциальными уравнениями связи не выше второго порядка с положительными постоянными коэффициентами.

Для построения частотных, временных и др. характеристик САУ, а также для их исследования используют различные пакеты прикладных программ, например Excel, SamSim, позволяющих реализовать модель системы на ПЭВМ.

*Структурная схема* системы автоматического управления составляется в соответствии с заданной технологической или конструктивной схемой, описанием ее назначения и принципа действия. При этом должны быть учтены рабочие процессы, протекающие в системе.

*Модель САУ* – математическое (графическое) представление системы и протекающих в ней процессов.

*Модель* системы автоматического управления составляется в соответствии с заданной технологической или конструктивной схемой, описанием ее назначения и принципа действия и разработанной структурной схемой САУ. В модели САУ поэлементно указываются математические преобразования сигналов в виде передаточных функций звеньев. При составлении модели САУ необходимо согласовать размерности входных и выходных координат соединяемых элементов.

### **3.2.2. Составление структурных схем и моделей типовых САУ (САС)**

**Структурные схемы** систем автоматического управления и систем автоматической стабилизации составляем в соответствии с технологической схемой, описанием ее назначения и принципа действия. При этом должны быть учтены рабочие процессы, протекающие в системе.

**Модели САУ (САС)** составляем в соответствии с технологической схемой, описанием ее назначения и принципа действия и разработанной структурной схемой САУ.

*Структурную схему системы автоматической стабилизации мощности привода главного движения при точении* (рис. 15) составляем в соответствии с заданной технологической схемой, описанием ее назначения и принципа действия. При

этом должны быть учтены рабочие процессы, протекающие в системе. Для учета снижения мощности в механической части вводим звено МП (механическая часть ПГД), а для учета изменений мощности в результате процесса резания (ПР) и деформаций упругой системы станка (УСС) используем местную обратную связь. Таким образом, преобразователь мощности ( $\Pi_N$ ), установленный на валу электродвигателя, будет регистрировать мощность с учетом ее изменений  $\Delta N$  для дальнейшей стабилизации в САС.

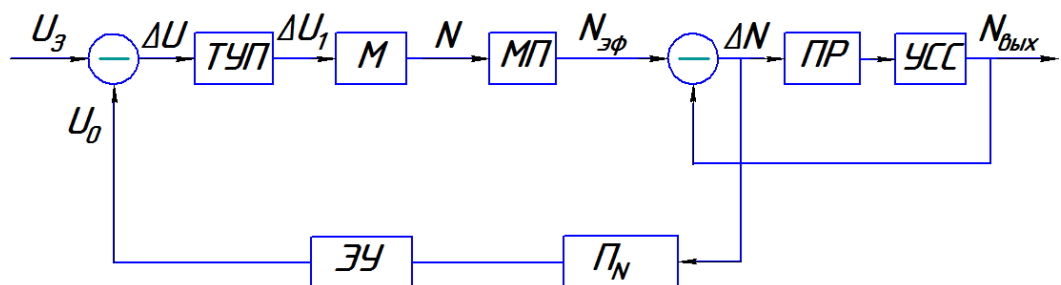


Рис. 15. Структурная схема системы автоматической стабилизации мощности при точении: ТУП – тиристорный усилитель-преобразователь; М – электродвигатель постоянного тока привода подачи; МП – механическая часть ПГД (привода главного движения); ПР – процесс резания; УСС – упругая система станка;  $\Pi_N$  – преобразователь мощности; ЭУ – электронный усилитель.

**Модель** системы автоматической стабилизации мощности (рис. 16) составляем в соответствии с технологической схемой, описанием ее назначения и принципа действия и разработанной структурной схемой САС. В модели САС поэлементно указываются математические преобразования сигналов в виде передаточных функций звеньев. При составлении модели САС необходимо согласовать размерности входных и выходных координат соединяемых элементов.

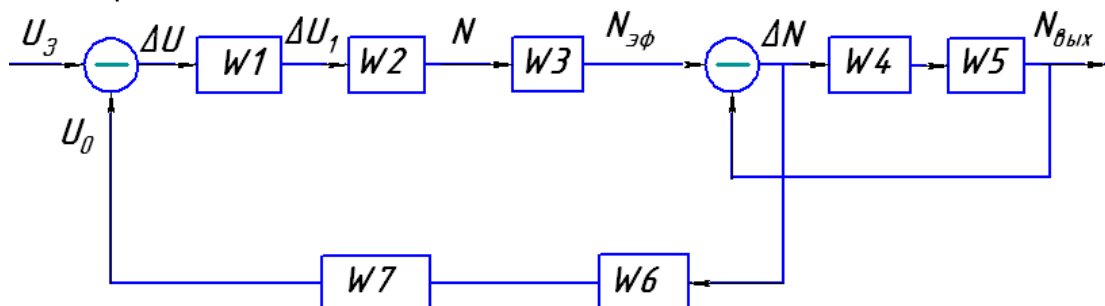


Рис. 16. Модель САС: W1 (ТУП – тиристорный усилитель-преобразователь); W2 (М – электродвигатель постоянного тока ПГД); W3 (МП – механическая часть ПГД); W4 (ПР – процесс резания); W5 (УСС – упругая система станка); W6 ( $\Pi_N$  – преобразователь мощности); W7 (ЭУ – электронный усилитель)

Структурную схему системы автоматической стабилизации крутящего момента привода главного движения при точении (рис. 17) составляем в соответствии с заданной технологической схемой, описанием ее назначения и принципа дей-

ствия. При этом должны быть учтены рабочие процессы, протекающие в системе. Для учета снижения крутящего момента в механической части вводим звено МП (механическая часть ПГД), а для учета изменений крутящего момента в результате процесса резания (ПР) и деформаций упругой системы станка (УСС) используем местную обратную связь. Таким образом, преобразователь крутящего момента ( $\Pi_{\text{Мкр}}$ ), установленный на валу электродвигателя, будет регистрировать крутящий момент с учетом его изменений  $\Delta M_{\text{кр}}$  для дальнейшей стабилизации в САС (рис. 17).

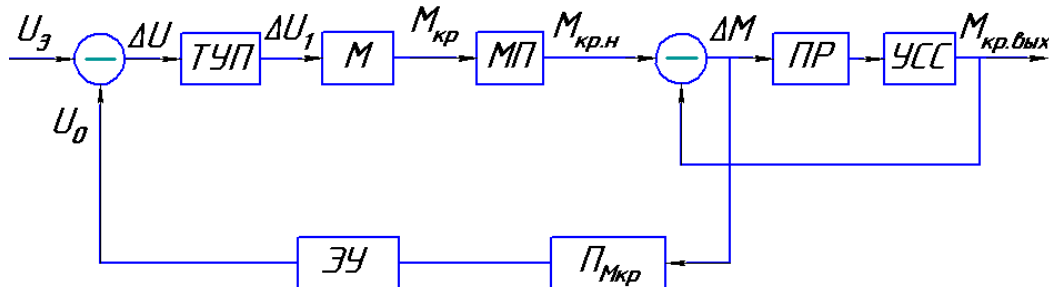


Рис. 17. Структурная схема системы автоматической стабилизации крутящего момента при точении: ТУП – тиристорный усилитель-преобразователь; М – электродвигатель постоянного тока привода подач; МП – механическая часть ПГД (привода главного движения); ПР – процесс резания; УСС – упругая система станка;  $\Pi_{\text{Мкр}}$  – преобразователь крутящего момента; ЭУ – электронный усилитель.

**Модель** системы автоматической стабилизации крутящего момента (рис. 18) составляем в соответствии с технологической схемой, описанием ее назначения и принципа действия и разработанной структурной схемой САС.

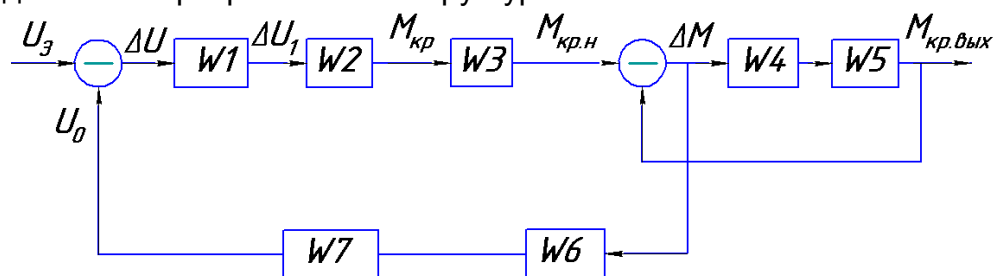


Рис. 18. Модель САС: W1 (ТУП – тиристорный усилитель-преобразователь); W2 (М – электродвигатель постоянного тока ПГД); W3 (МП – механическая часть ПГД); W4 (ПР – процесс резания); W5 (УСС – упругая система станка); W6 ( $\Pi_{\text{Мкр}}$  – преобразователь крутящего момента); W7 (ЭУ – электронный усилитель)

*Структурную схему системы автоматического управления скоростью резания на шлифовальном станке, независимую от величины износа шлифовального круга, составляем в соответствии с заданной технологической схемой, описанием ее назначения и принципа действия. При этом должны быть учтены рабочие процессы, протекающие в системе.*

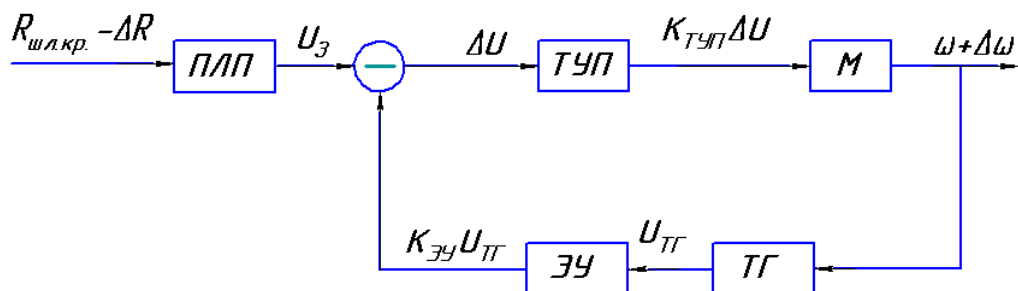


Рис. 19. Структурная схема системы автоматического управления скоростью резания независимо от величины износа шлифовального круга: ПЛП – преобразователь линейного перемещения; ТУП – тиристорный усилитель-преобразователь; М – электродвигатель постоянного тока; ТГ – тахогенератор; ЭУ – электронный усилитель.

**Модель** системы автоматического управления скоростью резания независимо от величины износа шлифовального круга (рис. 20) составляем в соответствии с технологической схемой, описанием ее назначения и принципа действия и разработанной структурной схемой САУ.

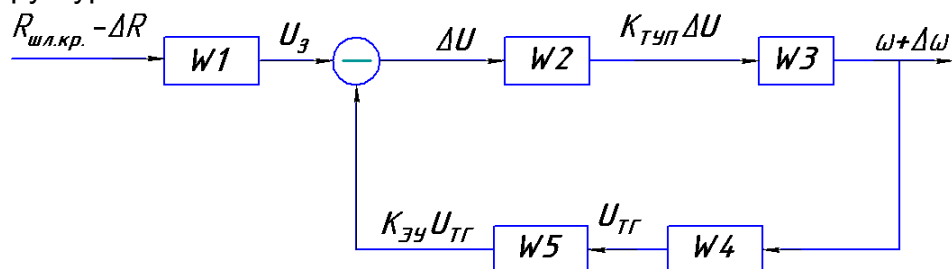


Рис. 20. Модель САУ: W1 (ПЛП – преобразователь линейного перемещения); W2 (ТУП – тиристорный усилитель-преобразователь); W3 (М – электродвигатель постоянного тока); W4 (ТГ – тахогенератор); W5 (ЭУ – электронный усилитель)

Структурную схему системы автоматической стабилизации скорости резания при обработке конических поверхностей составляем в соответствии с заданной технологической схемой, описания ее назначения и принципа действия. При этом должны быть учтены рабочие процессы, протекающие в системе.

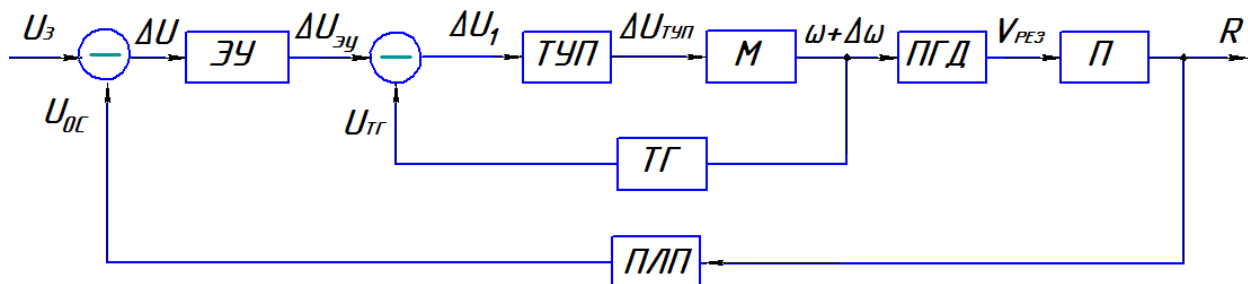


Рис. 21. Структурная схема системы автоматической стабилизации скорости резания при обработке конических поверхностей: ЭУ – электронный усилитель.



тель; ТУП – тиристорный усилитель-преобразователь; М – регулируемый электродвигатель; ТГ – тахогенератор; ПГД – привод главного движения; П – преобразователь изменяющегося значения радиуса  $rR$ ; ПЛП – преобразователь линейного перемещения в электрический сигнал

**Модель** системы автоматического стабилизации скорости резания при обработке конических поверхностей (рис. 22) составляем в соответствии с технологической схемой, описанием ее назначения и принципа действия и разработанной функциональной схемой САС.

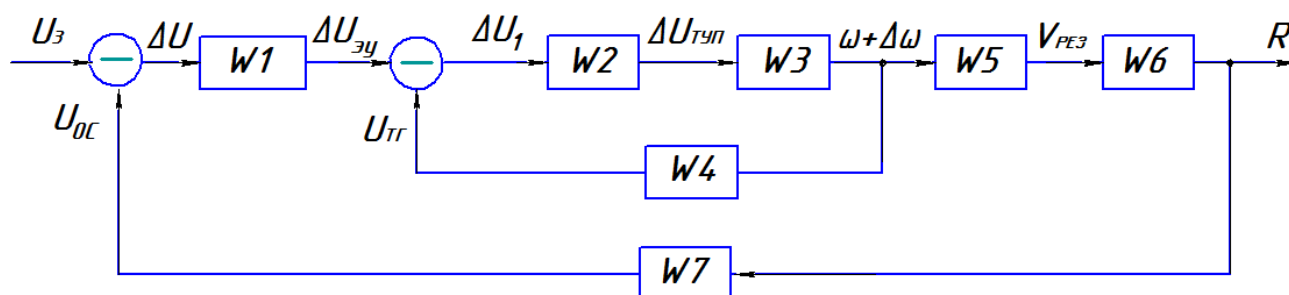


Рис. 22. Модель системы автоматической стабилизации скорости резания при обработке конических поверхностей: W1 (ЭУ – электронный усилитель); W2 (ТУП – тиристорный усилитель-преобразователь); W3 (М – регулируемый электродвигатель); W4 (ТГ – тахогенератор); W5 (ПГД – привод главного движения); W6 (П – преобразователь изменяющегося значения радиуса  $rR$ ); W7 (ПЛП – преобразователь линейного перемещения в электрический сигнал)

Структурную схему системы автоматического управления выдвиганием руки робота (рис. 23) составляем в соответствии с заданной технологической схемой, описания ее назначения и принципа действия. При этом должны быть учтены рабочие процессы, протекающие в системе.

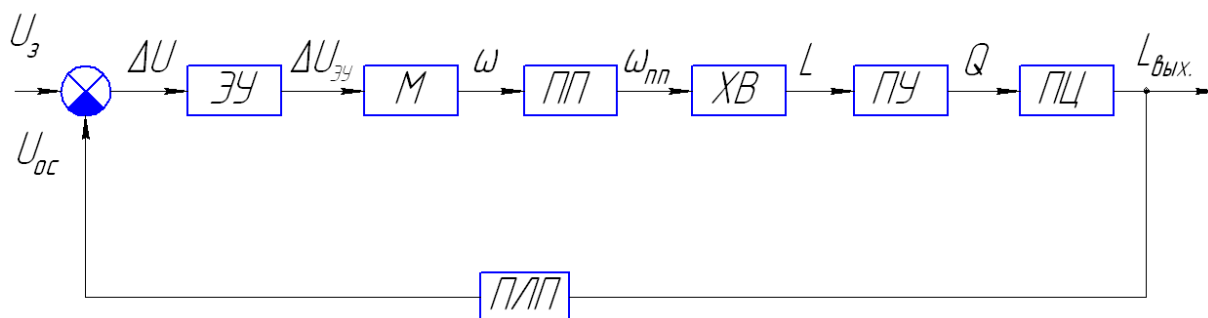


Рис. 23. Структурная схема системы автоматического управления выдвиганием руки робота: ЭУ – электронный усилитель; М – электродвигатель постоянного тока; ПП – привод подачи; ХВ – ходовой винт; ПУ – пневмоусилитель золотникового типа; ПЦ – пневмоцилиндр; ПЛП – преобразователь линейного перемещения

**Модель** системы автоматического управления выдвиганием руки робота (рис. 24) составляем в соответствии с технологической схемой, описанием ее назначения и

принципа действия и разработанной структурной схемой САУ.

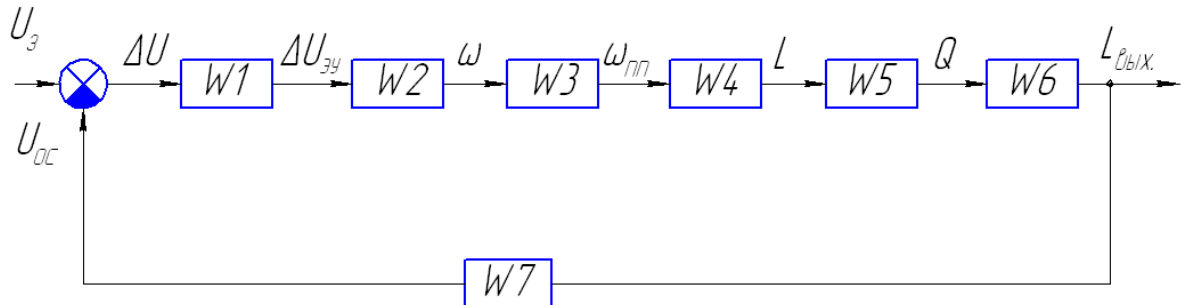


Рис. 24. Модель САУ: W1 (ЭУ – электронный усилитель); W2 (М – электродвигатель постоянного тока); W3 (ПП – привод подачи); W4 (ХВ – ходовой винт); W5 (ПУ – пневмоусилитель золотникового типа); W6 (ПЦ – пневмоцилиндр); W7 (ПЛП – преобразователь линейного перемещения)

В модели поэлементно указываются математические преобразования сигналов в виде передаточных функций звеньев. При составлении модели САУ необходимо согласовать размерности входных и выходных координат соединяемых элементов

### 3.2.3. Передаточные звенья, описываемые ими дифференциальные уравнения и передаточные функции элементов САУ (САС)

*Передаточная функция САУ* это – отношение изображения по Лапласу выходной величины АС к входной при нулевых начальных условиях. Таким образом, передаточная функция звена или системы – это отношения изображения выходной величины к изображению входной величины, то есть  $W(p) = \frac{y(t)}{x(t)}$ , что значительно упрощает решение дифференциальных уравнений. При этом от обычной записи дифференциального уравнения переходят к операторной форме записи, причем

$\frac{d}{dt} = p$ ,  $\frac{d^2}{dt^2} = p^2$  и так далее по степеням,  $\int dt = \frac{1}{p}$ .

Передаточные звенья, описываемые ими дифференциальные уравнения и передаточные функции элементов САУ (САС) представлены в табл. 8.

Таблица 8

Передаточные звенья САС, описываемые ими дифференциальные уравнения и передаточные функции элементов САУ

Передаточное звено	Дифференциальные уравнения и передаточные функции звеньев	Передаточные функции элементов САУ
ЭУ (W1)	$T_{ЭУ} \cdot \frac{dU_{ВЫХ}}{dt} + U_{ВЫХ} = K_{ЭУ} \cdot U_{ВХ}$	$W1 = \frac{K_{ЭУ}}{T_{ЭУ} \cdot p + 1}$
ТУП (W2)	$T_{ТУП} \cdot \frac{dU_{ВЫХ}}{dt} + U_{ВЫХ} = K_{ТП} U_{ВХ}$	$W2 = \frac{K_{ТП}}{T_{ТП} p + 1};$
М (W3)	$T_{Я} \cdot T_{М} \cdot \frac{d^2 \omega}{dt^2} + T_{М} \frac{d\omega}{dt} + \omega = K_{Д} \cdot U_{Д}$	$W3 = \frac{K_{Д}}{T_{Я} \cdot T_{М} \cdot p^2 + T_{М} \cdot p + 1}$
ТГ (W4)	$U_{ВЫХ} = K_{ТГ} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$	$W4 = K_{ТГ}$
ПГД (W5)	–	$W5 = \frac{V_{РЕЗ}}{\omega_{ВХ}} = \frac{K_{ПГД} \omega_{ВХ} R}{\omega_{ВХ}} = K_{ПГД} R$
П (W6)	–	$W6 = R / V_{РЕЗ}$
ПЛП (W7)	$U_{ВЫХ} = K_{ПЛП} \cdot S_{ВХ}$	$W7 = K_{ПЛП}$
ПП (W8)	–	$W8 = K_{ПП}$
ХВ (W9)	–	$W9 = t_{ХВ} / 2\pi$
ПУ (W10)	$T_{ПУ} \cdot \frac{dQ}{dt} + Q = K_{ПУ} \cdot H$	$W10 = \frac{K_{ПУ}}{T_{ПУ} p + 1}$
МП (W11)	$M_{ВЫХ} = K_{МП} \cdot M_{ВХ}$	$W11 = K_{МП}$
ПР (W12)	–	$W12 = K_{РЕЗ} / (T_p \cdot p + 1)$
УСС (W13)	$\frac{1}{\omega_0^2} \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{2\xi}{\omega_0} \cdot \frac{dy}{dt} + y = \frac{1}{C} \cdot P_{ВХ}$	$W13 = \frac{1}{C \left( \frac{p^2}{\omega_0^2} + \frac{2p\xi}{\omega_0} + 1 \right)}$
П <sub>Мкр</sub> (W14)	$U_{ВЫХ} = K_{ПМкр} \cdot M_{ВХ}$	$W14 = \frac{U_{ВЫХ}}{M_{ВХ}} = K_{ПМкр}$
П <sub>N</sub> (W15)	$U_{ВЫХ} = K_{ПN} \cdot N_{ВХ}$	$W15 = \frac{U_{ВЫХ}}{N_{ВХ}} = K_{ПN}$

### 3.2.4. Вывод передаточных функций всех элементов САУ (САС). Вывод передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем

Вывод передаточных функций элементов осуществляем путем подстановки заданных индивидуальных параметров элементов в соответствующие передаточные функции.

## Вывод передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем

Любая автоматическая система состоит из отдельных связанных между собой элементов: воспринимающих, задающих, сравнивающих, преобразующих, исполнительных и корректирующих.

*Воспринимающие элементы* (датчики) измеряют физические параметры объекта и преобразуют их в электрический сигнал.

*Задающие элементы* или задатчики служат для задания требуемого значения регулируемого параметра.

*Сравнивающие элементы* сопоставляют заданное значение управляемой величины с действительным значением параметра объекта регулирования.

Полученный на выходе сравнивающего устройства сигнал рассогласования передается через *усилитель на исполнительный механизм*, который, в свою очередь, управляет регулирующим органом. Этот орган управляет состоянием объекта. Исполнительный механизм и регулирующий орган изменяют количество энергии (вещества), подводимой к объекту или отводимой от объекта.

*Корректирующие элементы* служат для улучшения качества процесса управления. Эти элементы могут устанавливаться как после усилителя, так и после датчика.

Для определения передаточных свойств систем автоматического управления их структурные схемы из отдельных связанных между собой элементов преобразуют к эквивалентному расчетному виду, позволяющему получать передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем. Так на рис. 25 показан общий вид преобразованной одноконтурной замкнутой САУ. Преобразования структурных схем выполняются в соответствии с определенными правилами эквивалентных преобразований (Приложение 12).

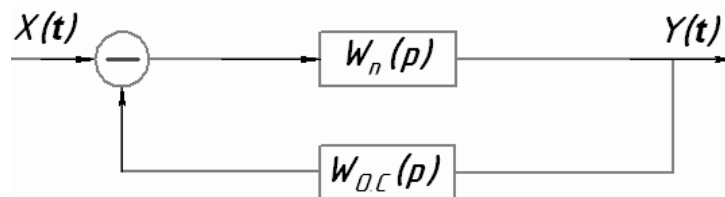


Рис. 25. Общий вид одноконтурной замкнутой САУ

Передаточная функция разомкнутой системы  $W_{\text{RAZ}}(p)$  определяется по правилу последовательного соединения звена  $W_n(p)$  и звена  $W_{\text{o.c.}}(p)$ . Таким образом:

$$W_{\text{RAZ}}(p) = W_n(p) \cdot W_{\text{o.c.}}(p) \quad (4)$$

Разомкнутая система автоматического управления для рис. 26 будет выглядеть следующим образом:

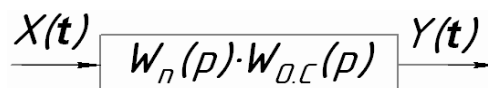


Рис. 26. Разомкнутая система автоматического управления

Передаточная функция замкнутой системы автоматического регулирования  $W_{ZAM}(p)$  определяется по правилу встречно-параллельного соединения звеньев.

Передаточная функция замкнутой системы  $W_{ZAM}(p)$  автоматического регулирования с отрицательной обратной связью имеет следующий вид (правило 4, приложение 12):

$$W_{ZAM}(p) = \frac{Y(t)}{X(t)} = \frac{W_n(p)}{1 + W_n(p) \cdot W_{O.C}(p)} = \frac{W_n}{1 + W_{RAZ}} \quad (5)$$

Если САУ имеет положительную обратную связь, то передаточная функция замкнутой системы  $W_{ZAM}(p)$  автоматического регулирования примет следующий вид (правило 5):

$$W_{ZAM}(p) = \frac{Y(t)}{X(t)} = \frac{W_n(p)}{1 - W_n(p) \cdot W_{O.C}(p)} = \frac{W_n}{1 - W_{RAZ}} \quad (6)$$

Если в цепи отрицательной обратной связи САУ отсутствует элемент  $W_{O.C}(p)$ , то передаточная функция замкнутой системы  $W_{ZAM}(p)$  автоматического регулирования примет следующий вид (правило 6):

$$W_{ZAM}(p) = \frac{Y(t)}{X(t)} = \frac{W_n(p)}{1 + W_n(p)} \quad (7)$$

Если в цепи положительной обратной связи САУ отсутствует элемент  $W_{O.C}(p)$ , то передаточная функция замкнутой системы  $W_{ZAM}(p)$  автоматического регулирования примет следующий вид (правило 7):

$$W_{ZAM}(p) = \frac{Y(t)}{X(t)} = \frac{W_n(p)}{1 - W_n(p)} \quad (8)$$

### 3.2.5. Моделирование частотных характеристик САУ (САС)

#### **Частотные характеристики САУ**

В САУ наиболее часто используют следующие частотные характеристики:

- амплитудно-частотная характеристика (АЧХ);
- фазо-частотная характеристика (ФЧХ);
- амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ);
- логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ);
- логарифмическая фазо-частотная характеристика (ЛФЧХ);

**Амплитудная частотная характеристика (АЧХ)** – зависимость отношения амплитуд выходного и входного сигналов от частоты:  $A(\omega) = A_{\text{вых}}(\omega)/A_{\text{вх}}(\omega)$

АЧХ показывает, как элемент пропускает сигналы различной частоты. Пример АЧХ приведен на рис. 27.

**Фазовая частотная характеристика ФЧХ** – зависимость фазового сдвига между входным и выходным сигналами от частоты.

ФЧХ показывает, какое отставание или опережение выходного сигнала по фазе создает элемент при различных частотах. Пример ФЧХ приведен на рис. 28.

Амплитудную и фазовую характеристики можно объединить в одну общую – **амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФЧХ)**. АФЧХ представляет собой функцию комплексного переменного  $j\omega$  (рис. 29).

$$W(j\omega) = A(\omega) e^{j\varphi(\omega)} \quad (\text{показательная форма}),$$

где  $A(\omega)$  – модуль функции;  $\varphi(\omega)$  – аргумент функции.

Связь АЧХ и ФЧХ с АФЧХ показана на рис. 27-30.

Частотные характеристики, построенные в логарифмической системе координат называют **логарифмическими**: логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ) и логарифмическая фазо-частотная характеристика (ЛФЧХ).

Для удобства нахождения *запасов устойчивости по амплитуде и фазе* ( $\gamma_L$  и  $\alpha_L$ ) ЛАЧХ и ЛФЧХ обычно изображают совмещенными. Пример совмещенных логарифмических характеристик ЛАЧХ и ЛФЧХ показан на рис. 30

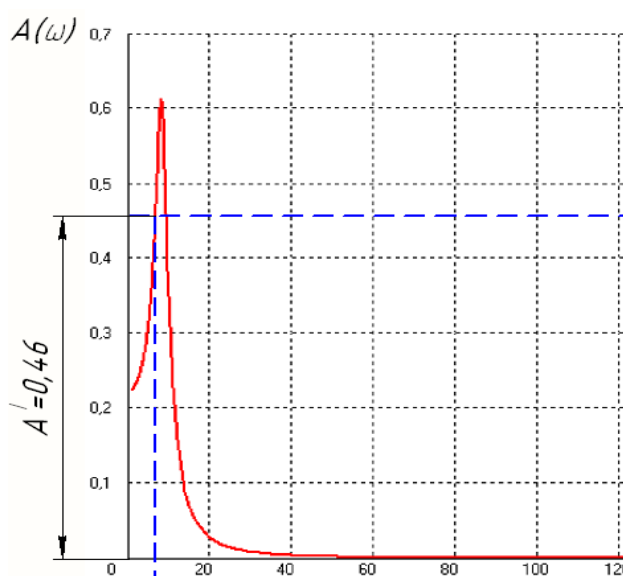


Рис. 27. Пример амплитудной частотной характеристики (АЧХ) и связь ее с АФЧХ

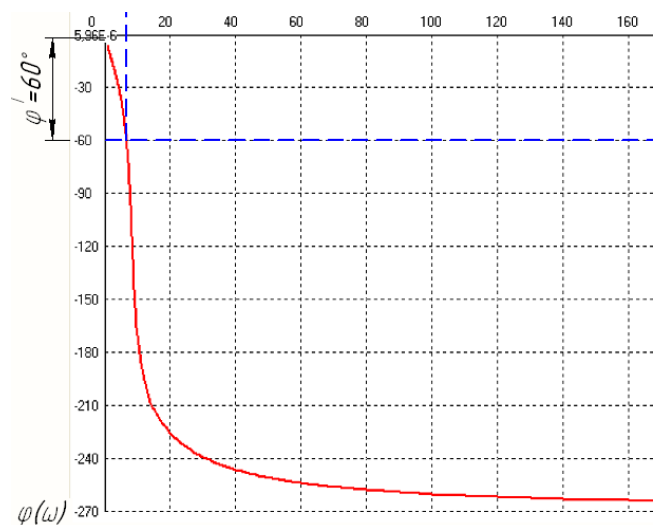


Рис. 28. Пример фазовой частотной характеристики (ФЧХ) и связь ее с АФЧХ

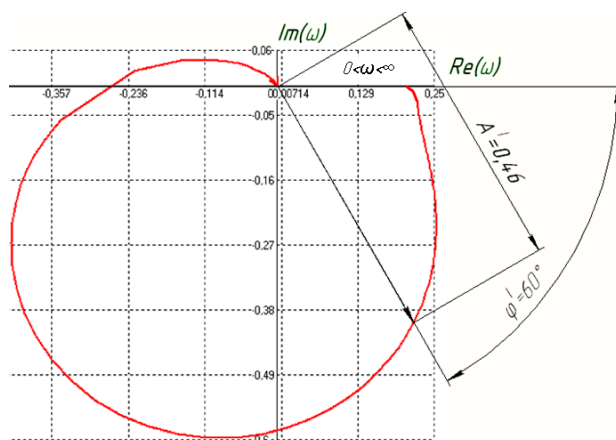


Рис. 29. Пример амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) и связь ее с АЧХ и ФЧХ

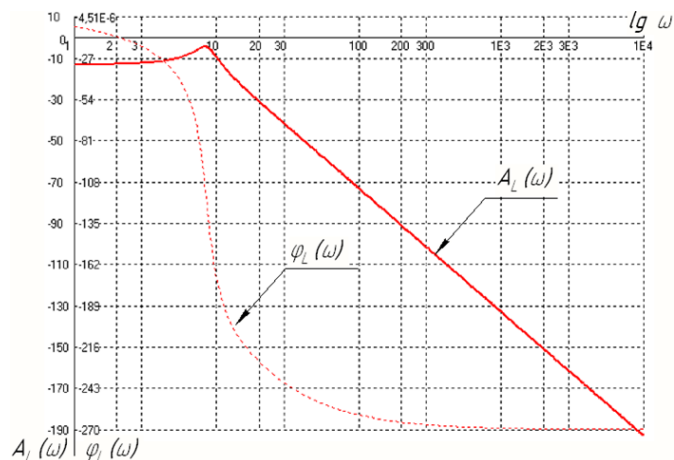


Рис. 30. Пример совмещенных логарифмических характеристик ЛАЧХ и ЛФЧХ

### 3.2.6. Моделирование характеристик устойчивости САУ (САС)

#### Устойчивость системы

Для исследования устойчивости объекта используются обычно косвенные методы:

- частотный и
- алгебраический

Количественная оценка устойчивости систем производится с помощью показателей, характеризующих запас устойчивости. Запас устойчивости – это количественная характеристика степени удаления системы от границы устойчивости.

Обеспечение запаса устойчивости необходимо по следующим причинам:

- при составлении уравнений связи отдельных элементов учитываются только главные факторы, а второстепенные отбрасываются;
- линеаризация нелинейных уравнений приводит к их еще большей приближенности;
- конструктивные параметры элементов, входящие в коэффициенты уравнений, определяются с некоторой погрешностью;
- при эксплуатации систем возможны изменения параметров элементов вследствие температурных колебаний, старения, вибраций, нестабильности и т.д.

Наличие определенного запаса устойчивости гарантирует сохранение устойчивости системы при изменении ее параметров в определенных пределах.

Чем больше запас устойчивости, тем меньше вероятность того, что система в процессе эксплуатации станет неустойчивой. Запас устойчивости необходим еще и потому, что он определяет характер переходных процессов в системах. Наличие

определенного запаса устойчивости обеспечивает работу реальной системы в области устойчивости с требуемым качеством переходного процесса.

Различаются следующие основные показатели запаса устойчивости:

- запас устойчивости по амплитуде;
- запас устойчивости по фазе

Формулировки показателей устойчивости:

*Устойчивость АС* – свойство системы обеспечить сколь угодно малое отклонение возмущенного движения при достаточно малых начальных возмущениях за конечный отрезок времени.

*Критерии устойчивости АС* – математически сформулированные правила, позволяющие исследовать устойчивость системы без вычисления корней характеристического уравнения.

*Характеристическое уравнение системы* – уравнение, получаемое приравнением к нулю числителя или знаменателя передаточной функции системы. Соответственно, получается характеристическое уравнение разомкнутой и замкнутой систем.

### **Определение устойчивости САУ по критерию Найквиста**

По амплитудно-фазовой частотной характеристике (АФЧХ) разомкнутой системы определяют устойчивость замкнутой системы и запас устойчивости по амплитуде и фазе, используя **критерий Найквиста**.

Критерий **Найквиста** позволяет оценивать устойчивость замкнутой системы по амплитудно-фазовой частотной характеристике разомкнутой системы. На рис. 31 показаны АФЧХ систем с различной устойчивостью.

Формулировка критерия Найквиста:

*если система устойчива в разомкнутом состоянии, то для устойчивости соответствующей замкнутой системы необходимо и достаточно, чтобы амплитудно-фазовая частотная характеристика разомкнутой системы для частот  $0 \leq \omega \leq \infty$  не охватывала на комплексной плоскости точку с координатами  $(-1; j 0)$ .*

### **Количественные оценки устойчивости САУ по АФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ**

К количественным оценкам устойчивости САУ относятся значения *запасов устойчивости по амплитуде и фазе*.

Для ЛАЧХ запас устойчивости по амплитуде:

$$h_L = 20 \lg \frac{1}{1-h} > 6 \text{ (дБ)} \quad (9)$$

Определим допустимое значение запаса устойчивости по амплитуде для АФЧХ –  $h$ .

$$20 \lg \frac{1}{1-h} > 6; \quad \lg \frac{1}{1-h} > 0,3; \quad \frac{1}{1-h} < 10^{0,3}; \quad \frac{1}{1-h} < 2; \quad 1-h < 0,5; \quad h > 0,5$$

Для ЛФЧХ запас устойчивости по фазе:

$$\alpha_L > 30^\circ$$

Для АФЧХ:

- запас устойчивости по амплитуде:  $h > 0,5$ ;



- запас устойчивости по фазе:  $\alpha > 30^\circ$

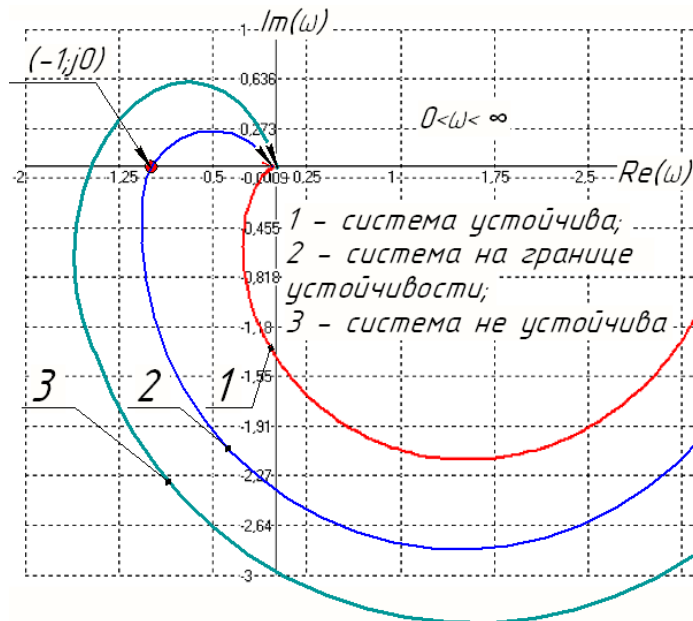


Рис. 31. АФЧХ систем с различной устойчивостью

**Определение запасов устойчивости по амплитуде АФЧХ ( $h$ ), ЛАЧХ ( $h_L$ ) и по фазе АФЧХ ( $\alpha$ ), ЛФЧХ ( $\alpha_L$ )**

Возможный вид АФЧХ и определение запасов устойчивости по амплитуде ( $h$ ) и фазе ( $\alpha$ ) показан на рис. 32а. Возможный вид ЛАЧХ и ЛФЧХ и определение запасов устойчивости по амплитуде  $h_L$  и по фазе  $\alpha_L$  показан на рис. 32б.

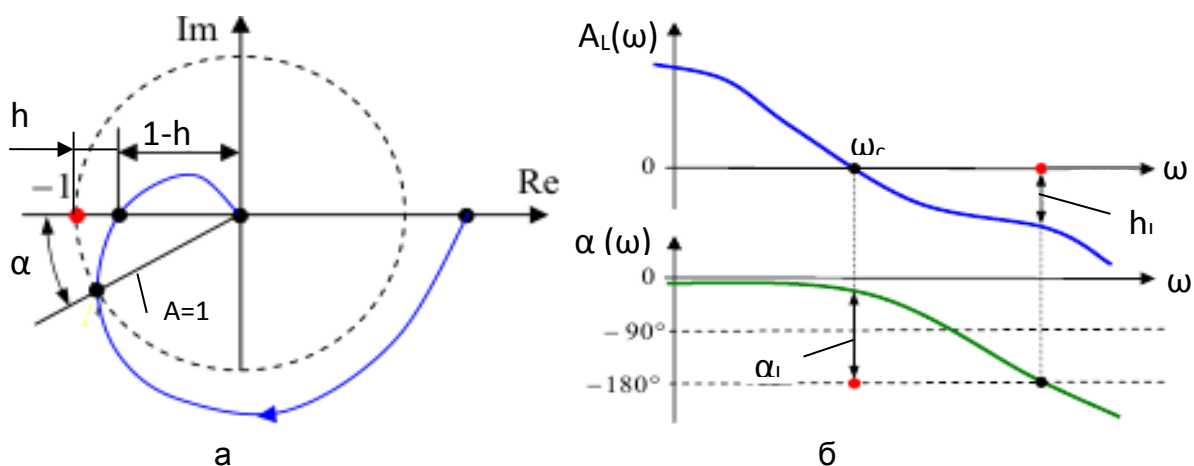


Рис. 32. Возможный вид АФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ и определение запасов устойчивости по амплитуде  $h$ ,  $h_L$  и по фазе  $\alpha$ ,  $\alpha_L$

Запас устойчивости системы по амплитуде  $h$  и фазе  $\alpha$  (рис. 32а) можно определить по удаленности амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) от критической точки с координатами  $(-1, j 0)$ .

Запасы устойчивости по амплитуде  $h_L$  и по фазе  $\alpha_L$  можно определить по логарифмическим частотным характеристикам (рис. 32б).

$\omega_c$  – частота среза, при которой  $A = 1$  (рис. 32а);

Запас по амплитуде ( $h_L$ ) вычисляется по формуле:

$$h_L = 20 \lg \frac{1}{1-h},$$

где  $0 < 1-h < 1$  (дробные положительные величины) – значение амплитудной характеристики на частоте, где фазовая характеристика равна  $-180^\circ$ .

Для получения требуемого запаса устойчивости, если  $1-h$  являются дробными положительными величинами, следует выполнить условие  $0 < 1-h < 0,5$

Если  $1-h \leq 0$  (величины, равные нулю и отрицательные величины), то система устойчива и запас устойчивости следует определять по удаленности амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) от критической точки с координатами  $(-1, j0)$ , т.е. по значению  $h$ .

Если  $1-h > 1$ , то система не устойчива.

Если  $1-h = 1$ , то система находится на грани устойчивости, т.е. отсутствует требуемый запас устойчивости.

Запас по фазе может быть равен бесконечности, если амплитудная характеристика (рис. 32б) не пересекает линию 0.

Пример определения запасов устойчивости по АФЧХ ( $h$  и  $\alpha$ ) показаны на рис.33.

Пример определения запасов устойчивости по ЛАЧХ и ЛФЧХ ( $h_L$  и  $\alpha_L$ ) показаны на рис. 34.

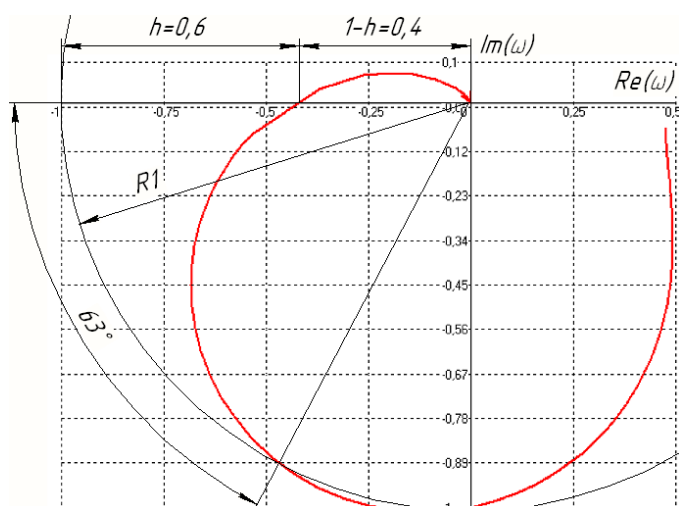


Рис. 33. АФЧХ. Пример определения запасов устойчивости по амплитуде ( $h$ ) и фазе ( $\alpha$ )

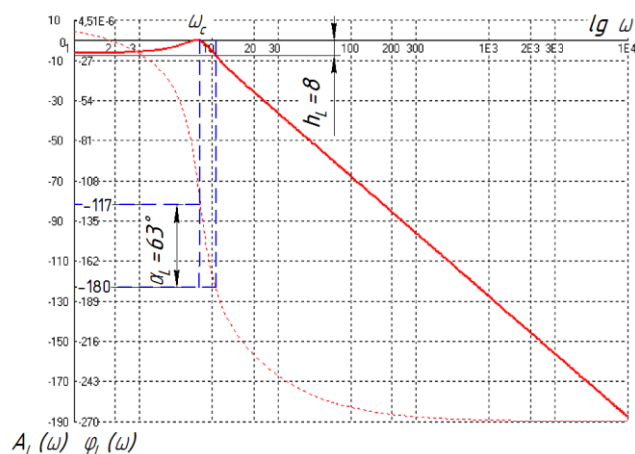


Рис. 34. ЛАЧХ и ЛФЧХ ( $h_L$  и  $\alpha_L$ ). Пример определения запасов устойчивости по амплитуде ( $h_L$ ) и фазе ( $\alpha_L$ )

В соответствии с данными для проектирования САУ используя программу «SamSim» строим АФЧХ и графическим путем, например, с помощью графического редактора «Компас 3D» определяем запасы устойчивости по амплитуде ( $h$ ) и фазе ( $\alpha$ ).

$$h=0,6 > 0,5$$

$$\alpha=63^\circ > 30^\circ$$

Что удовлетворяет требуемым количественным характеристикам запасов устойчивости по амплитуде  $h$  и фазе  $\alpha$ .

В соответствии с данными для проектирования САУ используя программу «SamSim» строим совмещенные ЛАЧХ и ЛФЧХ. Графическим путем определяем запас устойчивости по фазе ( $\alpha_L$ ).

$$\alpha_L = 63^\circ > 30^\circ$$

Запас устойчивости по амплитуде  $h_L$ :

$$h_L = 20 \lg \frac{1}{1-h} = 20 \cdot \lg \frac{1}{0,4} = 7,96 > 6 \text{ (дБ)}$$

Что удовлетворяет требуемым количественным характеристикам запасов устойчивости по амплитуде  $h_L$  и фазе  $\alpha_L$ .

### Графо-аналитический критерий (критерий Михайлова)

Для устойчивости САУ необходимо и достаточно, чтобы кривая (годограф) Михайлова, начинаясь при  $\omega=0$  на вещественной положительной полуоси и с ростом частоты  $\omega$  от 0 до  $\infty$  обходила последовательно в положительном направлении (против часовой стрелки)  $n$  квадрантов комплексной плоскости, где  $n$  - степень характеристического уравнения (рис. 35).

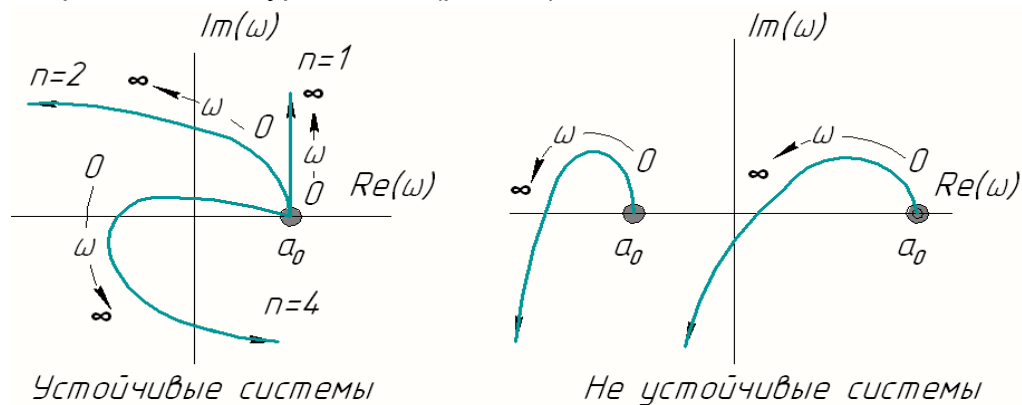


Рис. 35. Вид годографов Михайлова для различных систем

**Пример.**

Оценим устойчивость САУ с характеристическим полиномом:

$$D(p) = 0,009p^3 + 0,15p^2 + p + 9,23$$

по критерию Михайлова

Решаем полином в системе SamSim путем графического построения.

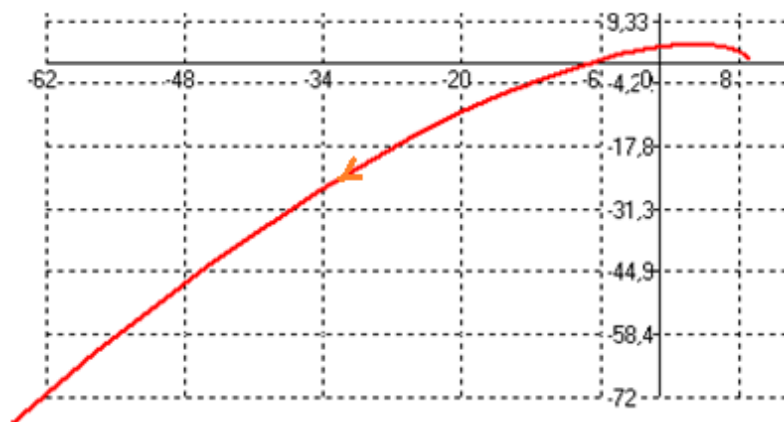


Рис. 36. Годограф Михайлова для САУ с характеристическим полиномом:  
 $D(p) = 0,009p^3 + 0,15p^2 + p + 9,23$

Годограф Михайлова начинается при  $\omega=0$  на вещественной положительной полуоси и с ростом частоты  $\omega$  от 0 до  $\infty$  обходит последовательно в положительном направлении (против часовой стрелки) 3 квадранта комплексной плоскости, где 3 - степень характеристического уравнения.

Следовательно, система устойчива.

### 3.2.7. Моделирование параметров качества процесса управления

#### **Параметры качества процесса управления**

Устойчивость является необходимым, но недостаточным условием технической пригодности системы. Система может быть устойчивой, т. е. ее переходный процесс носит затухающий характер, но время затухания настолько велико или ошибка в установившемся режиме настолько большая, что практически данная система не может быть использована. Поэтому система должна быть не только устойчивой, но и иметь определенный переходный процесс, ошибки которого в установившихся режимах не должны превышать допустимых.

Характер переходного процесса линейной системы в отличие от устойчивости зависит не только от параметров системы, но и от вида задающего воздействия и начальных условий. Чтобы сравнивать системы по характеру переходного процесса,

$$Y_1(t) = 1(t)$$



Рис. 37. Единичное ступенчатое воздействие

из возможных воздействий выбирают типовые или наиболее неблагоприятные и определяют кривую переходного процесса при нулевых начальных условиях.

Для большинства систем типовым и наиболее неблагоприятным является воздействие вида единичной ступенчатой функции  $Y_1(t)=1(t)$  (рис. 37). Реакция системы на единичное ступенчатое воз-

действие при нулевых начальных условиях называется *переходной функцией системы*.

Показателями качества функционирования САУ называют количественные величины, характеризующие поведение системы в переходном процессе при поступлении на ее вход единичного ступенчатого воздействия.

Из прямых показателей качества переходного процесса наиболее часто используют следующие величины (рис. 38):

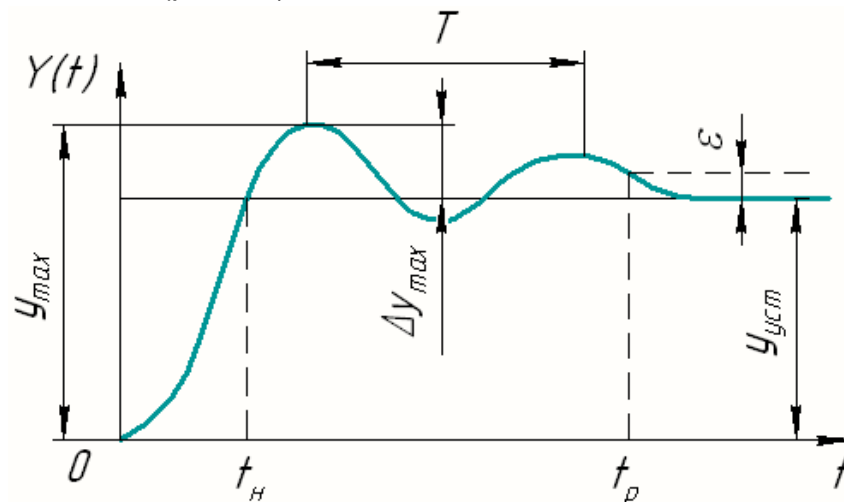


Рис. 38. Качественные показатели переходного процесса

1. Время регулирования  $t_p$ , в течение которого, начиная с момента приложения воздействия на систему, отклонения управляемой величины  $\Delta y$  от ее установившегося значения  $y_{уст}$  будут больше наперед заданной величины  $\varepsilon$  (оценка быстродействия системы). Обычно принимают, что по истечении времени отклонение управляемой величины от установившегося значения должно быть не более  $\varepsilon = 5\%$ , т.е.  $\varepsilon = 0,05 \cdot y_{уст}$ .

2. Перерегулирование  $\sigma$  – максимальное отклонение управляемой величины от установившегося значения, выраженное в процентах от  $y_{уст}$  (характеризует колебательность переходного процесса). Абсолютное значение  $\Delta y_{max} = y_{max} - y_{уст}$ , соответ-

ственно перерегулирование: 
$$\sigma = \frac{\Delta y_{max}}{y_{уст}} \cdot 100\%$$

Качество регулирования считается удовлетворительным, если перерегулирование не превышает 30...40%, а хорошим, если не превышает 20%.

3. Установившаяся ошибка – отклонение установившегося значения выходной величины  $y(t)$  от заданного значения  $y_{уст}$  это  $\varepsilon_{уст}$ .

4. Время достижения первого максимума  $t_{max}$ .

5. Время нарастания переходного процесса  $t_n$  – минимальное время, за которое переходная характеристика системы пересекает уровень установившегося значения.

6. Частота колебаний  $\omega = 2\pi/T$ , где  $T$  – период колебаний.

7. Число колебаний управляемой величины в течение времени переходного процесса  $n$ . Степень колебательности используется для оценки качества системы.

Практически колебательность удобно характеризовать числом периодов переходного процесса за время регулирования. Процессы, у которых колебательность составляет 1...2 периода, называются слабоколебательными. В системе допустимо иметь 3 ( $n < 3$ ) периода колебаний в переходном процессе. При числе периодов больше трех система требует коррекции.

Степень затухания, измеряемая в процентах, служит количественной оценкой интенсивности затухания колебательных процессов и определяется как отношение разности первой  $A_1$  и третьей  $A_3$  амплитуд к первой амплитуде переходного процесса:

$$\psi = \frac{(A_1 - A_3)100\%}{A_1}$$

Интенсивность затухания колебаний в системе считается удовлетворительной, если степень затухания составляет 75 % и выше. В некоторых случаях допускается около 60 %. В конкретных условиях к качеству регулирования могут предъявляться и другие требования, например максимальная скорость изменения значения регулируемой величины, основная частота ее колебаний.

Итак, основные **количественные оценки качества процесса управления**:

1. Отклонение  $\varepsilon$  управляемой величины от установившегося значения:

$$\varepsilon \leq 0,05 \cdot y_{уст.}$$

2. Перерегулирование:  $\sigma = \frac{\Delta y_{max}}{y_{уст.}} \cdot 100\% < 40\%$

3. Число колебаний управляемой величины в течение времени переходного процесса  $n < 3$ .

4. Степень затухания:  $\psi = \frac{(A_1 - A_3)100\%}{A_1} > 75\%$ .

### 3.2.8. Коррекция качества переходного процесса

#### **Коррекция качества переходного процесса**

Для улучшения качества процесса управления устанавливают корректирующие элементы. Корректирующие элементы устанавливают последовательно, параллельно или встречно-параллельно одному или нескольким основным элементам системы.

*Последовательная коррекция.* При последовательной коррекции дополнительное устройство включается последовательно с элементом системы. Оно включается в основном после измерительного датчика или предварительного усилителя.

В качестве последовательного корректирующего устройства чаще всего используются:

- форсирующее (дифференцирующее) звено, сигнал, на выходе которого содержит составляющие, пропорциональные входному сигналу и производной от него.

В качестве форсирующих устройств могут применяться идеальное дифференцирующее звено с передаточной функцией:

$$W_{\text{КОР}}(p) = T_{\text{диф}} p,$$

где  $T_{\text{диф}}$  – постоянная времени дифференцирующего звена

- интегрирующее звено, дающее на выходе сигнал, пропорциональный интегралу входного сигнала, – идеальное интегрирующее звено с передаточной функцией:

$$W_{\text{КОР}}(p) = 1/(T_{\text{диф}} p)$$

При параллельной коррекции устройство включается параллельно или встречно-параллельно одному или нескольким основным элементам системы. В этом случае параллельное корректирующее звено образует местную (локальную) обратную связь. Обратная связь является эффективным средством получения требуемых динамических характеристик системы. На практике чаще всего используют отрицательную обратную связь. В качестве параллельных корректирующих устройств чаще всего используются:

- усилительное звено, сигнал которого пропорционален входному сигналу.

$$W_{\text{КОР}}(p) = K$$

- инерционная жесткая Обратная связь с передаточной функцией:

$$W_{\text{КОР}}(p) = K/(T_p + 1);$$

- идеальное дифференцирующее звено, сигнал которого на выходе пропорционален производной входного сигнала, осуществляет гибкую обратную связь. Передаточная функция этого звена описывается выражением

$$W_{\text{КОР}}(p) = T_p;$$

- инерционная гибкая обратная связь с передаточной функцией:

$$W_{\text{КОР}}(p) = K p/(T_p + 1);$$

- инерционная корректирующая обратная связь (астатическая коррекция) с передаточной функцией:

$$W_{\text{КОР}}(p) = 1/(T_p)$$

Временная функция замкнутой САУ, изображенная на рис. 39, не обладает требуемыми количественными оценками качества процесса управления. И в этой связи требует *коррекции качества переходного процесса*.

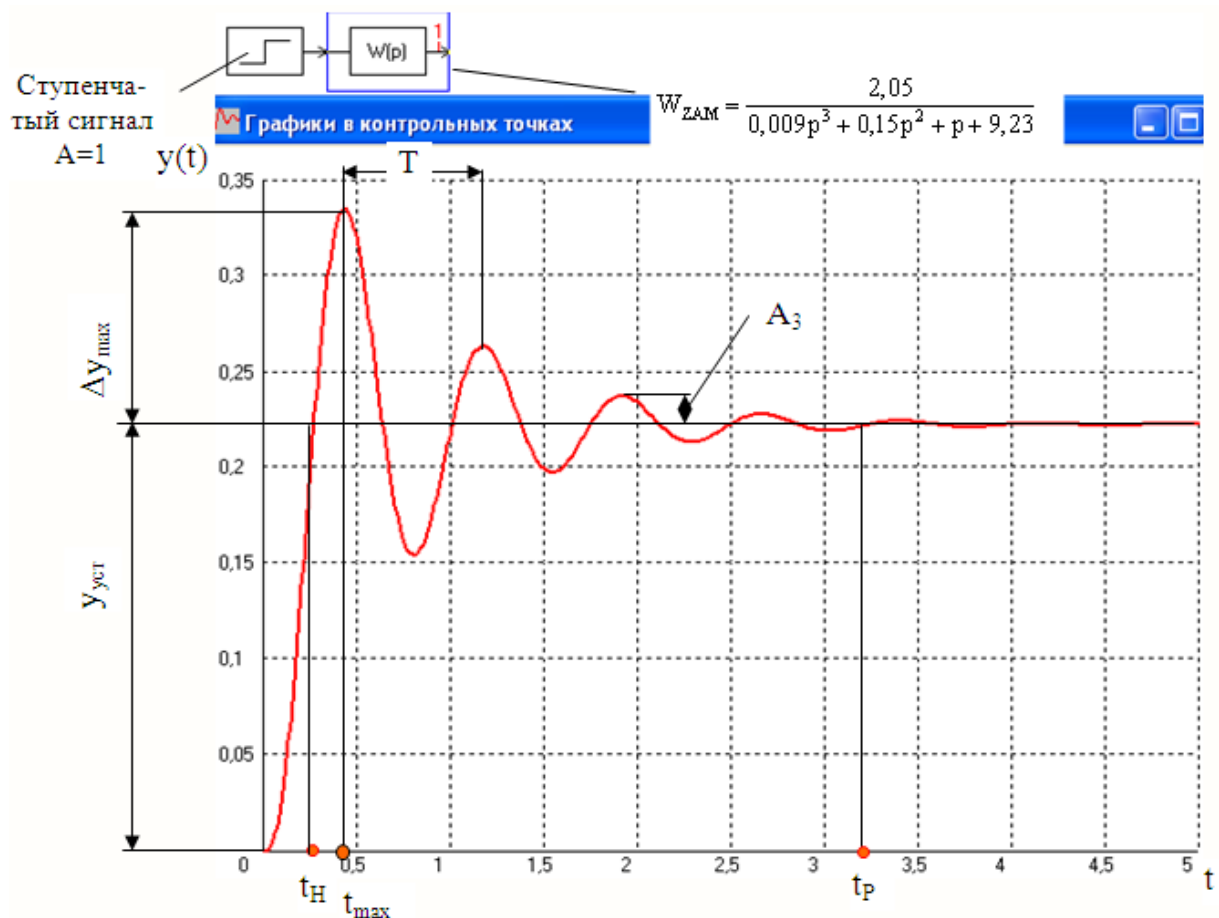


Рис. 39. Временная функция САУ, требующая коррекции

По построенной функции  $y(t)$  определяем параметры качества процесса управления:

1. Перерегулирование:  $\sigma = \frac{\Delta y_{\max}}{y_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{0,11}{0,22} \cdot 100\% = 50\% > 40\%$ , следовательно, качество регулирования является не удовлетворительным.
2. Число колебаний управляемой величины в течение времени переходного процесса  $n=4 > 3$ , что требует установки корректирующего элемента.
3. Степень затухания:  $\psi = \frac{(A_1 - A_3)100\%}{A_1} = [(0,11 - 0,01)] \cdot 100/0,11 = 90\% > 75\%$ , следовательно, степень затухания является удовлетворительной.

Т.к. количественные параметры качества процесса (п.1 и п.2) управления не удовлетворительны, то эта САУ нуждается в коррекции качества переходного процесса.

Проведем коррекцию САУ, установив последовательно форсирующее (дифференцирующее) звено, как показано на рис. 40.



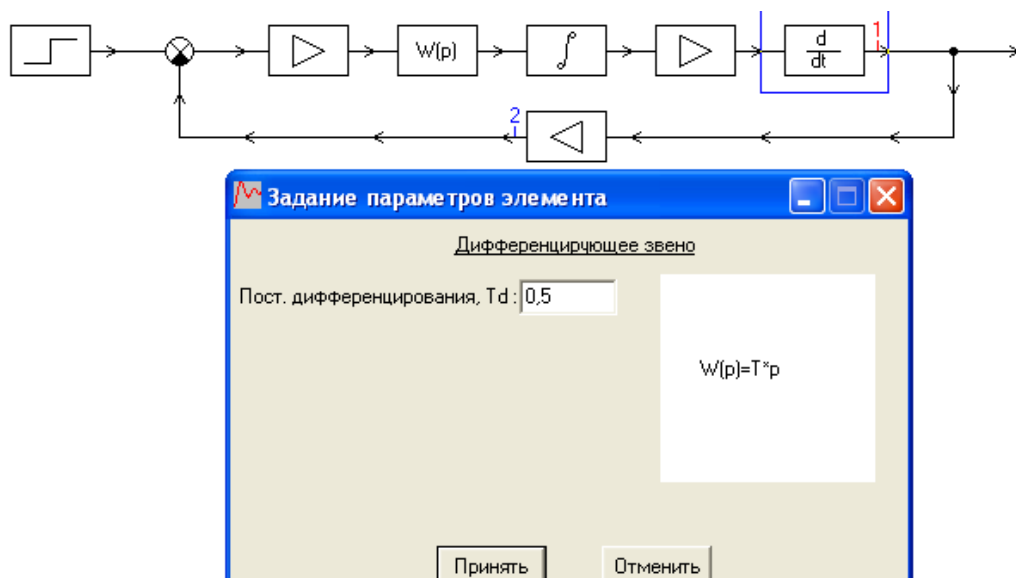


Рис. 40. Установка форсирующего (дифференцирующего) регулятора  $W_{\text{РЕГ}} = 0,5p$

$$W_{\text{РЕГ}} = 0,5p$$

$$W_{n \cdot \text{РЕГ}} = W_n \cdot W_{\text{РЕГ}} = \frac{2,05}{0,009p^3 + 0,15p^2 + p} \cdot 0,5p = \frac{1,03}{0,009p^2 + 0,15p + 1}$$

$$W_{O.C} = 4,5$$

$$\begin{aligned} W_{\text{ЗАМ-РЕГ}}(p) &= \frac{Y(t)}{X(t)} = \frac{W_{n \cdot \text{РЕГ}}}{1 + W_{n \cdot \text{РЕГ}} \cdot W_{O.C}} = \frac{1}{\frac{1}{W_{n \cdot \text{РЕГ}}} + W_{O.C}} = \frac{1}{\frac{0,009p^2 + 0,15p + 1}{1,03} + 4,5} = \\ &= \frac{1}{\frac{0,009p^2 + 0,15p + 1 + 4,635}{1,03}} = \frac{1,03}{0,009p^2 + 0,15p + 5,635} \end{aligned}$$

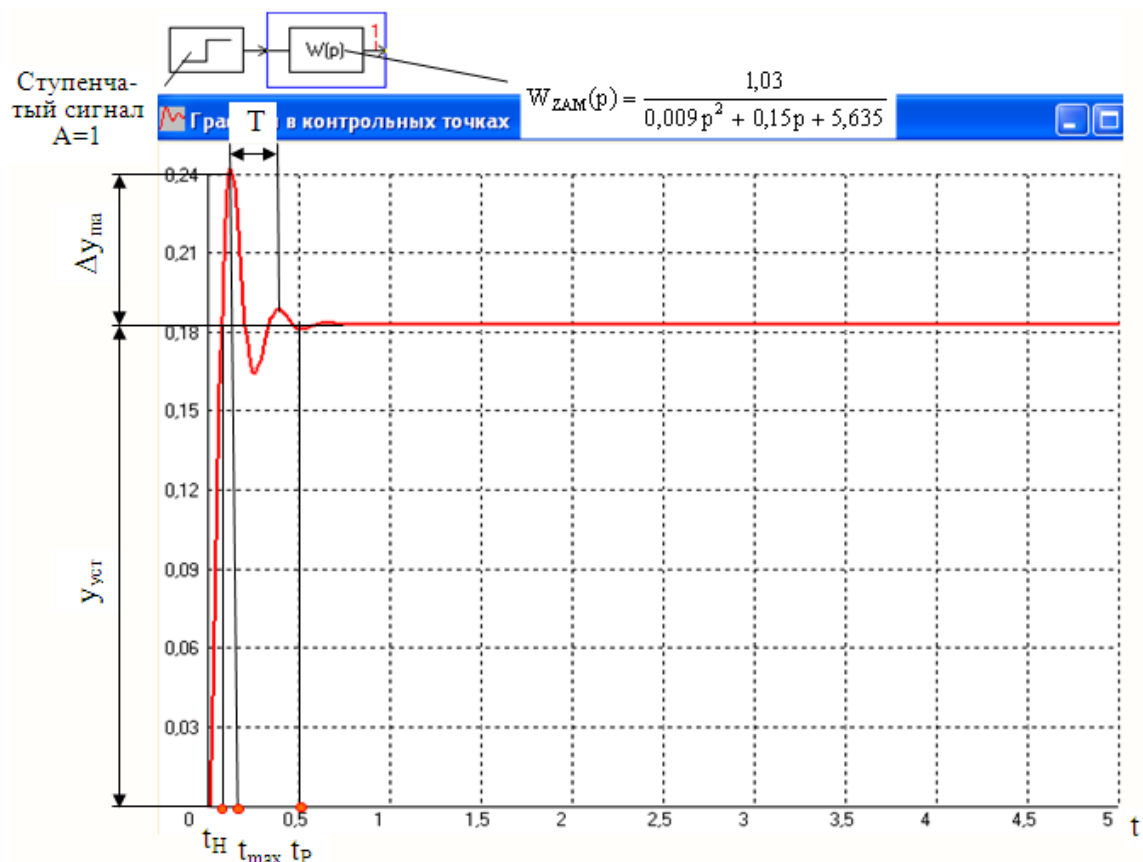


Рис. 41. Определение параметров качества скорректированного процесса управления. Временная функция САУ после установки регулятора  $W_{\text{РЕГ}} = 0,5p$

По построенной функции  $y(t)$  с регулятором  $W_{\text{РЕГ}}$  определяем параметры качества процесса управления:

1. Время регулирования  $t_P = 0,5$  с.

2. Установившееся значение выходной величины  $y_{\text{уст}} = 0,184$ .

3.  $W_{\text{РЕГ-4}} = 0,5p - \sigma = \frac{\Delta y_{\text{max}}}{y_{\text{уст}}} \cdot 100\% = \frac{0,06}{0,184} \cdot 100\% = 32,6\% < 40\%$ , следовательно

качество регулирования удовлетворительно.

4. Время достижения первого максимума  $t_{\text{max}} = 0,4$  с.

5. Время нарастания переходного процесса  $t_H = 0,25$  с.

6.  $T = 0,75$  с. – период колебаний

7. Частота колебаний  $\omega = 2\pi/T = 2 \cdot 3,14/0,75 = 8,37 \text{ с}^{-1}$ .

8. Число колебаний управляемой величины в течение времени переходного процесса  $n=4 > 3$ , что требует установки корректирующего элемента.

9. Степень затухания:  $\psi = \frac{(A_1 - A_3)100\%}{A_1} = [(0,06 - 0)] \cdot 100/0,06 = 100\% > 75\%$ , сле-

довательно степень затухания является минимальной.

Таким образом, количественные параметры качества скорректированного процесса управления удовлетворяют заданным.

Если система обладает требуемым качеством переходного процесса, то коррекция качества не проводится.

### 3.3. Основные понятия об организации конструкторской разработки

#### 3.3.1 Определение контрольно-измерительных функций и составляющих систем автоматического управления и контроля

Для определения контрольно-измерительных функций и составляющих системы автоматического управления и контроля необходимо описать осуществляемый процесс (токарной, сверлильной, фрезерной, шлифовальной и пр. обработки). Выполнить кинематическую схему модернизируемого привода. И определить контрольно-измерительные функции системы с пояснениями, например:

1) выработка и регистрация задающего сигнала;

Задающий сигнал (описать: прямо пропорциональный радиусу шлифовального круга и др.), вырабатывается (указать первичный преобразователь: линейного или углового перемещения, или тензодатчик, или др. датчик)

2) обеспечение постоянного значения требуемой величины;

3) автоматическая настройка системы при достижении значений требуемых параметров отличных от заданных;

4) управление – включение/отключение электродвигателя постоянного тока и системы автоматического управления.

Для примера определим контрольно-измерительные функции и составляющие системы автоматической стабилизации мощности ПГД токарного-револьверного станка мод. 1П326.

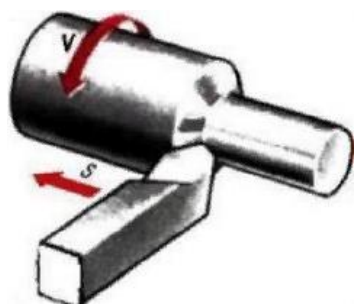


Рис. 42. Процесс точения

Процесс точения показан на рис. 42. Снятие стружки осуществляется в результате сочетания двух движений: главного и движения подачи. Главное движение – вращение заготовки  $V_3$ , движения подачи – перемещение резца вдоль оси  $S$  (мм/об).

Скорость резания:

$$V_3 = \pi D_3 n / 1000 \text{ (м/мин)} \quad (10),$$

где  $D_3$  – диаметр заготовки, мм;  $n$  – частота вращения шпинделя с заготовкой.

Тогда:  $n = 1000 V_3 / \pi D_3$  (об/мин).

Для преодоления момента сопротивления и обеспечения главного вращательного движения шпинделя и заготовки необходим крутящий момент  $M_{кр}$ .

Система автоматической стабилизации *мощности* при точении должна выполнять следующие контрольно-измерительные функции:

1) выработка и регистрация задающего сигнала;

Задающий сигнал, прямо пропорциональный эффективному значению мощности  $N_{\text{эф}}$ , вырабатывается командоаппаратом станка.

2) обеспечение заданного значения эффективной мощности  $N_{\text{эф}}$  с назначенным допуском.

Кинематическая схема ПГД токарно-револьверного станка мод. 1П326 показана на рис. 43.

Главное движение осуществляется от асинхронного электродвигателя АО-51 ( $N = 4,5$  кВт;  $n = 1440 \text{ мин}^{-1}$ ) установленного на валу 0. Для управления приводом главного движения с целью стабилизации мощности заменяем асинхронный электродвигатель АО-51 на электродвигатель постоянного тока 4ПБМ160МГ (153000р.) с аналогичными характеристиками  $N = 4,5$  кВт;  $n_{\text{ном}} = 1600 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$ ;  $n_{\text{max}} = 4000 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$ ;  $n_{\text{min}} = 1465 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$ . Двигатель укомплектован тахогенератором ТП80-20-0,2-0,4 по ТУ 16-515.285-83 (в обозначение символ "Г").

Мощность электродвигателя постоянного тока 4ПБМ160МГ ПГД:  $N = 4,5$  (кВт).

Также мощность электродвигателя можно определить по формуле:

$$N = N_{\text{эф}} / \eta_{\text{ПГД}}, \quad (11)$$

где  $\eta_{\text{ПГД}}$ —общий КПД ПГД, учитывающий потери в механической части привода,  $N_{\text{эф}}$ — эффективная мощность ПГД;  $\eta_{\text{ПГД}} = 0,75..0,85$ . Принимаем  $\eta_{\text{ПГД}} = 0,8$ , тогда:

$$N_{\text{эф}} = N \cdot \eta_{\text{ПГД}} = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ (кВт)}$$

При этом выходное значение мощность резания  $N_{\text{вых}}$  должно стремиться к эффективной мощности

$N_{\text{вых}} \rightarrow N_{\text{эф}}$ ,  $N_{\text{вых}} \rightarrow 3,6 \text{ (кВт)}$  в диапазоне  $n_{\text{ном}} \dots n_{\text{max}}$  (В двигателях серии 4ПБМ регулирование частоты вращения вверх от номинальной  $n_{\text{ном}} \dots n_{\text{max}}$  осуществляется при *постоянной мощности*, а вниз от номинальной  $n_{\text{min}} \dots n_{\text{ном}}$  — при *постоянном моменте*). У электродвигателя 4ПБМ160МГ привода главного движения  $n_{\text{min}} = 1465 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$ ;  $n_{\text{ном}} = 1600 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$ ;  $n_{\text{max}} = 4000 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$ .

Число оборотов шпинделя с заготовкой  $n$ :

$$n_{\text{шп}} = \left\{ \frac{1465}{4000} \right\} \cdot \left\{ \frac{23}{58} \right\} \cdot \left\{ \frac{27}{40} \right\} \cdot \frac{201}{155}$$

$$n_{\text{шп.min}} = 1465 \cdot 23/58 \cdot 27/40 \cdot 201/155 = 203 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

$$n_{\text{шп.max}} = 4000 \cdot 58/31 \cdot 57/58 \cdot 201/155 = 4000 \cdot 1,87 \cdot 0,98 \cdot 1,30 = 9537 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$$

Значение знаменателя геометрического ряда для приводов с бесступенчатым регулированием  $\phi = 1,06$ .

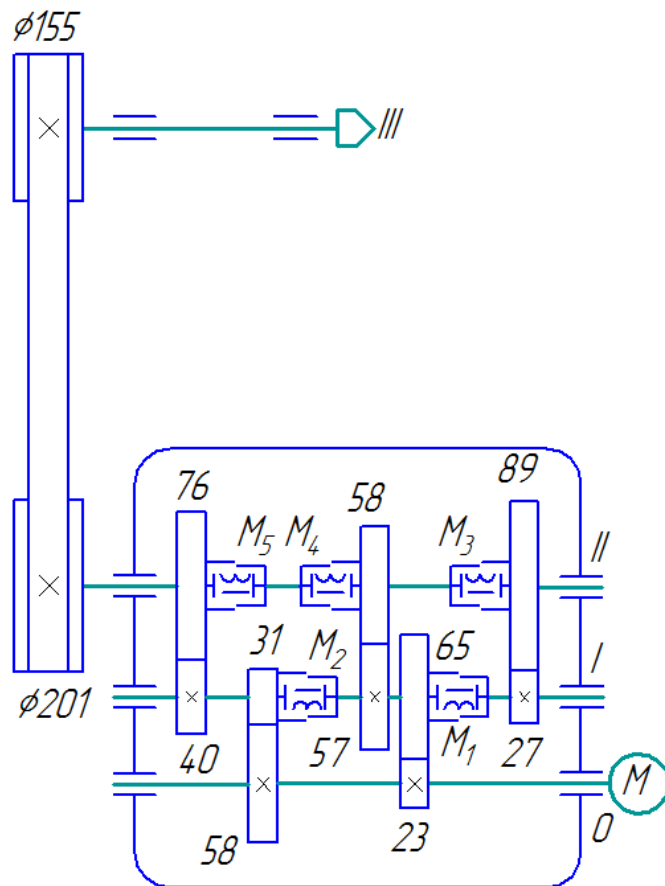


Рис. 43. Кинематическая схема ПГД токарно-револьверного станка мод.1П326

Выписываем стандартный ряд значений ЧВШ в соответствии с принятым значением знаменателя  $\phi$  (табл. П6 (приложение 13)).

$n_1 = n_{\min} = 200$ ;  $n_2 = 212$ ;  $n_3 = 224$ ;  $n_4 = 236$ ;  $n_5 = 250$ ;  $n_6 = 265$ ;  $n_7 = 280$ ;  $n_8 = 300$ ;  $n_9 = 315$ ;  $n_{10} = 335$ ;  $n_{11} = 355$ ;  $n_{12} = 376$ ;  $n_{13} = 400$ ;  $n_{14} = 425$ ;  $n_{15} = 450$ ;  $n_{16} = 475$ ;  $n_{17} = 500$ ;  $n_{18} = 530$ ;  $n_{19} = 560$ ;  $n_{20} = 600$ ;  $n_{21} = 630$ ;  $n_{22} = 670$ ;  $n_{23} = 710$ ;  $n_{24} = 750$ ;  $n_{25} = 800$ ;  $n_{26} = 850$ ;  $n_{27} = 900$ ;  $n_{28} = 950$ ;  $n_{29} = 1000$ ;  $n_{30} = 1060$ ;  $n_{31} = 1120$ ;  $n_{32} = 1180$ ;  $n_{33} = 1250$ ;  $n_{34} = 1320$ ;  $n_{35} = 1400$ ;  $n_{36} = 1500$ ;  $n_{37} = n_{\text{ном}} = 1600$ ;  $n_{38} = 1700$ ;  $n_{39} = 1800$ ;  $n_{40} = 1900$ ;  $n_{41} = 2000$ ;  $n_{42} = 2120$ ;  $n_{43} = 2240$ ;  $n_{44} = 2360$ ;  $n_{45} = 2500$ ;  $n_{46} = 2650$ ;  $n_{47} = 2800$ ;  $n_{48} = 3000$ ;  $n_{49} = 3150$ ;  $n_{50} = 3350$ ;  $n_{51} = 3550$ ;  $n_{52} = 3760$ ;  $n_{53} = 4000$ ;  $n_{54} = 4250$ ;  $n_{55} = 4500$ ;  $n_{56} = 4750$ ;  $n_{57} = 5000$ ;  $n_{58} = 5300$ ;  $n_{59} = 5600$ ;  $n_{60} = 6000$ ;  $n_{61} = 6300$ ;  $n_{62} = 6700$ ;  $n_{63} = 7100$ ;  $n_{64} = 7500$ ;  $n_{65} = 8000$ ;  $n_{66} = 8500$ ;  $n_{67} = 9000$ ;  $n_{68} = n_{\max} = 9500$

$n_{\min} = 203$  – принимаем ближайшее стандартное значение (табл. П6 (прил. 13))  
 $n_{\text{шп.}\min} = 200$  (мин $^{-1}$ );  
 $n_{\text{ном}} = 1600$  – соответствует значению  $n_{37} = n_{\text{ном}} = 1600$ ;  
 $n_{\max} = 9537$  – принимаем ближайшее стандартное значение (табл. П6 (прил. 13))  
 $n_{\text{шп.}\max} = 9500$  (мин $^{-1}$ )

Уточняем значение знаменателя геометрического ряда:

$$\varphi = \sqrt[68-1]{R_n} = \sqrt[67]{47,5} = 1,06,$$

где  $R_n$  – общий диапазон регулирования:

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{9500}{200} = 47,5$$

Диапазон регулирования при постоянной мощности  $N_{\text{эф}}=3,6$  (кВт) ( $R_N$ ):

$$R_N = \frac{n_{\max}}{n_{\text{ном}}} = \frac{9500}{1600} = 5,9$$

Значение номинального крутящего момента:

$$M_{\text{кр.н}} = 9550 \frac{N_{\text{эф}}}{n_{\text{н.ном}}} = 9550 \frac{3,6}{1600} \approx 21,5 (H \cdot m)$$

Диапазон регулирования при постоянном моменте ( $R_M$ ):

$$R_M = \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\min}} = \frac{1600}{200} = 8$$

Для построения зависимости  $N = f(n)$  (рис. 44) Определяем минимальное значение мощности при регулировании по постоянному моменту по формуле:

$$N = \frac{M_{\text{кр.ном}} \cdot n}{9550} (\text{кВт}) \quad (12)$$

$$\text{при } n_{\min}=200 (\text{мин}^{-1}): N_{n=200} = \frac{21,5 \cdot 200}{9550} = 0,45 (\text{кВт});$$

и промежуточное значение, соответствующее частоте вращения шпинделя в диапазоне от  $n_{\min}$  до  $n_{\text{ном}}$  по формуле:

$$N = \frac{M_{\text{кр.ном}} \cdot n}{9550} (\text{кВт})$$

$$\text{При } n_{315}=315: N_{n=315} = \frac{21,5 \cdot 315}{9550} = 0,7 (\text{кВт});$$

$$\text{При } n_{25}=800: N_{n=800} = \frac{21,5 \cdot 800}{9550} = 1,8 (\text{кВт})$$

Число оборотов шпинделя с заготовкой ( $n_3$ ) при заданной скорости резания  $V_3=360$  (м/мин) и диаметру заготовки  $D_3=24$  (мм):

$n_3=1000V_3/\pi D_3=1000 \cdot 360/3,14 \cdot 24=4777$  (мин<sup>-1</sup>), что входит в диапазон регулирования при постоянной мощности  $N_{\text{эф}}=3,6$  (кВт).

Погрешность поддержания постоянства мощности электропривода в системе составляет 4–6% [17, с. 296]. Принимаем погрешность 5%, тогда она составит  $(3,6 \cdot 5\%)/100=0,18$  (кВт), а назначенный допуск  $\delta=\pm 0,09$  (кВт)

Принимаем значение мощности  $N_{\text{эф}}$  с назначенным допуском:

$$N_{\text{эф}}=3,6 \pm 0,09 (\text{кВт})$$

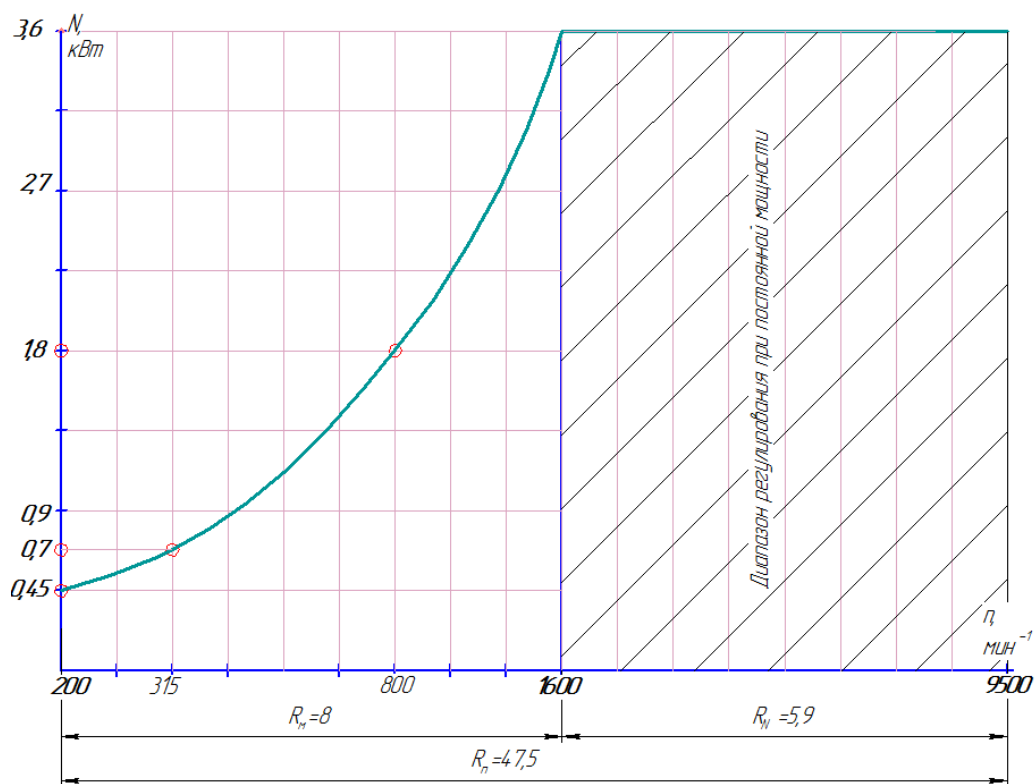


Рис. 44. Зависимость мощности от частоты вращения шпинделя

3) автоматическая настройка системы при достижении значений *мощности* отличных от заданных;

4) управление – включение/отключение электродвигателя постоянного тока и приборов на щите управления.

5) автоматическое переключение с контроля постоянства мощности на контроль постоянством крутящего момента при переходе из диапазона  $n_{ном} \dots n_{max}$  на диапазон  $n_{min} \dots n_{ном}$  и наоборот.

В системе автоматического управления *крутящим моментом* ПГД при точении производится контроль и измерение параметра крутящего момента  $M_{кр.н.}$

Измерение производится с помощью датчика крутящего момента, преобразующего значение крутящего момента в аналоговый сигнал напряжения.

В системе автоматического управления *мощностью привода подач* при точении производится контроль и измерение параметра мощности  $N_{эф.}$

Измерение производится с помощью датчика мощности, преобразующего значение мощности в аналоговый токовый сигнал.

С целью повышения эксплуатационных характеристик системы, диагностирования ее состояния, выполнения своевременных подналадочных и ремонтных работ и обеспечения безопасности система автоматического управления *мощности* при точении должна содержать:

1) первичный преобразователь – датчик *мощности* для преобразования значения *мощности* в стандартный и передающий его на вход усилителя;

2) усилитель усиливает сигнал датчика *мощности* и передает его на аналоговый вход ПЛК (усилитель с программируемым коэффициентом усиления может входить в состав аналогового входа ПЛК (рис. 45), а может приобретаться отдельно. Главная задача усилителя в данном случае – усиление сигнала до оптимального для АЦП уровня;

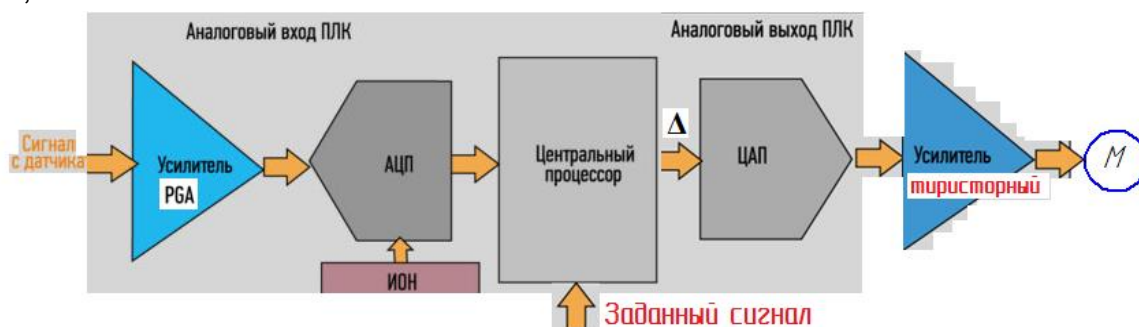


Рис. 45. Обобщенная структурная схема выработки сигнала рассогласования  $\Delta$  и управления двигателем посредством ПЛК

3) ПЛК выполняет функцию сравнивающего устройства (рис. 45, 46) преобразовывает сигнал датчика *мощности* ПГД, попадающий с аналоговых входов (AI) через АЦП в центральный процессор в цифровые сигналы. Эти сигналы, в соответствии с разработанной программой для ПЛК, сравниваются с заданными (передающимися командоаппаратом станка), вырабатывается сигнал рассогласования, который, поступая на аналоговый выход (АО) в ЦАП ПЛК преобразуется в аналоговый  $\Delta U_1$  и через тиристорный усилитель-преобразователь вызывает изменение (на значение пропорциональное  $\Delta U_1$ ) скорости вращения регулируемого двигателя М, а, следовательно, стабилизацию величины *мощности*.

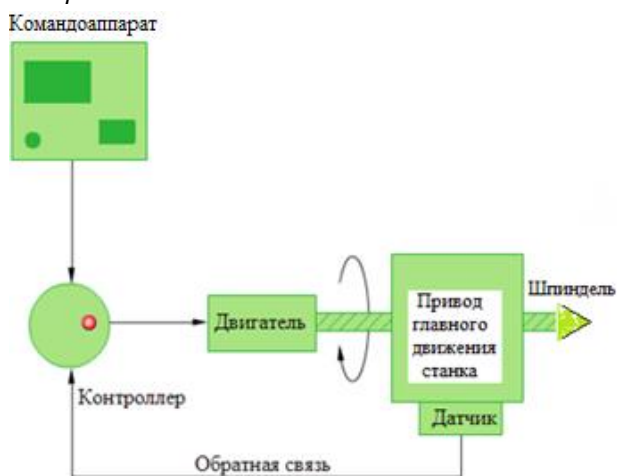


Рис. 46. Схема выполнения ПЛК функции сравнивающего устройства



Посредством ПЛК происходит управление пусковой аппаратурой (контакторами), включающими, выключающими, переключающими с диапазона  $n_{ном} \dots n_{max}$  регулирования частоты вращения при *постоянной мощности* на диапазон  $n_{min} \dots n_{ном}$  регулирования при *постоянном моменте*.

Через ПЛК происходит ручное дистанционное управление (включение, выключение двигателя и САС).

ПЛК, следует выбирать с ЖКИ дисплеем. Тогда ПЛК будет, также, являться прибором, для измерения мощности (J) и крутящего момента (M), вторичным показывающим (I), с сигнализацией (A), автоматическим управлением (C), регистрацией (R), установленным на щите.

### 3.3.2. Разработка функциональной схемы автоматизации (ФСА)

Для разработки функциональной схемы автоматизации (ФСА) необходимо знать, что ФСА является проектным техническим документом, определяющим структуру и функциональные связи между технологическим процессом и средствами контроля и управления процессом. Функциональная схема автоматизации выполняется без масштаба, при помощи условных обозначений приборов и средств контроля, без конструктивных подробностей, а технологическое оборудование изображается упрощенно в соответствии со своей конфигурацией. На схеме показывается технологическое оборудование, средства автоматического управления, органы управления, приборы контроля и автоматизации: первичные преобразователи, нормирующие преобразователи, вторичные приборы, и взаимные связи между ними. Все приборы и средства автоматизации показываются условными обозначениями по ГОСТ 21.208-2013

Технологическое оборудование, первичные преобразователи измеряемых технологических параметров показывают в верхней части чертежей функциональных схем. В нижней части чертежей функциональных схем показывают устанавливаемые по месту преобразователи (если они имеются) и приборы, средства автоматизации, вычислительной техники, установленные на щите. Далее необходимо отразить состав ФСА.

На рис. 47 показана совмещенная функциональная схема автоматизации и контроля крутящего момента и *мощности* при тчении. Совмещенная функциональная схема автоматизации и контроля крутящего момента и мощности необходима, т.к. в диапазоне  $n_{ном} \dots n_{max}$  регулирование частоты вращения осуществляется при *постоянной мощности*, а в диапазоне  $n_{min} \dots n_{ном}$  — при *постоянном моменте*). Состав ФСА показан в табл. 9.

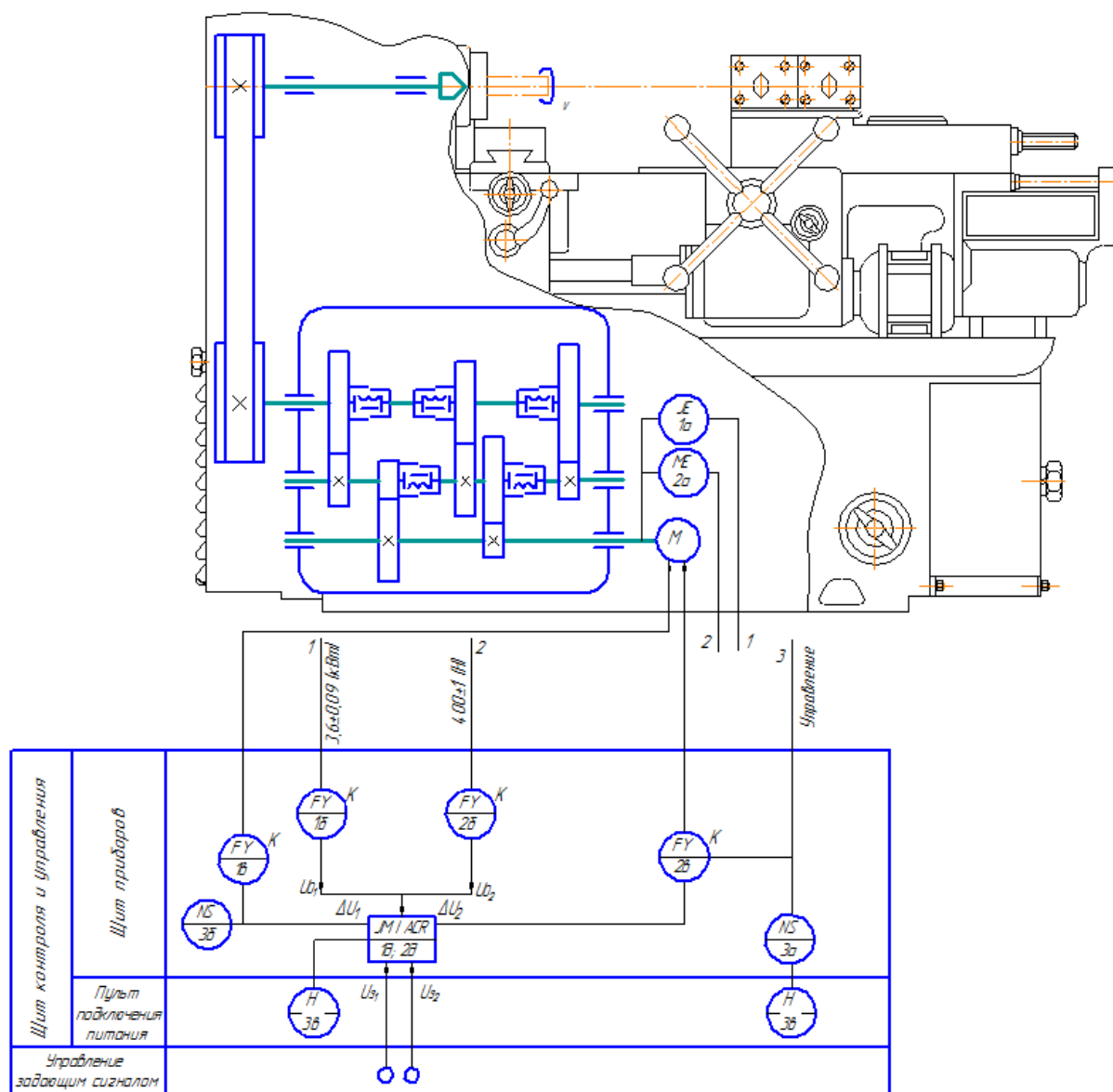


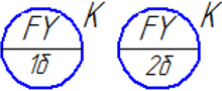
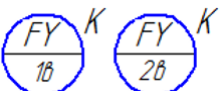
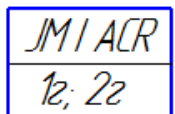



Рис. 47. Совмещенная функциональная схема автоматизации и контроля мощности и крутящего момента при тчении

Таблица 9

Состав совмещенной функциональной схемы автоматизации

№ п.п.	Условное обозначение	Наименование
1		Датчик мощности привода главного движения
2		Датчик крутящего момента привода главного движения

Продолжение таблицы 9

3		Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения (электронный усилитель)
4		Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения (тиристорный усилитель-преобразователь, питающий электродвигатель М)
6		Прибор для измерения мощности (J) и крутящего момента (M): вторичный показывающий (I), с сигнализацией (A), автоматическим управлением (C), регистрацией (R), установленный на щите (ПЛК)
7		Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (контактор)
8		Пусковая аппаратура для управления САС (контактор)
9		Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение)

### 3.3.3. Выбор элементной базы

Элементную базу выбираем в соответствии с разработанной функциональной схемой автоматизации. Автоматизация технологических процессов и непрерывный контроль их основных величин связаны с повышенными требованиями к четкости и безотказности работы приборов и систем автоматизации. В этой связи элементная база, приборы, преобразователи, индикаторы и системы автоматического управления и контроля постоянно совершенствуются. Выбираем элементную базу системы автоматической стабилизации и контроля (САУ и К). Первичные приборы, приборы контроля, преобразователи и индикаторы выбираем, руководствуясь современными каталогами фирм: «Микрол», «Метакон», [ЗАО НПО «Измерительные системы»](#), ООО «Торговый Дом «ПермПромСервис», «BaumerHubner » и др.

Для примера проведем выбор элементной базы по совмещенной функциональной схеме автоматизации и контроля мощности и крутящего момента при тчении.

#### 1) Выбираем преобразователи (датчики) мощности и крутящего момента

Для преобразования активной мощности в цепях постоянного тока, в пропорциональный сигнал токового интерфейса 4-20мА выбираем датчик измерения активной мощности ДИМ-20. Основные преимущества датчиков: гальваническая развязка си-

ловых цепей и цепей контроля; минимальные габариты, энергопотребление и масса датчика. Диапазон измеряемой мощности 0,5...20кВт.

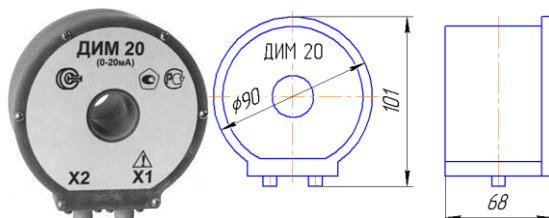


Рис. 48. Внешний вид, габаритные и присоединительные размеры датчика измерения активной мощности ДИМ-20

Для преобразования, крутящего момента выбираем преобразователь (датчик) крутящего момента фланцевого типа марки TF 212. Преобразователи серии TF отличаются минимальными габаритами в осевом направлении, точностью измерений, надежностью, высокими эксплуатационными свойствами. Обладают бесконтактной передачей сигнала. Имеется встроенный в преобразователь частоты вращения с опцией автоматического переключения с контроля постоянства мощности на контроль постоянством крутящего момента при переходе из диапазона  $P_{ном} \dots P_{max}$  на диапазон  $P_{min} \dots P_{ном}$  и наоборот.

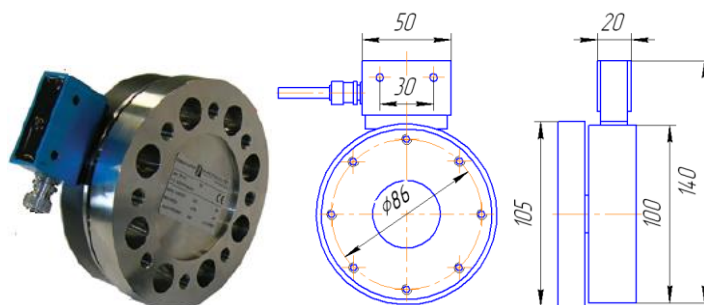


Рис. 49. Внешний вид, габаритные и присоединительные размеры преобразователя крутящего момента марки TF 212

2) Тиристорный усилитель-преобразователь трехпозиционный серии MDC2 используется в качестве бесконтактного устройства управления электродвигателем постоянного тока, преобразователя переменного тока в постоянный, усилителя сигналов.

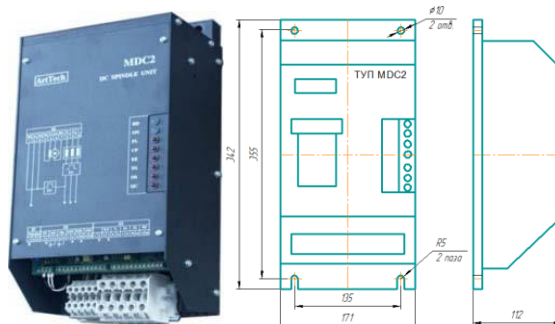


Рис. 50. Внешний вид, габаритные и присоединительные размеры усилителя-преобразователя тиристорного MDC2

3) В основную элементную базу входит контроллер программируемый логический ОВЕН ПЛК73. Контроллер может применяется для создания систем автоматического и автоматизированного управления технологическим оборудованием в различных областях промышленности. Логика работы ПЛК73 определяется потребителем в процессе программирования контроллера. Программирование осуществляется с помощью системы программирования CODESYS 2.3.8.1 и старше. ПЛК выполняет функцию сравнивающего устройства преобразовывает сигналы датчиков мощности и крутящего момента ПГД, попадающих с аналоговых входов (AI) через АЦП в центральный процессор в цифровые сигналы. Эти сигналы, в соответствии с разработанной программой для ПЛК, сравниваются с заданными (передающимися командоаппаратом станка), вырабатываются сигналы рассогласования, которые, поступая на аналоговые выходы (АО) в ЦАП ПЛК преобразуются в аналоговые  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  и через тиристорные усилители-преобразователи вызывают изменение (на значение пропорциональные  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$ ) скорости вращения регулируемого двигателя М, а, следовательно, стабилизацию величин *мощности и крутящего момента*.

Посредством ПЛК происходит управление пусковой аппаратурой (контакторами), включающими, выключающими, аварийно останавливающими, переключающими с диапазона  $n_{ном} \dots n_{max}$  регулирования частоты вращения при *постоянной мощности* на диапазон  $n_{min} \dots n_{ном}$  регулирования при *постоянном моменте*. Через ПЛК происходит ручное дистанционное управление (включение, выключение).

Значения параметров *мощности и крутящего момента выводятся* на дисплей ПЛК.

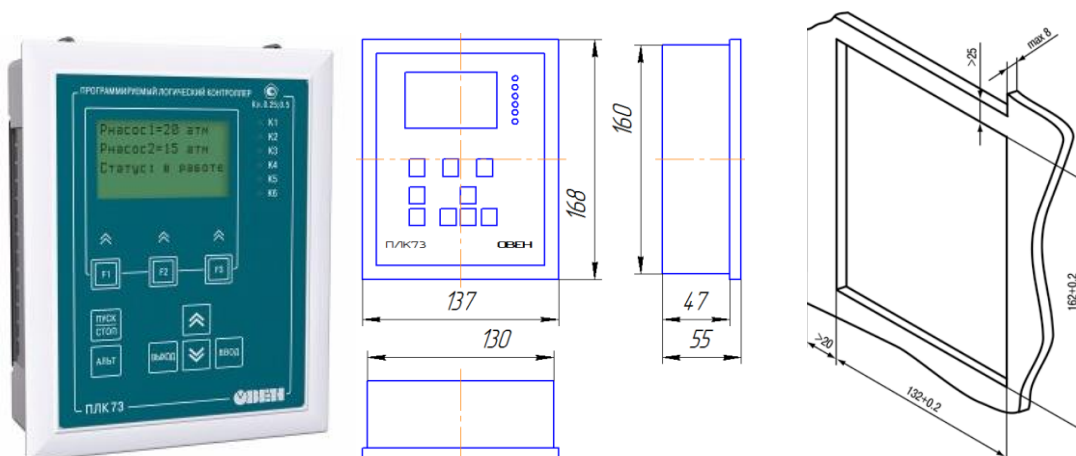


Рис. 51. Внешний вид, габаритные размеры и размеры паза в щите под ОВЕН ПЛК73

5) Местная обратная связь представлена процессом резания и упругой системой станка с передаточной функцией:  $W_4; 5=0,002$

6) Для управления приводом главного движения с целью стабилизации *крутящего момента* заменяем асинхронный электродвигатель АО-51 ( $N = 4,5$  кВт;  $n = 1440 \text{ мин}^{-1}$ ) на электродвигатель постоянного тока 4ПБМ160МГ (153000р.) с аналогичными характеристиками  $N = 4,5$  кВт;  $n_{ном} = 1600 (\text{мин}^{-1})$ ;  $n_{max} = 4000 (\text{мин}^{-1})$ ;  $n_{min} = 1465 (\text{мин}^{-1})$ . Двигатель укомплектован тахогенератором ТП80-20-0,2-0,4 по ТУ 16-515.285-83 (в обозначение символ "Г").

В двигателях серии ПБМ регулирование частоты вращения вверх от номинальной  $n_{ном} \dots n_{max}$  осуществляется при постоянной мощности, а вниз от номинальной  $n_{min} \dots n_{ном}$  — при *постоянном моменте*.

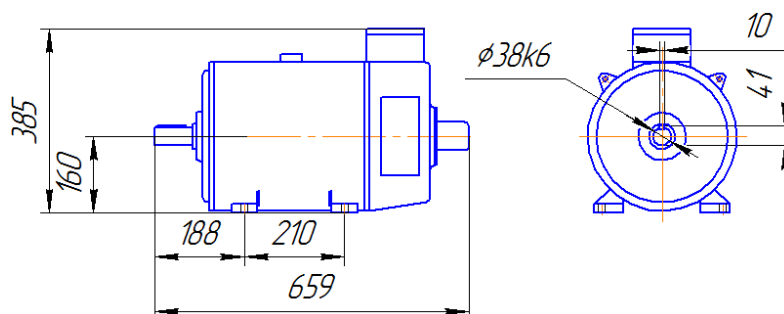


Рис. 52. Габаритные и присоединительные размеры электродвигателя постоянного тока 4ПБМ160МГ

7) Механический привод главного движения с передаточной функцией  $W3=0,8$  оставляем существующим.

8) В качестве исполнительного устройства управления электродвигателем выбираем модульный контактор (пускатель) EN 24 с напряжением питания  $U_{питания}=220V$  (рис. 30). В качестве исполнительного устройства управления приборами САС выбираем модульный контактор (пускатель EN 24 с напряжением питания  $U_{питания}=24V$  (рис. 30). Контактор EN 24 предназначен для управления автоматикой инженерного оборудования.

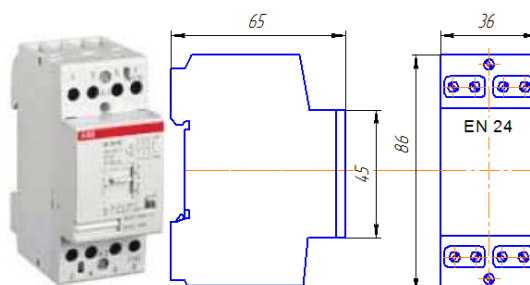


Рис. 53. Внешний вид, габаритные и присоединительные размеры модульного контактора EN 24

11) Для включения и выключения САС и электродвигателя выбираем Пост управления ПКЕ-112-3. Посты управления предназначены для дистанционного управления различными приборами и пускателями- контакторами.

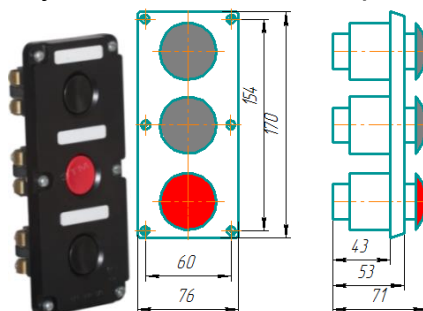


Рис. 54. Внешний вид, габаритные и присоединительные размеры Поста управления ПКЕ-112-3

### **3.3.4. Разработка чертежа и технологической схемы сборки щита контроля и управления. Разработка чертежа Установка САУ и К**

Чертеж щита контроля и управления выполняем в соответствии с ГОСТ 20504-81, размещая в нем необходимые приборы элементной базы. В пояснительной записке делаем описание состава щита контроля и управления. На этом же чертеже показываем технологическую схему сборки щита контроля и управления. Составляем спецификацию к выполненному чертежу.

#### *Преимущества 3D моделирования при разработке чертежей*

3D моделирование раздел математического моделирования, позволяющий решать разнообразные задачи в трехмерном пространстве.

В настоящее время 3D моделирование успешно используется в различных областях человеческой деятельности. Можно выделить две основные области применения моделирования: проектирование и научные исследования.

Развитие новых технологий постоянно предъявляет все более жесткие требования к современному техническому работнику. В настоящее время трудно представить себе современное промышленное предприятие или конструкторское бюро без компьютеров и специальных программ, предназначенных для разработки конструкторской документации или проектирования различных изделий. Переход на машинное проектирование позволяет существенно сократить сроки разработки конструкторской и технологической документации и повысить качество выпускаемой документации, конструкторских разработок, а, следовательно, выпускаемой продукции.

Благодаря высоким технологиям сфера конструирования развивалась, и в результате появилась отдельная самостоятельная отрасль – автоматизированное проектирование.

Переворотом в промышленном проектировании стало применение в конструировании трехмерной графики. Трехмерная модель обладает наглядностью: ее можно рассмотреть с разных сторон и заглянуть внутрь, разобрать и собрать.

Кроме того, при трехмерном проектировании, легче учесть эргономичность конструкции, ее эстетические качества.

На рис. 55 представлена 3D модель щита контроля и управления САУ с двумя регулируемыми параметрами.

На рис. 56. представлена разнесенная 3D модель щита контроля и управления САУ с двумя регулируемыми параметрами. Этой моделью может быть заменена технологическая схема сборки щита контроля и управления. Кроме того, разнесенная 3D модель щита контроля и управления является наглядным представлением сборки-разборки щита контроля и управления.

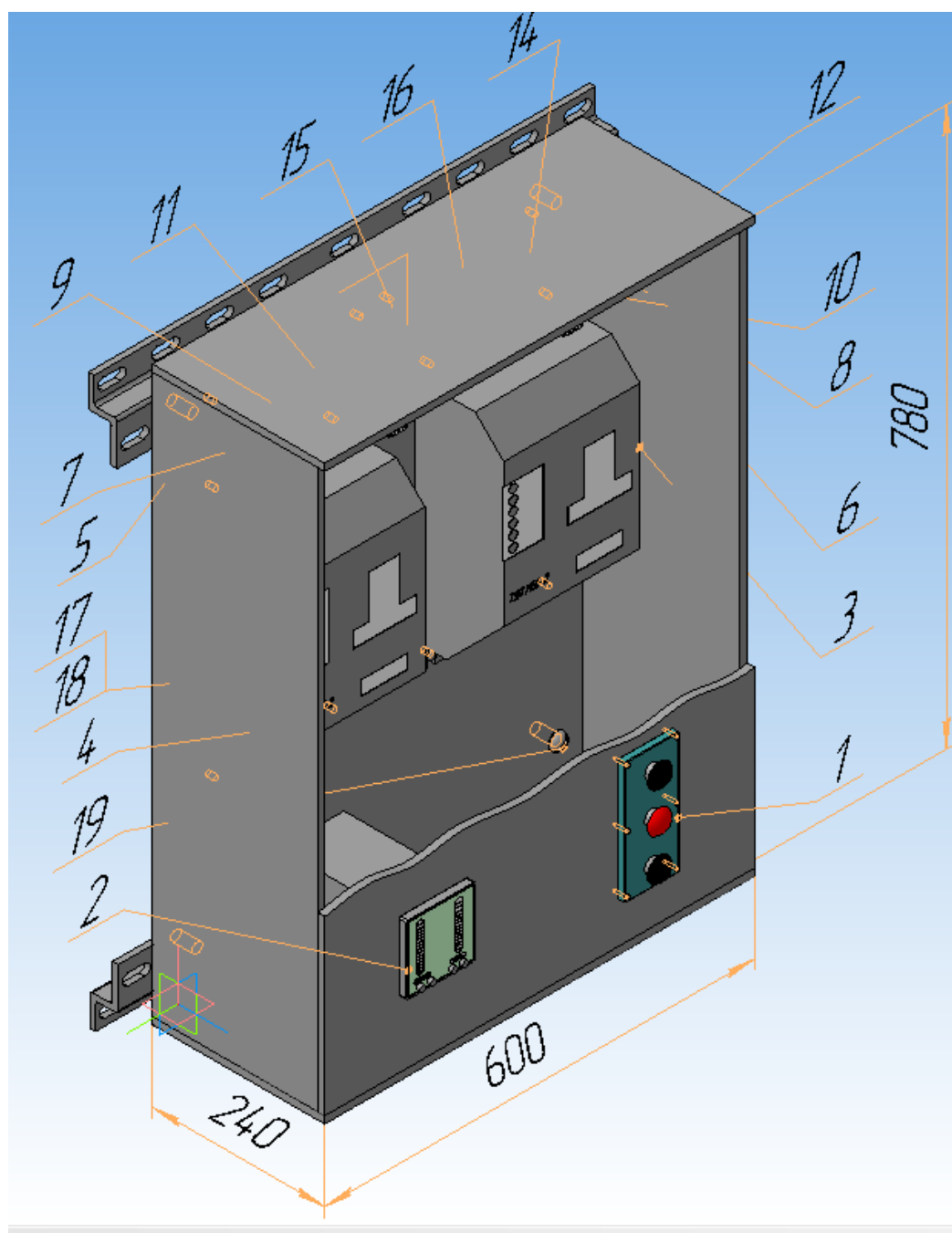


Рис. 55. 3D модель щита контроля и управления CAU  
с двумя регулируемыми параметрами



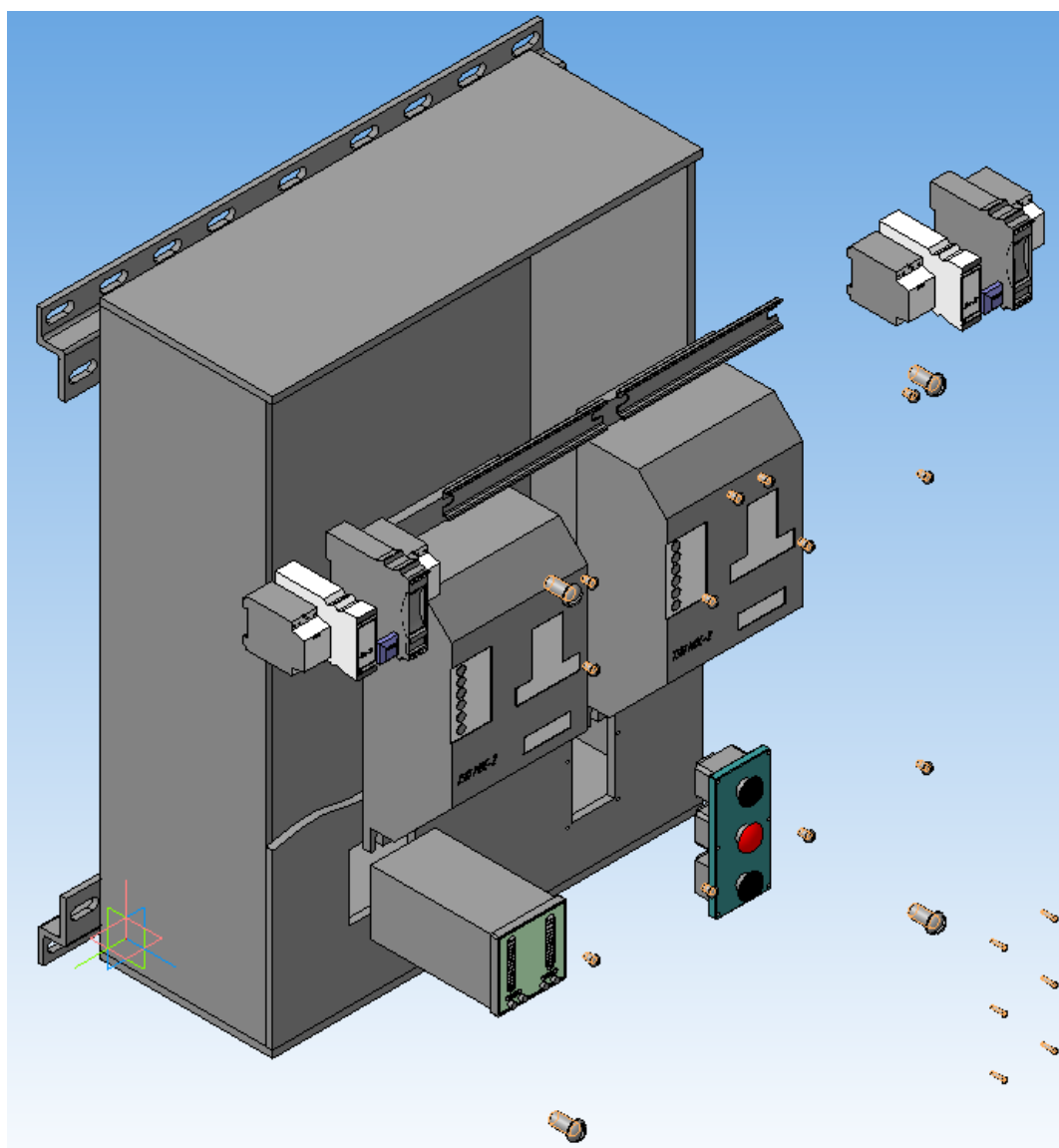


Рис. 56. Разнесенная модель щита контроля и управления САУ с двумя регулируемыми параметрами

Сборочный чертеж щита контроля и управления показан на рис. 57.

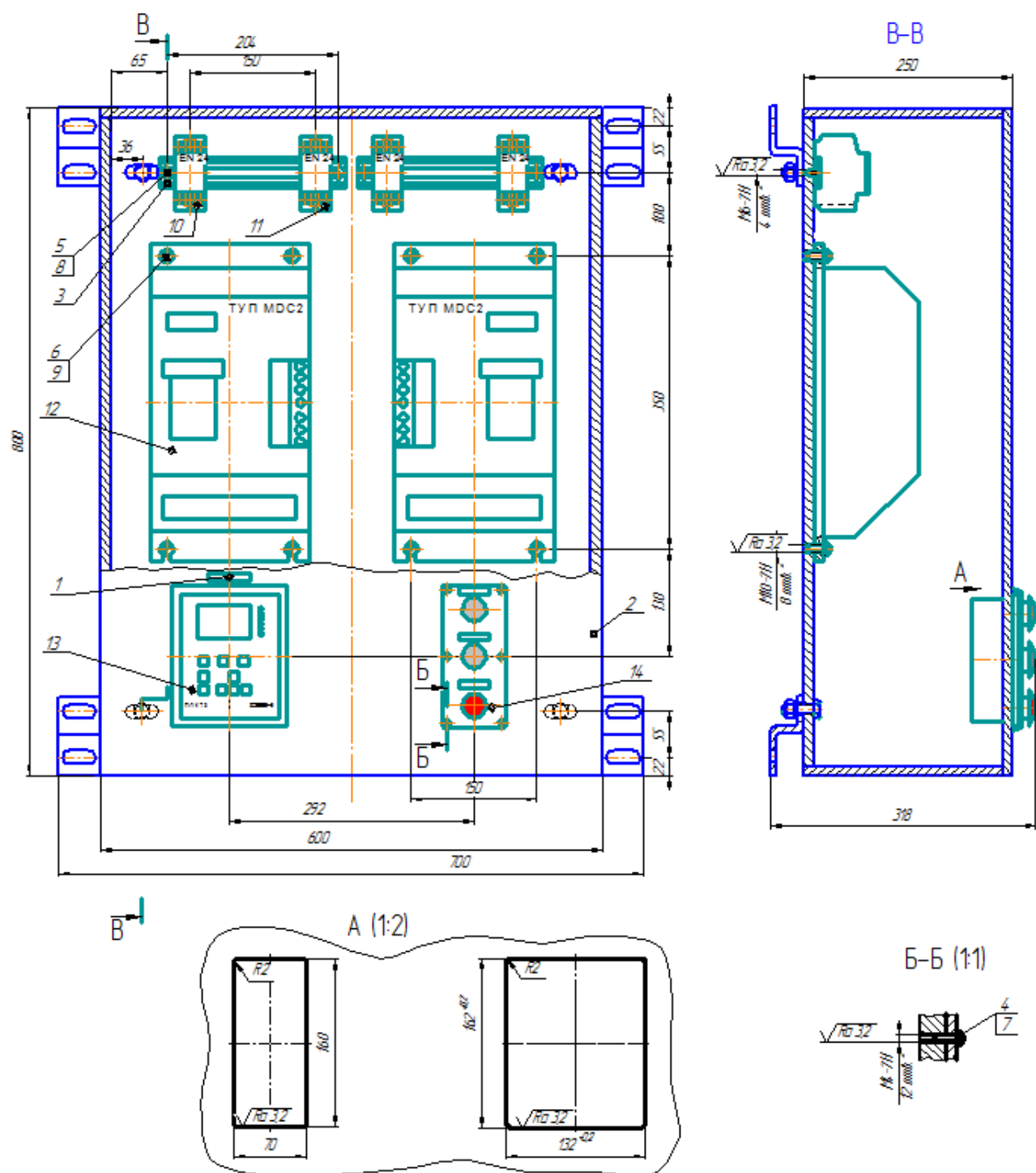


Рис. 57. Щит контроля и управления.

Состав Щита контроля и управления: 1 – Рамка для надписей (4шт.); 2 – Шкаф настенный КЗЩС2 ВхШхГ:800х600х250 ГОСТ 20504-81 (1шт.); 3 – DIN-рейка TH35х7,5 ГОСТ Р МЭК 60715-2003 (2шт.); Винты А.М ГОСТ 174730-80: 4 – М 4-6gx12 (6шт.); 5 – М 6-6gx12 (4шт.); 6 – М 10-6gx18 (8шт.); Шайбы 2.ГОСТ 6402-70: 7 – 4Л (6шт.); 8 – Шайба 6Л (4шт.); 9 – 10Л (8шт.); 10 – Контактор EN 24 (24В) (2шт.); 11 – Контактор EN 24

(220В) (2шт.); 12 – Тиристорный усилитель преобразователь MDC2 (2шт.); 13 – ОВЕН ПЛК73 (1шт.); 14 – Пост управления ПКЕ-112-3 (1шт.).

Технологическая схема сборки щита контроля и управления выполнена в соответствии с чертежом щита контроля и управления показана на рис. 58.

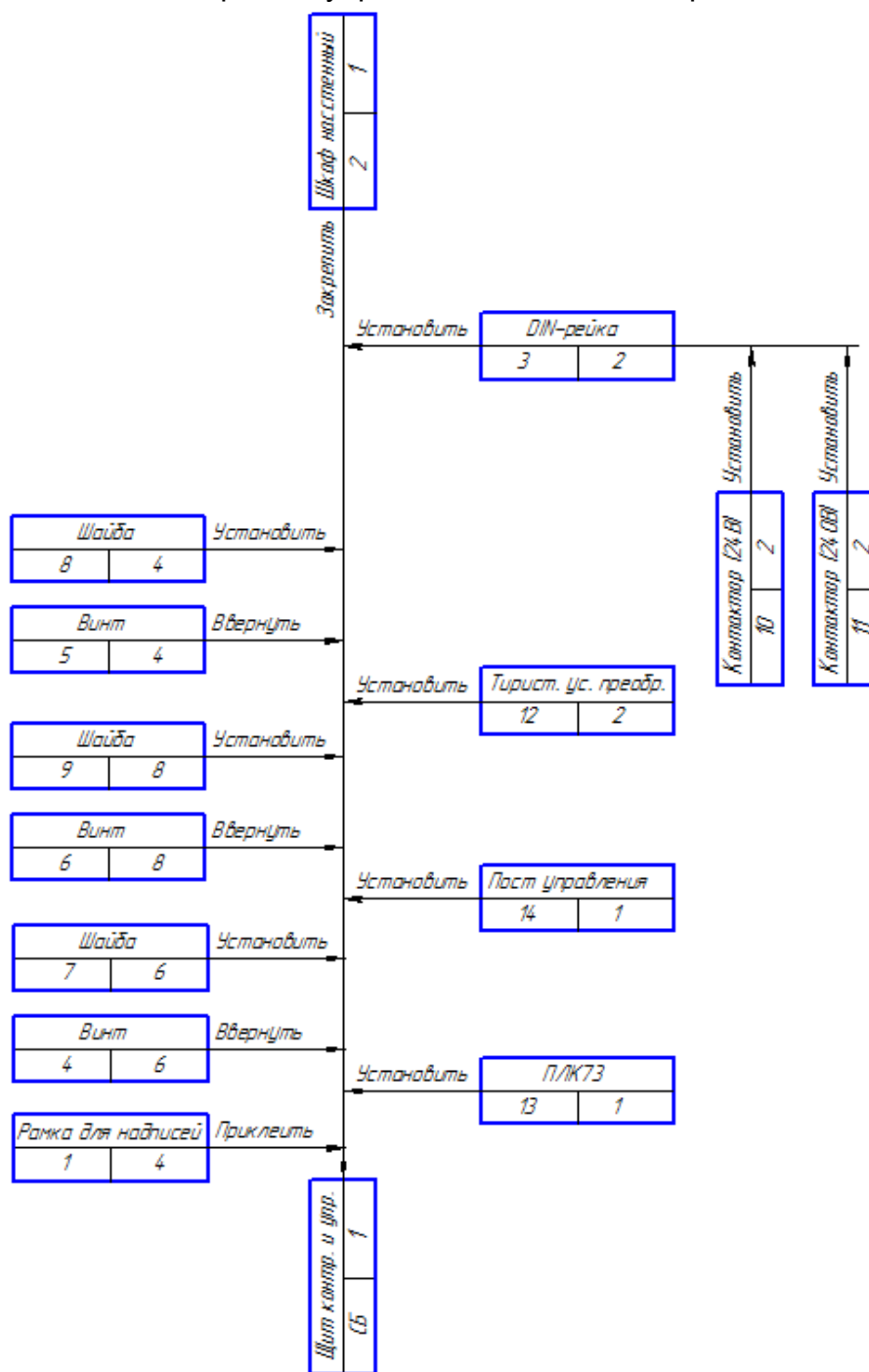


Рис. 58. Технологическая схема сборки щита контроля и управления

### **Разработка чертежа Установка САУ и К (средств автоматизации и контроля)**

Установку САУ и К следует осуществлять в соответствии с "Правилами устройства электроустановок" и "Инструкцией по технике безопасности при монтаже и наладке приборов контроля и средств автоматизации" ВСН 329-78.

На этом сборочном чертеже следует показать размещение, установку и закрепление разработанной системы автоматического управления на модернизируемый объект, а также обвязку САУ и К. Затем составить спецификацию к выполненному чертежу.

#### **3.4. Организационно - технологическая разработка**

В этом разделе следует выполнить следующие мероприятия:

1. Составление маршрутных карт сборки щита (пульта) и монтажа САУ и К
2. Составление ведомости физических объемов работ
3. Составление ведомости монтажных механизмов, инструмента и защитных средств
4. Составление схемы технологического процесса монтажа САУ и К

*Маршрутная карта (МК) сборки* предназначена для указания в технологической последовательности требуемых видов операций при маршрутном или маршрутно-операционном описании процесса сборки изделия и указания требуемых видов оборудования, технологического оснащения и при необходимости нормативов трудовых затрат.

Оформление МК проводится на картах установленной формы независимо от типа производства и степени детализации технологических процессов.

При оформлении МК для внесения в них информации о видах технологических процессов, их последовательности, применяемом оборудовании и оснащении, инструментах, записи указаний о содержании работ, выполняемых в операциях, руководствуются следующими правилами ЕСТД:

1 – информацию и указания вносят построчно несколькими типами строк, каждому из которых соответствует свой служебный символ. Служебные символы условно выражают состав информации, размещаемой в графах данного типа строки документа.

2 – служебные символы проставляются перед номером соответствующей строки. Обозначения служебных символов в зависимости от содержания информации, размещаемой в строке, следует выполнять в соответствии с табл. 10.

Таблица 10

Служебные символы, обозначающие содержание информации  
в соответствующей строке МК

Обозначение служебного символа	Содержание информации, вносимое в графы, расположенные в строке
А	Наименование операции
Б	Наименование оборудования
Е	Информация по трудозатратам
К	Информация по комплектации изделия составными частями
О	Содержание операции или перехода
Т	Информация о применяемой технологической оснастке

В связи с тем, что маршрутные карты сборки щита (пульта) и монтажа САУ и К – объемные материалы, их показывают в приложениях.

*Ведомость физических объемов работ* (табл. 11) составляется в соответствии с ВСН 161-82 «Инструкция по составлению проектов производства работ на монтаж систем автоматизации» (Форма 2 ВСН 161-82).

**Таблица 11**  
Форма 2 ВСН 161-82

ППР (проект производства работ) на организацию ТП проектирования, монтажа и наладки САУ (САС) \_\_\_\_\_  
 Объект: \_\_\_\_\_ станок (робот) мод. \_\_\_\_\_

Ведомость физических объемов работ  
(Примерный состав ведомости физических объемов работ)

№ п.п.	Наименование	Модель	Кол., шт.	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.	Масса единицы, кг	Общая масса, кг
1	Шкаф настенный	КЗЩС2 800х600х250	1	9650/2	4825	124,7/2	62,4
2	Датчик мощности привода подачи шпиндельной бабки	ДИМ-20	1	8 030	8 030	0,5	0,5
3	Усилитель-преобразователь тиристорный	MDC2	1	7 440	7 440	7	7

№ п.п.	Наименование	Модель	Кол., шт.	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.	Масса единицы, кг	Общая масса, кг
4	Электронный усилитель	PGA 202	1	250	250	0,05	0,05
5	Блок суммирования сигналов	БСС-21	1	14 000	14 000	2,2	2,2
6	Индикатор технологический	ИТМ-22	1	8600/2	4300	0,95/2	0,48
7	Контактор для автоматического включения	EN 24(220В)	1	650	650	0,23	0,23
8	Контактор для автоматического включения	EN 24 (24В)	1	650	650	0,23	0,23
9	Пост управления	ПКЕ-112-1	1	200/2	100	0,3/2	0,15
10	Блок питания, 24В	S-60-24	1	526	526	0,5	0,5
Итого:					40771	73	

*Ведомости монтажных механизмов, инструмента и защитных средств* (табл. 12, 13) составляются в соответствии с ВСН 161-82 «Инструкция по составлению проектов производства работ на монтаж систем автоматизации» (Форма 9 ВСН 161-82).

Ведомости монтажных механизмов, инструмента и защитных средств составляем для единичного, например, опытный образец и при выпуске продукции малой серии (например, несколько единиц модернизируемого оборудования).

В Графике проекта производства работ при организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ (САС) приведено время выполнения при организации ТП проектирования, монтажа и наладки (САУ) САС как для единичного, так и для мелко-серийного производства.

Ведомость монтажных механизмов и инструмента при выпуске продукции малой серии должна отличаться от ведомости монтажных механизмов и инструмента при единичном производстве наличием средств малой механизации с целью повышения производительности труда при выполнении работ по монтажу и наладке САУ.

Таблица 12

Форма 9 ВСН 161-82

ППр (проект производства работ) на организацию ТП проектирования, монтажа и наладки САУ (САС) \_\_\_\_\_

Объект: \_\_\_\_\_ станок (робот) мод. \_\_\_\_\_

**Ведомость монтажных механизмов, инструмента и защитных средств  
при мелкосерийном производстве  
(Примерный состав ведомости)**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Тип</b>	<b>Кол., шт.</b>	<b>Цена единицы, руб.</b>	<b>Общая стоимость, руб.</b>
1	Набор инструмента электромонтажника	НЭ-2	1	5 310	5 310
2	Кабельный резак	Proskit SR-228	1	932	932
3	Пресс ручной гидравлический	ПРГ-300	1	5100	5100
4	Набор слесарного диэлектрического инструмента	НИЗ №5а	1	3 799	3 799
5	Электрическая сверлильная ручная машина с набором сверл и метчиков	ИЭ-1031	1	2500	2500
6	Угловая шлифовальная машина	УШМ-125/900	1	2 250	2 250
7	Винтовёрт электрический универсальный	Makita TD0101F	1	5 488	5 488
8	Средства защиты рук от электрического тока напряжением до 1000В.	ГОСТ 12.4.103-83 Одежда специальная защитная. Средства индивидуальной защиты рук и ног	1	237	237
9	Средства защиты ног от электрического тока напряжением до 1000В.	ГОСТ 12.4.103-83 Одежда специальная защитная. Средства индивидуальной защиты рук и ног	1	1240	1240
<b>Итого:</b>					<b>26 856</b>

Таблица 13

Форма 9 ВСН 161-82

ППР (проект производства работ) на организацию ТП проектирования, монтажа и наладки САУ (САС) \_\_\_\_\_

Объект: \_\_\_\_\_ станок (робот) мод. \_\_\_\_\_

Ведомость монтажных механизмов, инструмента и защитных средств при *единичном* производстве  
(Примерный состав ведомости)

№ п/п	Наименование	Тип	Кол., шт.	Цена единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	Набор инструмента электромонтажника	НЭ-2	1	5 310	5 310
2	Набор инструмента для массовых слесарно-монтажных операций №5А	№5А	1	1676	1676
3	Кабельный резак	Proskit SR-228	1	932	932
4	Средства защиты рук от электрического тока напряжением до 1000В.	ГОСТ 12.4.103-83 Средства индивидуальной защиты рук и ног	1	237	237
5	Средства защиты ног от электрического тока напряжением до 1000В.	ГОСТ 12.4.103-83 Средства индивидуальной защиты рук и ног	1	1240	1240
Итого:					9395

Схема технологического процесса монтажа САУ и К отражает последовательность работ по монтажу системы автоматического управления и контроля.

Схема ТП монтажа системы автоматического управления может выглядеть следующим образом (рис. 59):



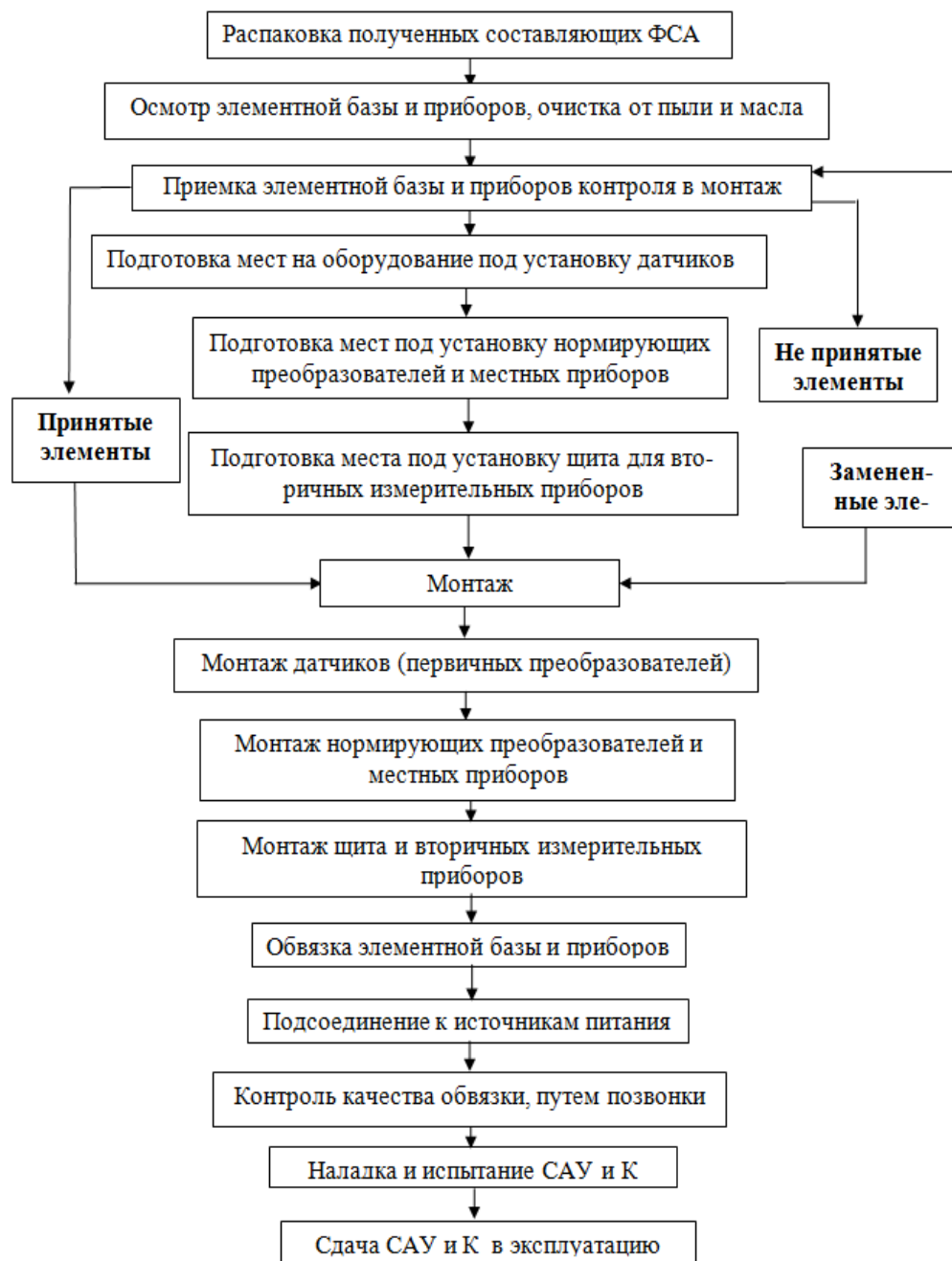


Рис. 59. Схема ТП монтажа системы автоматического управления

### 3.5. Организация мероприятий по монтажу, наладке и эксплуатации спроектированной САУ (САС)

В этом разделе следует выполнить следующие мероприятия:

1. Подготовка к проведению монтажных и наладочных работ
2. Мероприятия по монтажу оборудования

3. Мероприятия по наладке оборудования
4. Мероприятия по эксплуатации САУ
5. Техника безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации САУ

### **3.5.1. Общие понятия об эксплуатации, монтаже и наладке автоматизированных систем технологического оборудования**

**Эксплуатация автоматизированного технологического** оборудования представляет собой систему мероприятий, включающую консервацию, упаковку, транспортирование, установку на фундамент, монтаж оборудования и систем автоматического управления (САУ), настройку, наладку оборудования и САУ, приемо-сдаточные испытания на предприятие потребителя, уход и техническое обслуживание, диагностику неисправностей, ремонт и модернизацию и периодический контроль показателей качества.

*Рациональная эксплуатация автоматизированного металлорежущего оборудования обеспечивает изготовление на нем деталей с требуемой производительностью, точностью и качеством поверхностей.*

После проведения приемо-сдаточных испытаний на предприятие потребителя начинается *непосредственно производственная эксплуатация оборудования.*

**Производственная эксплуатация оборудования** укрупнено представляет собой техническое обслуживание, диагностику неисправностей, ремонт, модернизацию и периодический контроль показателей качества – точности, жесткости автоматизированного технологического оборудования, включая точность элементной базы и приборов контроля и управления автоматизированным оборудованием, качества регулирования САУ и др.

### **3.5.2. Основные определения по монтажу, и наладке и эксплуатации САУ**

**Монтаж приборов и систем автоматизации** представляет собой комплекс работ, выполняемый в соответствии с проектом и включающий следующие этапы: подготовка производства монтажных работ; производство монтажных работ и сдача смонтированной системы для наладки.

**Наладочные работы** – это совокупность операций, по проверке, регулировке, отладке, подготовке, включению и обеспечению нормальной работы систем управления технологическими объектами и процессами в заданных условиях.

Цель наладки – обеспечение установленных показателей функционирования комплекса смонтированных и исправных технических средств в составе автоматиче-

ских или автоматизированных систем управления технологическими объектами и процессами. Для средств и систем измерения основными нормируемыми показателями являются метрологические характеристики, т.е. характеристики, влияющие на результаты и погрешности измерений. Для автоматических систем регулирования нормируемыми являются показатели *качества регулирования*: время регулирования, перерегулирование, установившееся значение выходной величины, время нарастания переходного процесса, период колебаний, частота колебаний, число колебаний управляемой величины в течение времени переходного процесса, степень затухания.

**Эксплуатацией** средств и систем автоматизации называется обслуживание включенных и находящихся в работе автоматических устройств.

Правильная организация эксплуатации установленных средств и систем автоматизации исключительно важна для производства.

Выход из строя отдельных приборов и систем автоматизации, расположенных на участках, в цехах, лишает дежурный персонал возможности правильно вести технологический процесс, приводит к снижению производительности агрегатов, преждевременному износу оборудования, к различным неполадкам и авариям. Поэтому необходимо обеспечить бесперебойную работу приборов и систем автоматизации, правильно организовать обслуживание работающих приборов, их своевременный качественный ремонт и проверку.

При производстве работ по монтажу и наладке систем автоматизации должны соблюдаться требования правил СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации».

Кроме того, на промышленных предприятиях должны быть организованы:

- систематизация и распространение опыта эксплуатации средств и систем автоматизации;
- систематическая работа по повышению технической квалификации обслуживающего персонала;
- участие в составлении и обсуждении новых проектов автоматизации, контроль качества проведения и участия в монтаже, наладке и пробной эксплуатации внедряемых систем автоматизации;
- составление заявок на приборы и средства автоматизации; анализ работы систем автоматизации и составление отчетов и планов работы.

Мероприятия по подготовке к проведению монтажных и наладочных работ, монтажу и наладке оборудования, эксплуатации САУ, технике безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации САУ следует разрабатывать на основе: ГОСТ 34.601-90 Автоматизированные системы. Стадии создания. 1990. – 6с.; СНиП 3.05.07-85. Системы автоматизации. 1982.- 24с.; ВСН 161-82. Инструкция по составлению проектов производства работ на монтаж систем автоматизации. 1982. – 12с.; ВСН 329-78. Инструкция по технике безопасности при монтаже и наладке приборов контроля и средств автоматизации 1982.- 71с.

## **Техника безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации САУ**

Пренебрежение мерами предосторожности при монтаже, наладке и эксплуатации разработанной САУ может стать причиной травмирования персонала или повреждения оборудования. Для обеспечения безопасного использования спроектированной САУ необходимо выполнять требования по технике безопасности, изложенные в инструкции ВСН 329-78 "Инструкция по технике безопасности при монтаже и наладке приборов контроля и средств автоматизации", а также следует руководствоваться указаниями по технике безопасности, изложенными в документах на примененные приборы и средства автоматизации.

1. К монтажу, наладке и эксплуатации разработанной САУ и К, состоящую из (перечислить название и модели примененных датчиков, блоков суммирования сигналов, нормирующих преобразователей, усилителей, индикаторов) допускаются лица, имеющие разрешение для работы на электроустановках напряжением до 1000 В и изучившие руководство по эксплуатации в полном объеме.
2. Монтаж, наладка и эксплуатация разработанной САУ и К разрешается при наличии инструкции по технике безопасности, утвержденной предприятием-потребителем в установленном порядке и учитывающей специфику применения составляющих САУ и К на конкретном объекте.
3. При монтаже, наладке и эксплуатации САУ и К необходимо соблюдать требования действующих правил ПТЭ и ПТБ для электроустановок напряжением до 1000В.
4. Разработанная САУ должна эксплуатироваться в соответствии с требованиями действующих "Правил устройства электроустановок" (ПУЭ).
5. При монтаже, наладке и эксплуатации САУ и К следует использовать напряжения питания, соответствующие требованиям к электропитанию для составляющих САУ и К: датчиков, блоков суммирования сигналов, нормирующих преобразователей, усилителей, индикаторов (перечислить названия и модели). При подаче напряжения питания необходимое его значение должно устанавливаться не более, чем за 2-3 сек.
6. Все монтажные и профилактические работы должны проводиться при отключенном электропитании.
7. Запрещается подключать и отключать соединители при включенном электропитании.
8. Подключение следует производить с соблюдением полярности выводов. Неправильное подключение или подключение разъемов при включенном питании может привести к повреждению электронных компонентов САУ.
9. Неиспользуемые выводы подключать не следует.
10. При разборке составляющих САУ для устранения неисправностей САУ должна быть отключена от сети электропитания.
11. При извлечении приборов и средств автоматизации из корпусов нельзя прикасаться к их электрическим компонентам и подвергать внутренние узлы и части ударам.
12. Составляющие САУ и К рекомендуется располагать как можно далее от устройств, генерирующих высокочастотное излучение (например ВЧ-печи, ВЧ-сварочные аппараты, машины, или приборы использующие импульсные напряжения) во избежание сбоев в работе.

### 3.6. Техничко-экономическое обоснование принятым решениям

Цель организационно-экономической части дипломного проекта – расчёт эффективности и др. технико-экономических показателей от внедрения ТП оснащения САУ и К (САС и К) на станке мод. \_\_\_\_\_. Данный техпроцесс внедряется в связи с появившейся необходимостью повышения точности и производительности обработки, качества поверхностного слоя обрабатываемых заготовок и уменьшение потерь от брака. Расчёт эффективности и др. технико-экономических показателей от внедрение ТП проводим при сравнении двух вариантов – базового и проектируемого.

Базовый вариант – станок или промышленный робот мод. \_\_\_\_\_ остаётся без изменений.

Проектируемый – внедрение ТП проектирования, монтажа и наладки САС и К на этом станке (промышленном роботе).

Исходные данные для технико-экономического обоснования принятых решений:

1. По данным [17, с. 284] оснащение станка (промышленного робота) САУ (САС) \_\_\_\_\_ обеспечивает повышение производительности на 25 – 40%.

Для примера, принимаем повышение производительности на 25%.

2. Процент производимого брака ( $b_{об(баз)}$ ) на данной единице технологического оборудования – станок мод. \_\_\_\_\_ (выраженный в затратах на брак от общей стоимости обработки заготовок) составлял, например,  $b_{об(баз)} = 22\%$  (табл. П4, приложение П9)

В результате внедрения САУ \_\_\_\_\_ и организации технологического процесса проектирования, монтажа и наладки процент производимого сводится к нулю:  $b_{об(пр)} = 0\%$

3. План модернизации технологического оборудования участка дизельного производства АО «УК «БМЗ» на \_\_\_\_\_ г. (табл. 5)

4. График проекта производства работ (ППР) при организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ \_\_\_\_\_ станка мод. \_\_\_\_\_ (табл. 6).

5. Ведомость физических объемов работ (табл. 13)

6. Ведомость монтажных механизмов, инструмента и защитных средств (табл. 14)

### 3.6.1 Расчет затрат на внедрение мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ (САС) и К

Технологические процессы модернизации оборудования относятся к единичному или мелкосерийному производству. Единичное производство характеризуется оснащением технологического процесса ручными средствами производства. Мелкосерийное производство характеризуется оснащением технологического процесса механизированными средствами производства. Например, в соответствии с табл. 5 оснащение САС *мощности* вертикально-сверлильного станка мод. 2К125Ф2 отнесено к *мелкосерийному производству*.

#### Расчет капитальных затрат на оснащение САУ (САС)

В соответствии с ФСБУ 26/2020 «Капитальные вложения». Приказ Минфина от 17.09.2020 № 204н., помимо приобретения и изготовления объектов, к расходам капитального характера причисляются модернизация, уже имеющихся объектов, и все работы, связанные с ней. Эти работы отражены в табл. 5 (от определения потребности в оснащении САУ и САС до ввода в эксплуатацию).

Капитальные затраты на внедрение мероприятий по оснащению САС (САУ) и К (КТП):

$$К_{ТП} = З_{ф.о.р} + З_{тр} + З_{з.с} + З_{пр.р} + П_{пр}, \quad (13)$$

где  $З_{ф.о.р}$  – затраты на физические объемы работ (табл. 13);  $З_{тр}$  – транспортные расходы;  $З_{з.с}$  – заготовительно-складские расходы;  $З_{пр.р}$  – затраты на производство работ при оснащении (САУ) САС и К;  $П_{пр}$  – потери от простоя оборудования при ТП оснащения (САУ) САС и К.

Транспортные расходы  $З_{тр}$  (принимаются в размере 3 % от затрат на физические объемы работ [8]):

$$З_{тр} = 0,03 \cdot З_{ф.о.р}$$

Заготовительно-складские расходы  $З_{з.с}$  (принимаются в размере 7 % от затрат на физические объемы работ):

$$З_{з.с} = 0,07 \cdot З_{ф.о.р}$$

Затраты на производство работ при оснащении САС и К ( $З_{пр.р}$ ):

$$З_{пр.р} = З_{м.и.з.} + З_{о.зп} + З_{р.м} \quad (14)$$

где  $З_{м.и.з.}$  – затраты на монтажные механизмы, инструмент и средства защиты (табл. 14),

$З_{о.зп}$  – общие затраты на заработную плату участвующих в ТП оснащения (САУ) САС и К;  $З_{р.м}$  – затраты на расходные материалы.

$$З_{о.зп} = З_ч \cdot T_{ед} \cdot K_{доп.з/п} \cdot K_{соц.страх}, \quad (15)$$

где:  $З_ч$  – средняя заработная плата в час работников участвующих в ТП оснащения (САУ) САС и К;

$$З_4=320 \text{ (руб./час.)}^5$$

$T_B$  – количество отработанного времени (час.);

В соответствии с табл. 5 при оснащение САС *мощности* вертикально-сверлильного станка мод. 2К125Ф2:  $T_B = 255$  (час.)

$K_{\text{доп.з/п}}$  – коэффициент учитывающий дополнительную заработную плату (обычно  $K_{\text{доп.з/п}} = 1,1 \div 1,45$ , принимаем  $K_{\text{доп.з/п}} = 1,3$ );

$K_{\text{соц.страх}}$  – отчисления на социальное страхование ( $K_{\text{соц.страх}} = 31\% = 0,31$ )

Тогда в соответствии с формулой (21) вычисляем затраты на заработную плату ( $З_{\text{о.зп}}$ )

Затраты на расходные материалы, (принимаются в размере 1 % от затрат на физические объемы работ):

$$З_{\text{р.м}} = 0,01 \cdot З_{\text{ф.о.р}} \text{ (руб.)};$$

В соответствии с формулой (20) вычисляем затраты на производство работ при оснащении САС (САУ) и К ( $З_{\text{пр.р}}$ )

Потери от простоя оборудования при ТП оснащения (САУ) САС и К ( $\Pi_{\text{пр}}$ ):

$$\Pi_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} \cdot C_{\text{ч}}, \quad (16)$$

где  $T_{\text{пр}}$  – время простоя оборудования, связанное с его оснащением САС и К;

$T_{\text{пр}} = 226$  (час.) (рис. 6);

$C_{\text{ч}}$  – стоимость нормо-часа.

$$C_{\text{ч}} = З_{\text{ср.м}} \cdot 12 / \Phi_{\Gamma} \quad (17)$$

$З_{\text{ср.м}}$  – среднемесячная зарплата на предприятии  $З_{\text{ср.м}} = 35000^1$  (руб);  $\Phi_{\Gamma}$  – годовой фонд рабочего времени ( $\Phi_{\Gamma} = 1972$  ч. из календарного плана на 2021 год),

$C_{\text{ч}} = 35000 \cdot 12 / 1972 = 213$  (руб./час)

Тогда в соответствии с формулой (16) вычислим  $\Pi_{\text{пр.}}$ , а в соответствии с формулой (13)  $K_{\text{ТП}}$  (руб.)

Составляющие капитальных затрат и капитальные затраты на внедрение мероприятий по оснащению САС (САУ) и К вносим в табл. 14.

Таблица 14

Капитальные затраты на внедрение мероприятий по оснащению станка (САУ) САС и К

№ п.п	Наименование	Общая стоимость, руб.
1	Затраты на физические объемы работ	
2	Транспортные расходы	
3	Заготовительно-складские расходы	
4	Затраты на производство работ при оснащении САС и К	
5	Потери от простоя оборудования, в связи с внедрением ТП оснащения САС и К	
Итого $K_{\text{ТП}}$ :		

<sup>5</sup>Из материалов преддипломной практики

### 3.6.2 Расчет годового экономического эффекта от внедрения мероприятий

Годовой экономический эффект от оснащения системами автоматического управления и контроля технологического оборудования при его модернизации определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} - E_n \cdot K_{\text{ТП}}, \quad (18)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{у.г.}}$  – условно-годовая экономия;  $E_n$  – нормативный коэффициент.  $E_n$  выбираем в соответствии с табл. П7 (приложение 14).

Условно-годовую экономию рассчитываем по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \mathcal{E}_{\text{пр.тр}} + \mathcal{E}_6, \quad (19)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{пр.тр}}$  – экономия вызванная повышением производительности труда при внедрении САС (САУ) и К;  $\mathcal{E}_6$  – экономия от снижения брака.

#### Расчет экономии от повышения производительности труда при внедрении САС (САУ) и К ( $\mathcal{E}_{\text{пр.тр}}$ ):

В проектируемом варианте за счет оснащения технологического оборудования САУ и К производительность труда возрастет на 25%. Тогда экономии от повышения производительности труда ( $\mathcal{E}_{\text{пр.тр}}$ ) составит:

$$\mathcal{E}_{\text{пр.тр}} = \frac{B_{\Gamma} \cdot 25}{100}, \quad (20)$$

где запланированный выпуск годовой продукции в руб. ( $B_{\Gamma}$ ):

$$B_{\Gamma} = S_{\text{пл}} \cdot T_{(\text{баз})} \cdot C_{\text{ч}}, \quad (21)$$

где  $S_{\text{пл}}$  – объем запланированной серии 500 шт. и  $T$  – технологическая трудоемкость операций на вертикально-сверлильном станке мод. 2К125Ф2, оснащаемом САС мощности, 1,6 н-ч. (табл. П4, приложение П9),  $C_{\text{ч}}$  – стоимость нормо-часа станочника.

$$C_{\text{ч}} = Z_{\text{ср.м}} \cdot 12 / \Phi_{\Gamma} \quad (22)$$

$Z_{\text{ср.м}}$  – среднемесячная зарплата станочника  $Z_{\text{ср.м}} = 45000$  (руб);  $\Phi_{\Gamma}$  – годовой фонд рабочего времени ( $\Phi_{\Gamma} = 1972$  ч. из календарного плана на 2021 год),

$$C_{\text{ч}} = 45000 \cdot 12 / 1972 = 274$$

По формуле (21) вычислим  $B_{\Gamma}$ , а затем по формуле (20)  $\mathcal{E}_{\text{пр.тр}}$ .

#### Расчет экономии от снижения брака $\mathcal{E}_6$ :

$$\mathcal{E}_6 = \frac{(b_{\text{бр(баз)}} - b_{\text{бр(пр)}}) \cdot B_{\Gamma}}{100}, \quad (23)$$

где  $b_{\text{об(баз)}}$ ,  $b_{\text{об(пр)}}$  – процент брака на данной единице технологического оборудования (выраженный в затратах на брак от общей себестоимости заготовок), до и после внедрения САС и К,  $B_{\Gamma}$ .

Подставив в формулу 23 значения  $b_{\text{об(баз)}}$ ,  $b_{\text{об(пр)}}$  и  $B_{\Gamma}$  получим значение экономии от снижения брака  $\mathcal{E}_6$ .



Затем в соответствии с формулой (19) вычислим условно-годовую экономию ( $\Delta y_{г.}$ ), а затем годовой экономический эффект ( $\Delta_{год}$ ) в соответствии с формулой (19).

### 3.6.3. Расчет коэффициента экономической эффективности и срока окупаемости

*Срок окупаемости капитальных вложений* на внедрение САУ ( $T_{ок}$ ), показывает время, в течение которого капитальные вложения окупятся за счет дополнительной прибыли или экономии от снижения себестоимости (на год), определяется по формуле ( $T_{ок}$ ):

$$T_{ок} = K_{ТП} / \Delta П, \quad (24)$$

где  $\Delta П$  – прирост прибыли, вызванный внедрением ТП оснащения САС и К ( $\Delta П = \Delta y_{г.}$ ),  $K_{ТП}$  – капитальные затраты (вложения) на внедрение мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ и К тогда по формуле (24) вычислим  $T_{ок}$ . Срок окупаемости должен быть равен или меньше нормативного ( $T_{ок} \leq T_n$ ). В соответствии с табл. П7 (приложение 14)  $T_n$  сравниваем  $T_{ок}$  и  $T_n$ .

*Коэффициент экономической эффективности* ( $K_{эф}$ ) показывает экономию от внедрения ТП оснащения оборудования САУ и К на каждый рубль капитальных вложений, рассчитывается по формуле:

$$K_{эф} = \Delta П / K_{пр}, \quad (25)$$

Коэффициент экономической эффективности должен быть равен или больше принятой величиной нормативного коэффициента ( $K_{эф} \geq E_n$ )

Результаты выполненных расчетов сводим в таблицу (табл. 15).

Таблица 15

Результаты расчетов технико-экономических показателей  
экономической эффективности от внедрения САУ и К

№ п.п.	Наименование показателей	Единицы измерения	Наименование варианта	
			базовый	проектируемый
1	Снижение затрат на брак при внедрении САС (САУ) и К	руб.	0	
2	Повышение производительности труда	руб.	0	
3	Годовой экономический эффект	руб.	0	
4	Срок окупаемости капитальных затрат (вложений)	год	0	
5	Годовой экономический эффект при внедрении совмещенной ФСА	руб.	0	

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения **части I** дипломного проекта разработаны мероприятия по оснащению САС (САУ) \_\_\_\_\_ станка мод. \_\_\_\_\_ с совмещенной ФСА \_\_\_\_\_, сформирован пакет необходимой конструкторско-технологической документации, соответствующий требованиям ЕСКД, ЕСТД и др. стандартов.

Проведены теоретические исследования, в результате которых определена потребность в оснащении САУ и САС оборудования предприятия, составлен план модернизации и график проведения работ, оптимизированный с помощью сетевой модели.

**В расчётно-аналитической разработке** смоделированы на ЭВМ частотные характеристики и показатели качества работы САС (САУ), достигнуты параметры устойчивости и качества переходного процесса САС (САУ), соответствующие требованиям.

**В конструкторской разработке** определены контрольно-измерительные функции и составляющие САС (САУ) и К, разработаны чертежи ФСА и щита контроля и управления.

**Технологическая разработка** содержит маршрутную карту сборки щита, технологическую схему сборки щита, ведомости физических объемов работ, ведомости монтажных механизмов, инструмента и защитных средств, схемы технологического процесса монтажа САС (САУ) и К.

**В разделе мероприятий по монтажу, наладке и эксплуатации спроектированной САС** разработаны подготовительные мероприятия к проведению монтажных и наладочных работ, мероприятия по монтажу, наладке и эксплуатации САС, основные требования к технике безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации САС.

**Во II части** дипломного проекта дано **технико-экономическое обоснование принятых решений**. Произведены расчеты затрат на внедрение мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САС (САУ), годового экономического эффекта от внедрения мероприятий, коэффициента экономической эффективности и срока окупаемости.

Оснащение технологического оборудования средствами автоматизации позволяет сократить затраты на изготовление продукции, повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции, снизить затраты на брак. Для автоматизации технологических процессов требуются дополнительные капитальные затраты на этапах проектирования, монтажа и наладки систем автоматики.

Дипломный проект состоит из текстовой и графической части. Текстовая часть представлена пояснительной запиской в объеме \_\_\_\_ листов А4. Графическая представлена в объеме \_\_\_\_ листов формата А1 с необходимыми сборочными чертежами, а также схемами и зависимостями, иллюстрирующими расчётно-аналитическую разработку.

## ЛИТЕРАТУРА

### Список использованных и рекомендуемых источников

1. Автоматическое управление: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Б.И. Горошков. – Москва: Издательский центр «Академия», – 2013. – 304с.- Текст непосредственный.
2. Андреев, С.М. Разработка и моделирование несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / С.М. Андреев, Б.Н. Парсункин. – Москва: Издательский центр «Академия», 2016. – 272 с.- Текст электронный.
3. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для среднего профессионального образования / И.Ф. Бородин, С. А. Андреев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, – 2022. –386 с. -Текст электронный.
4. Бутов, Г.Н. Планирование на предприятии: учебное пособие / Г.Н. Бутов. – Казань: КФ ВГАВТ, 2010. – 86 с. -Текст электронный.
5. Волков, О.И. Экономика предприятия: учебное пособие /О.И. Волков. – Москва: Инфра-м, 2015. – 415с. - Текст электронный.
6. Ганенко А.П. Оформление текстовых и графических материалов при подготовке дипломных проектов, курсовых и письменных экзаменационных работ (требования ЕСКД): Учеб.пособие для сред. проф. образования. -2-е изд., перераб. / А. П. Ганенко, М. И. Лапсарь. – Москва: издательский центр Академия, 2018. – 352 с. - Текст электронный.
7. Горленко, О.А. Модернизация технологического оборудования: монография/ О.А. Горленко, И.М. Корсакова, А.В. Корсаков; под ред. О.А. Горленко. – Брянск: БГТУ, 2012. – 143 с.- Текст непосредственный.
8. Даниленко М.И. Экономика промышленности: Краткий курс лекций. – Кемерово, 2011. – 54 с. - Текст электронный.
9. Каминский М.Л., Монтаж приборов и систем автоматизации / М.Л. Каминский, В.М. Каминский. - Москва: Высшая школа, 2005. – 248с. - Текст электронный.
10. Клавдиев А.А. /Теория автоматического управления в примерах и задачах. Ч.1: Учеб.пособие. – Санкт-Петербург: СЗТУ, 2005. 74 с. - Текст электронный.
11. Корсакова И.М. / Курсовое проектирование: Методические рекомендации для выполнения курсового проекта по дисциплине Автоматическое управление / И.М. Корсакова, Е.В. Машкова. – PalmariumAcademicPublishing, 2014. - 197с. -Текст электронный.
12. Корсакова И.М. / Дипломное проектирование: Методические рекомендации для выполнения дипломного проекта по специальности автоматизация технологических процессов / И.М. Корсакова. – Брянск: БППК, 2021. – 198 с. -Текст электронный.
13. Корсакова И.М. Глава 18. Исследование систем автоматического управления // Раздел 3. Современные технологии как фактор и результат инновационного развития / Инновационное развитие науки и образования: монография. / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2018. – С. 195–206. - Текст электронный.

14. Корсакова И.М. / Определение потребности в модернизации технологического оборудования: монография / И.М. Корсакова. – LAP LambertAcademicPublishing, 2014.-156с. -Текст электронный.
15. Корсакова, И.М. Определение потребности в модернизации технологического оборудования. / Справочник. Инженерный журнал. – 2006.–№ 2. – С. 58-62. - Текст непосредственный.
16. Корсакова, И.М. Экономические аспекты модернизации оборудования/ И.М. Корсакова, И.В. Говоров. / Вестник Брянского Государственного Технического Университета. – 2007.– № 2. – С. 74-80. - Текст непосредственный.
17. Корытин, А.М. Автоматизация типовых технологических процессов и установок: учебник для вузов / А.М. Корытин, Н.К. Петров, С.Н. Радимов. -2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 432 с. - Текст электронный.
18. Монтаж приборов и средств автоматизации: справочник / под ред. А. К. Адабашьяна, К. А. Алексеева, А. С. Ключева, Д. П. Чупрова, Москва: Энергия, 1972-504с. - Текст электронный.
19. Монтаж средств измерений и автоматизации. Справочник. Под ред. А. С. Ключева, Москва: Энергоатомиздат, 1988. - 447 с. Текст электронный.
20. Назаров В.Н. / Монтаж, наладка, эксплуатация систем автоматизации: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведения / В.Н. Назаров, А. А. Третьяков, П.М. Оневский. – Тамбов: ТГТУ, 2012.-240с. -Текст электронный.
21. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. Справочник. Под ред. А. С. Ключева, Москва: Энергоатомиздат, 1989. - 368 с. -Текст электронный.
22. Наладка средств измерений и систем технологического контроля: справ. пособие / под ред. А.С. Ключева. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. - 400 с. -Текст электронный.
23. Организация производства и управление предприятием: Учебник. Под ред. О.Г. Туурова – Москва: ИНФРА-М, 2014.-528 с. -Текст электронный.
24. Правила устройства электроустановок, – Москва: Минэнерго РФ, 2006. - 330с. - Текст электронный.
25. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ.пособие / под ред. А.С. Ключева. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. - 464 с. - Текст электронный.
26. Сибикин, Ю.Д. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования промышленных предприятий и установок: Учеб.пособие для проф. учеб. заведений/Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин.– Москва: Высшая школа, 2003.– 462с. -Текст электронный.
27. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии: учебное пособие для СПО / В. В. Троценко, В. К. Федоров, А. И. Забудский, В. В. Комендантов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 136 с. -Текст электронный.
28. Сулов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. – Москва: Машиностроение, 2002. – 684 с. Текст непосредственный.
29. Тарасевич, Л.С. Экономика для технических специальностей: учебник серии ФИНЭКа / Л.С. Тарасевич, А. И. Леусский, П. И. Гребенников. – Москва: "Юрайт" 2017. – 288 с. -Текст электронный.

30. Теория автоматического управления: Учеб. Для машиностроит. спец. вузов/В.Н. Брюханов, М.Г. Косов, С.П. Протопопов и др.; Подред. Ю.М. Соломенцева.— 3-е изд.— Москва: Высш. шк.; 2000. — 268 с. -Текст электронный.
31. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования/, ЭНИМС.— Москва: Машиностроение, 2002.— 672с. - Текст электронный.
32. Управление персоналом: Учебник для вузов /Под ред. Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина. —2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ЮНИТИ, 2066. —560 с. -Текст электронный.
33. Федеральные единичные расценки на монтаж оборудования ФЕРм -2001-13 Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники. Москва: Госстрой России, 2015.-34с. -Текст электронный.
34. Федоров, С.Е., Компьютерное моделирование и исследование систем автоматического управления: учебно-методическое пособие / С.Е. Федоров. — Москва : Русайнс, 2020. -Текст электронный.
35. Шишмарёв В.Ю. / Основы автоматического управления: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведения / В. Ю. Шишмарёв. — Москва: ИРПО: Академия, 2008.-352с. -Текст электронный.
36. Шишмарёв, В.Ю., Основы автоматизации технологических процессов: учебник / В.Ю. Шишмарёв. — Москва: КноРус, 2021. — 406 с. - Текст: электронный.
37. Экономика предприятия: Учебник для вузов / В.Я. Горфинкель, Е.М. Купряков, В.П. Прасолова и др.: Под ред. В.Я. Горфинкеля. — Москва: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2009. -367с. -Текст электронный.

### **Список стандартов**

38. ГОСТ Р 2.105-2019. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. Москва: Стандартинформ, 2021. — 25с. -Текст электронный.
39. ГОСТ Р 2.106-2019. Текстовые документы. Москва: Стандартинформ, 2021. — 32с. -Текст электронный.
40. ГОСТ 2.201-80. ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов. — Москва: Издательство стандартов, 2006. — 13с. -Текст электронный.
41. ГОСТ 2.316-2008. ЕСКД. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. — Москва: Издательство стандартов, 2008. — 8с. -Текст электронный.
42. ГОСТ Р 2.601-2019 ЕСКД. Эксплуатационные документы. Москва: Стандартинформ, 2021. — 29с. -Текст электронный.
43. ГОСТ Р 2.610-2019 ЕСКД. Правила выполнения эксплуатационных документов. Москва: Издательство стандартов, 2021. — 22с. -Текст электронный.
44. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. Москва: Издательство стандартов, 2009. — 31с. -Текст электронный.
45. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем. Москва: Издательство стандартов, 2011. — 11с. -Текст электронный.
46. ГОСТ 3.1105-2011 ЕСТД. Формы и правила оформления документов общего назначения. — Москва: Издательство стандартов, 2011. — 26с. -Текст электронный.
47. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт. Москва: 2012. — 131с. -Текст электронный.

48. ГОСТ Р 7.0.100-2018 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу (СИБИД). Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. Москва: Стандартинформ, 2018. – 11с. -Текст электронный.
49. ГОСТ 12.3.032-84 ССБТ Работы электромонтажные. Монтаж и наладка, Москва: 2006.–59с. -Текст электронный.
50. ГОСТ 12.4.103-83. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация. 1983. – 9с. -Текст электронный.
51. ГОСТ 21.208-2013. Обозначение условных приборов и средств автоматизации в схему, – Москва: Издательство стандартов, 2014. -32с. -Текст электронный.
52. ГОСТ 21.408-2013 СПДС. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов, – Москва: Издательство стандартов, 2014. – 29с. -Текст электронный.
53. ГОСТ 24.104-85. Автоматизированные системы управления. Общие требования, – Москва: Издательство стандартов, 1985.– 20с. -Текст электронный.
54. ГОСТ 34.601-90 Автоматизированные системы. Стадии создания, – Москва: Издательство стандартов, 1990.– 6с. -Текст электронный.
55. ГОСТ Р 51664-2000. Системы и аппаратура автоматического управления каналами радиосвязи. Основные параметры: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 16 ноября 2000 г. № 299-ст. Москва: Стандартинформ, 2000. – 19с. - Текст электронный.
56. СНиП 3.05.07-85. Системы автоматизации. 1982. – 24с. -Текст электронный.
57. ВСН 161-82. Инструкция по составлению проектов производства работ на монтаж систем автоматизации, 1982. – 12с. -Текст электронный.
58. ВСН 329-78. Инструкция по техники безопасности при монтаже и наладке приборов контроля и средств автоматизации, 1982. – 71с. -Текст электронный.
59. МСН 161-82 Инструкцию по составлению проектов производства работ на монтаж приборов и средств автоматизации, 1984. – 71с. -Текст электронный.

#### **Интернет ресурсы:**

<http://www.gaps.tstu.ru/win-1251/lab/eskd/termen/index.html> - Терминология ЕСКД  
<http://www.dessy.ru>  
<http://www.mzta.ru>  
<http://www.vecgroup.ru>  
<http://www.tdpem.ru>  
<http://www.sensor-systems.ru>  
<http://www.compeljournal.ru>  
<http://www.priborsnab.com.ua>  
<http://hubner.ru>  
<http://www.rentamatic.ru>  
<http://www.maksim-llc.ru>  
<http://v-kip.ru>  
<http://www.roskip.ru>  
<http://www.investorsedge.com/>  
[www.minfin.ru](http://www.minfin.ru)- Минфин РФ  
<http://www.sau-line.com/>  
<http://www.edu.sety.ru> -образовательный портал  
<http://www.edu.BPwin> - Мастерская Dr\_dimdim.ru -учебная мастерская

## Приложение 1

### Основная надпись и дополнительные графы

Серий. № _____	Разр. произв. _____	
-------------------	------------------------	--


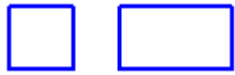

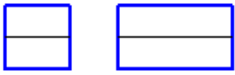


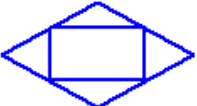


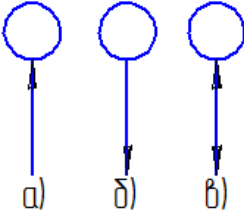
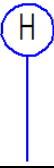

Инв. № _____	Дата _____	Инв. № _____	Дата _____	Инв. № _____	Дата _____				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БПГК. ДП#XXX. XXX ##				
Разраб.									
Проб.									
Т.контр.									
Н.контр.									
Утв.									
					Лист _____				
					Листов 1				

Копирован
Формат А

## Приложение 2

Таблица П.1

Условные графические обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи

№п/п	Наименование	Обозначение
1	Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту):	
	а) основное обозначение	
	б) допускаемое обозначение	
2	Прибор, устанавливаемый на щите, пульте:	
	а) основное обозначение	
	б) допускаемое обозначение	
3	Функциональные блоки цифровой техники (контроллер, системный блок, монитор, устройство сопряжения и др.)	
4	Прибор, устройство ПАЗ, установленный вне щита:	
	а) основное обозначение	
	б) допускаемое обозначение	
	б) допускаемое обозначение	
5	Исполнительный механизм. Общее обозначение	
6	Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала:	
	а) открывает регулирующий орган б) закрывает регулирующий орган в) оставляет регулирующий орган в неизменном положении	
7	Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом	
8	Линия связи. Общее обозначение	



### Приложение 3

Таблица П.2

Основные символьные обозначения измеряемых величин  
и функциональных признаков приборов

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
A	Анализ  Величина, характеризующая качество: состав, концентрация, детектор дыма и т.п. (5.13)	-	Сигнализация	-	-
B	Пламя, горение	-	-	-	-
C	+	-	-	Автоматическое регулирование, управление	-
D	+	Разность, перепад	-	-	Величина отклонения от заданной измеряемой величины
E	Напряжение	-	-	Чувствительный элемент	-
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-	-
G	+	-	Первичный показывающий прибор	-	-
H	Ручное воздействие	-	-	-	Верхний предел измеряемой величины
I	Ток	-	Вторичный показывающий прибор	-	-
J	Мощность	Автоматическое переключение, обегание	-	-	-
K	Время, временная программа	-	-	Станция управления	-
L	Уровень	-	-	-	Нижний предел измеряемой величины
M	+	-	-	-	Величина или

					среднее по- ложение (между верх- ним и нижним)
N	+	-	-	-	-
O	+	-	-	-	-
P	Давление, вакуум	-	-	-	-
Q	Количество	Интегрирование, суммирование по времени	-	+	-
R	Радиоактивность	-	Регистрация	-	-
S	Скорость, частота	Самосрабатыва- ющее устройство безопасности	-	Включение, отключение, переключение, блокировка	-
T	Температура	-	-	Преобразова- ние	-
U	Несколько разно- родных измеряе- мых величин	-	-	-	-
V	Вибрация	-	+	-	-
W	Вес, сила, масса	-	-	-	-
X	Нерекомендуе- мая резервная буква	-	Вспомогательные компьютерные устройства	-	-
Y	Событие, состоя- ние	-	-	Вспомога- тельное вы- числительное устройство	-
Z	Размер, положе- ние, перемеще- ние	Системаinstrу- ментальной без- опасности, ПАЗ	-	+	-











Примечание.

Буквенные обозначения, отмеченные знаком "+", назначаются по выбору пользователя, а отмеченные знаком "-" не используются.



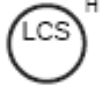

# Приложение 4














Таблица П.3

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации

№ п/п	Наименование	Обозначение
1	Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту. Например: преобразователь термоэлектрический (термопара), термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.п.	
2	Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту. Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т.п.	
3	Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите. Например: милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.	
4	Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: термометр манометрический (или любой другой датчик температуры) бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
5	Прибор для измерения температуры однотоочный, регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.	
6	Прибор для измерения температуры с автоматическим обегачим устройством, регистрирующий, установленный на щите. Например: многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т.п.	
7	Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: любой самопишущий регулятор температуры (термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.)	
8	Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту. Например: дилатометрический регулятор температуры	
9	Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите. Например: вторичный прибор и регулирующий блок системы "Старт"	
10	Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле температурное	

№ п/п	Наименование	Обозначение
11	Первичный прибор контроля температуры в системе ПАЗ	
12	Измерение температуры. Аналого-цифровой преобразователь, установленный на щите, включенный в контур ПАЗ	
13	Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите	
14	Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите	
15	Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту. Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напорометр, вакуумметр и т.п.	
16	Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий	
17	Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
18	Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления	
19	Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле давления	
20	Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту. Например: электроконтактный манометр, вакуумметр и т.п.	
21	Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: датчик индукционного расходомера и т.п.	
22	Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: ротаметр бесшкальный с пневмо- или электропередачей	

№ п/п	Наименование	Обозначение
23	Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите. Например: любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов	
24	Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр) показывающий	
25	Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту. Например: любой бесшкальный счетчик-расходомер с интегратором	
26	Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий с интегратором	
27	Массовый многопараметрический расходомер, обеспечивающий измерение расхода, температуры с аналоговым токовым выходом 4-20 мА	
28	Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту. Например: счетчик-дозатор	
29	Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту. Например: датчик электрического или емкостного уровнемера	
30	Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня	
31	Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня	
32	Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
33	Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: электрический регулятор-сигнализатор уровня. Буква Н в данном примере означает блокировку по верхнему уровню	
34	Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите. Например: прибор вторичный показывающий с сигнальным устройством. Буквы Н и L означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней	
35	Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту. Например: прибор показывающий для измерения толщины	

№ п/п	Наименование	Обозначение
	стальной ленты	
36	Прибор для измерения электрической величины показывающий, установленный по месту. Например: - напряжение  - сила тока  - мощность	  
37	Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите. Например: командный электропневматический прибор (КЭП), многоцепное реле времени	
38	Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите. Например: прибор влагомера вторичный	 <span>Влажность</span>
39	Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту. Например: датчик pH-метра	 <span>pH</span>
40	Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту. Например: газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах	 <span>O<sub>2</sub></span>
41	Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: прибор вторичный самопишущий регулятора концентрации серной кислоты в растворе	 <span>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></span>
42	Первичный показывающий прибор для измерения радиоактивности с сигнализацией предельно допустимых концентраций $\alpha$ - и $\beta$ -лучей, установленный по месту	 <span><math>\alpha, \beta</math></span>
43	Прибор для измерения скорости вращения, привода регистрирующий, установленный на щите. Например: прибор вторичный тахогенератора	
44	Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту. Например: дифманометр-расходомер самопишущий с дополнительной записью давления. Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится справа от прибора	 <span><math>U=f(P)</math></span>
45	Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту. Например: вискозиметр показывающий	 <span>Вязкость</span>
46	Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: устройство электронно-тензометрическое сигнали-	

№ п/п	Наименование	Обозначение
	зирующее	
47	Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите. Например: прибор вторичный запально-защитного устройства	
48	Преобразователь сигнала, установленный на щите. Входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический. Например: преобразователь измерительный, служащий для преобразования т.э.д.с. термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока	
49	Преобразователь сигнала, установленный по месту. Входной сигнал пневматический, выходной - электрический	
50	Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения. Например: множитель на постоянный коэффициент К, установленный на щите	
51	Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (включение, выключение насоса; открытие, закрытие задвижки и т.д.). Например: магнитный пускатель, контактор и т.п. Применение резервной буквы N должно быть оговорено на поле схемы	
52	Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение двигателя; открытие, закрытие запорного органа, изменение задания регулятору), установленная на щите. Например: кнопка, ключ управления, задатчик	
53	Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите. Например: кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой и т.п.	
54	Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для ПАЗ верхнего уровня и нижнего уровня с выводом сигнала при четырех значениях уровня	
55	Клапан регулирующий, закрывающий при прекращении подачи энергии с функцией ручного управления	
Примечание - В изображении прибора или аппарата для всех примеров вместо окружности допускается использовать квадрат или прямоугольник.		

### Состав и объем дипломного проекта

Наименование	Рекомендуемый объем (кол.листов или формат)	Рекомендуемые обозначения
<b>Пояснительная записка</b>	60-75 листов	БППК. ДП0XXX <sup>6</sup> . 000 ПЗ
<b>Графическая часть:</b>	4,5-6,0 Л. формата А1	
Лист 1 Оборудование, оснащаемое САУ (САС)	A1	БППК. ДП1XXX. 000 ВВ
Лист 2 Схемы САУ с указанием индивидуальных параметров	A1	БППК. ДП2XXX. 000 С0
Лист 3 Параметры устойчивости и качества САУ	A2	БППК. ДП3XXX. 000 С10
Лист 4 ФСА и К	A2 (A1)	БППК. ДП4XXX. 000 С3
Лист 5 Щит контроля и управления с ТСС	A1	БППК. ДП5XXX. 000 СБ
Лист 6 Установка САУ(САС) и К <sup>7</sup>	A1	БППК. ДП6XXX. 000 СБ
Лист 7 Экономические показатели	A2	БППК. ДП7XXX. 000 ЭП

#### Технологическая документация:

1. Технологическая схема системы автоматического управления
2. Ведомость физических объемов работ
3. Ведомость монтажных механизмов, инструмента и защитных средств
4. Схема технологического процесса монтажа САУ и К
5. Маршрутная карта сборки щита
6. Маршрутная карта сборки САУ и К

#### Содержание дипломного проекта

Пояснительная записка  
и индивидуальный график выполнения проекта

№ п/п	Содержание	Кол-во листов	Срок выполнен.
1	2	3	4
	Авантитул Титульный лист Задание на дипломное проектирование	3	
	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4	
1	<b>ЧАСТЬ I. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОСНАЩЕНИЮ САУ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ</b>	39-47	
1.1	<b>Раздел 1. Разработка мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ</b>	9-10	
1.1.1	Определение потребности в оснащении САУ и САС оборудования предприятия. Составление плана модернизации технологического оборудования	2	
1.1.2	Составление графика проведения работ и его оптимиза-	2	

<sup>6</sup> XXX – № зачетной книжки

<sup>7</sup> Для студентов, не претендующих на оценку «отлично», лист 6 допускается не выполнять



	ция с помощью сетевой модели		
1.1.3	Характеристика объекта управления	2	
1.1.4	Назначение и принцип действия САУ. Технологическая схема САУ. Заданные параметры элементов и требуемые характеристики	2-3	
1.1.5	Составление технического задания	1	
<b>1.2</b>	<b>Раздел 2. Расчётно-аналитическая разработка</b>	<b>12-14</b>	
1.2.1	Составление структурной схемы и модели САУ(САС)	1-2	
1.2.2	Вывод передаточных функций всех элементов САУ(САС)	2	
1.2.3	Определение передаточной функции местной обратной связи	1	
1.2.4	Построение модели САУ с эквивалентно преобразованным звеном местной обратной связи	1	
1.2.5	Моделирование разомкнутой структурной схемы САУ(САС) на ЭВМ, проверка ее работоспособности. Моделирование устойчивости заданной САУ(САС) по критерию Найквиста. Коррекция устойчивости исходной САУ(САС)(при необходимости)	2	
1.2.6	Вывод передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем	1-2	
1.2.7	Моделирование частотных характеристик замкнутой САУ	2	
1.2.8	Определение устойчивости замкнутой САУ (САС)на ЭВМ	1	
1.2.9	Моделирование основных показателей качества работы САУ(САС). Коррекция качества переходного процесса (при необходимости)	1	
<b>1.3</b>	<b>Раздел 3. Конструкторская разработка</b>	<b>9-12</b>	
1.3.1	Определение контрольно-измерительных функций и составляющих системы автоматического управления и контроля	1-2	
1.3.2	Разработка функциональной схемы автоматизации (ФСА)	2-3	
1.3.3	Выбор элементной базы на основании расчета и анализа САУ(САС) и разработанной ФСА	4-5	
1.3.4	Разработка чертежа и технологической схемы сборки щита контроля и управления	2	
<b>1.4</b>	<b>Раздел 4. Технологическая разработка</b>	<b>4</b>	
1.4.1	Составление <i>маршрутной карты</i> сборки щита (пульта)	1	
1.4.2	Составление ведомости физических объемов работ	2	
1.4.3	Составление ведомости монтажных механизмов, инструмента и защитных средств	1	
1.4.4	Составление схемы технологического процесса монтажа САУ(САС) и К	1	
<b>1.5</b>	<b>Раздел 5. Разработка мероприятий по монтажу, наладке и эксплуатации спроектированной САУ</b>	<b>5-7</b>	
1.5.1	Подготовка к проведению монтажных и наладочных работ	1	
1.5.2	Мероприятия по монтажу оборудования	1-2	
1.5.3	Мероприятия по наладке оборудования	1	
1.5.4	Мероприятия по эксплуатации САУ(САС)	1	
1.5.5	Техника безопасности при монтаже, наладке и эксплуатации САУ	1-2	
<b>2</b>	<b>ЧАСТЬ II. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ</b>	<b>8-10</b>	

	<b>ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИИ</b>		
2.1	Расчет затрат на внедрение мероприятий по организации ТП проектирования, монтажа и наладки САУ(САС)	2-3	
2.2	Расчет годового экономического эффекта от внедрения мероприятий	4-5	
2.3	Расчет коэффициента экономической эффективности и срока окупаемости	2	
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>1</b>	
	<b>Список использованных источников</b>		
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>		

Руководитель проекта \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Консультанты:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Задание выдано \_\_\_\_.

Защита проекта \_\_\_\_.

Направлен на рецензирование.

Зам. директора по учебной работе

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

## Приложение 7

Форма 2 основной надписи для первого листа ПЗ ДП – содержания

					<i>БППК. ДПОххх. 000 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Пояснительная записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Петров</i>						
<i>Пров.</i>		<i>Корсакова</i>					4	
						<i>Гр. 40С-18</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравченко</i>						
<i>Утв.</i>								

Приложение 8.

Форма 2а для последующих текстовых листов ПЗ

					БПК. ДПОххх. 000 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# Приложение 9

Таблица П4

Определение потребности в оснащении САУ и САС участка оборудования дизельного производства АО «УК «БМЗ» с целью повышения точности ( $k_1$ ) обрабатываемых изделий

G2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

# Приложение 10

Таблица П5

Определение потребности в оснащении САУ и САС участка оборудования дизельного производства АО «УК «БМЗ» с целью повышения производительности ( $k_2$ ) обработки

J2	=ОКРУГЛ(1-2,7^(-H2/(100*I2));2)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	№п.п.	Наименование	Модель	Год выпуска		%воб	$k_1$	Спл	T	$k_2$
2	65	Промышленный робот	КМ0,63Ц	1988		0	0	600	1,1	1
3	66	Промышленный робот	Бриг 10Б	1987		0	0	590	1,1	1
4	13	Станок копировально-фрезерный	6441А	1983		23	1	600	1,5	0,98
5	32	Станок копировально-фрезерный	6Б443Г	1986		23	1	580	1,6	0,97
6	14	Станок вертикально-сверлильный с ЧПУ	2К125Ф2	1984		22	1	500	1,6	0,96
7	12	Станок вертикально-сверлильный с ЧПУ	2К135Ф2	1983		22	1	550	1,8	0,95
8	6	Станок токарно-винторезный с УЦИ	1М63БФ101	1992		5	0,17	150	1	0,77
9	10	Станок токарно-винторезный с УЦИ	16К20Ф1	1982		2	0,07	100	2	0,39
10	33	Станок токарно-винторезный с ЧПУ	1М63БФ11	1991		0	0	100	2	0,39
11	34	Станок токарно-винторезный с ЧПУ	1А62БФ2	1995		0	0	100	2	0,39
12	36	Станок токарно-патронный с ЧПУ	1М63БФ101	1995		0	0	50	1	0,39
13	35	Станок токарно-винторезный с ЧПУ	1М63МФ101	1996		0	0	50	2	0,22
14	25	Центр токарно-револьверный с ЧПУ	ST-30 HAAS	2013		0	0	14	1	0,13
15	26	Центр токарно-револьверный с ЧПУ	ST-20 HAAS	2014		0	0	21	1,7	0,12
16	27	Центр токарно-револьверный с ЧПУ	ST-40 HAAS	2014		0	0	20	2	0,09
17	28	Станок отделочно-расточной	2733П	1981		0	0	19	1,9	0,09
18	29	Станок горизонтально-расточной	2А622Ф4-1	2008		0	0	18	1,8	0,09
19	24	Станок токарно-револьверный с ЧПУ	1Б340Ф3	1986		0	0	13	1,6	0,08
20	31	Станок плоскошлифовальный	ЗД711ВФ11	1985		8	0,27	11	1,5	0,07
21	7	Станок токарно-винторезный с УЦИ	16К40Ф101	1992		5	0,17	12	2	0,06
22	19	Станок токарно-патронный с ЧПУ	1П756ДФ313	1997		2	0,07	12	2	0,06
23	20	Токарно-патронный полуавтомат с ЧПУ	1А734Ф3	1985		2	0,07	12	2	0,06
24	39	Станок радиально-сверлильный	2А554	1986		0	0	12	2	0,06
25	40	Станок радиально-сверлильный	R-80	1989		0	0	12	2	0,06
26	41	Станок радиально-сверлильный	RFH 100/3000	1989		0	0	12	2	0,06
27	42	Станок радиально-сверлильный	RFH100/3000	1989		0	0	12	2	0,06
28	43	Центр обрабатывающий	H EC-630	1989		0	0	12	2	0,06
.....										
61	60	Станок внутришлифовальный	5А	1982		0	0	10	3	0,03
62	61	Станок внутришлифовальный	ЗК228А	1982		0	0	10	3	0,03
63	62	Станок круглошлифовальный с ЧПУ	ЗМ162МФВ-2	1987		0	0	10	3	0,03
64	63	Станок резьбо-профиленакатной	PR 25.1	1984		0	0	10	4	0,02
65	64	Центр сверлильно-резьбонарезной обраба	DT-1 HAAS	2011		0	0	10	4	0,02
66	65	Промышленный робот	КМ0,63Ц	1988		0	0	600	1,1	1
67	66	Промышленный робот	Бриг 10Б	1987		0	0	590	1,1	1
68	67	Промышленный робот	Циклон-5	1988		0	0	10	3	0,03
69	68	Промышленный робот	Универсал 15	1988		0	0	10	4	0,02
70	69	Промышленный робот	Бриг 10Б	1988		0	0	10	4	0,02
71	70	Промышленный робот	Универсал 5	1988		0	0	10	2	0,05

## Приложение 11

Бланк технического задания на проектирование

Проект выполняет \_\_\_\_\_

Срок \_\_\_\_\_

«Утверждаю»  
Главный инженер завода \_\_\_\_\_

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №

от \_\_\_\_\_ на проектирование

1. Наименование, содержание задания Разработка мероприятий по оснащению САУ...

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Место установки \_\_\_\_\_

3. Схема (конструктивная, технологическая, др.) \_\_\_\_\_

Технологическая схема системы автоматического управления (автоматической стабилизации) (рис. \_\_\_\_\_), заданные параметры элементов САС (табл.), требуемые характеристики устойчивости и качества переходного процесса (с. \_\_\_\_\_)

4. Рекомендуемая для использования документация

Техническая документация и паспорт объекта управления мод. \_\_\_\_\_

5. Экономическое обоснование \_\_\_\_\_

Повышение точности и производительности, повышение качества поверхностного слоя обрабатываемых заготовок (с. \_\_\_\_\_)

6. Источник финансирования

ОТДЕЛ \_\_\_\_\_

Заказчик \_\_\_\_\_

(подпись)

Согласовано:

Гл. механик \_\_\_\_\_

Гл. энергетик \_\_\_\_\_

Начальник ОТБ \_\_\_\_\_

Начальник КИПиА \_\_\_\_\_

Начальник ПЭО \_\_\_\_\_

Начальник цеха \_\_\_\_\_

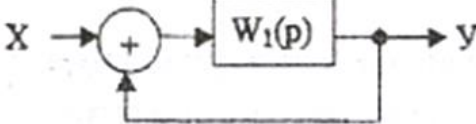
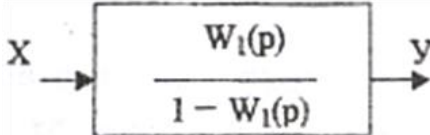
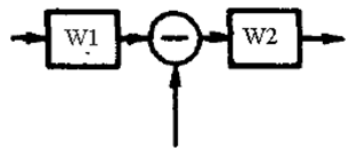
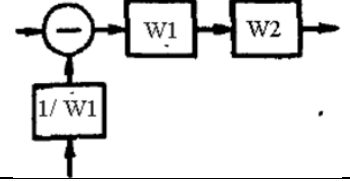
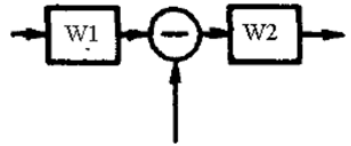
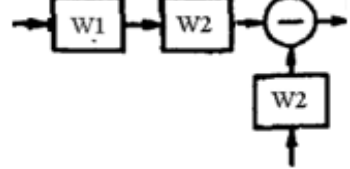
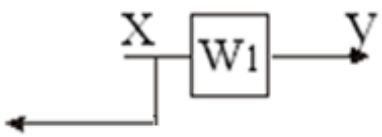
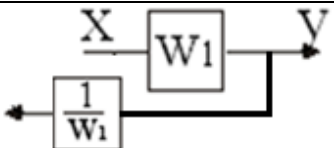
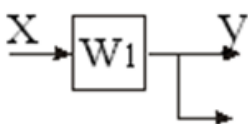
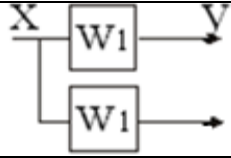
Экономист цеха \_\_\_\_\_

## Приложение 12

### Правила эквивалентных преобразований

№п.п.	Исходная схема	Эквивалентная схема
<i>Последовательное соединение 2-х звеньев</i>		
1		
<i>Параллельное соединение 2-х звеньев в положительном (+) сумматоре</i>		
2		
<i>Параллельное соединение 2-х звеньев в отрицательном (-) сумматоре</i>		
3		
<i>Встречно-параллельное соединение 2-х звеньев при наличии отрицательной обратной связи</i>		
4		
<i>Встречно-параллельное соединение 2-х звеньев при наличии положительной обратной связи</i>		
5		
<i>Встречно-параллельное соединение звена при наличии отрицательной обратной связи</i>		
6		
<i>Встречно-параллельное соединение звена при наличии положительной обратной связи</i>		



№п.п.	Исходная схема	Эквивалентная схема
7		
<i>Перенос сумматора против направления передачи информации</i>		
8		
<i>Перенос сумматора по направлению передачи информации</i>		
9		
<i>Перенос точки разветвления через элемент вправо</i>		
10		
<i>Перенос точки разветвления через элемент влево</i>		
11		

# Приложение 13

Таблица П.6.

## Нормальные ряды чисел в станкостроении

Нормальные ряды чисел в станкостроении (по нормам станкостроения ИШ-I-72)

Значения знаменателя ряда							Значения знаменателя ряда							Значения знаменателя ряда						
1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2
1	1	1	1	1	1	1	10	10	10	11,2	10	10		100	100	100		100	100	
1,06	1,12						10,6	11,2						106	112					
1,12	1,25	1,25					11,2	12,5	12,5					112	125	125				125
1,18	1,32		1,41				11,8			16	16		16	118	140					
1,25	1,4	1,6		1,6			12,5	16	16			18		125	160	160		160		
1,32	1,6				1,8		13,2	18						132	180		180		180	
1,4	1,8					2	14	20	20	22,4				140	200	200				
1,5	2	2	2				15	21,2			25			150	224					
1,6	2,24						16	22,4	25			31,5	31,5	160	250	250	250	250		250
1,7	2,5	2,5		2,5			17	25	25					170	280					
1,8	2,8		2,8				18	28		31,5		31,5	31,5	180	315	315		315		
2	3,15	3,15			3,15		20	31,5	31,5					200	355					
2,24	3,55						21,2	35,5			40			212	400	400		400		
2,5	4	4	4	4		4	22,4	40	40	45				224	450					
2,8	4,5						25	45				56		250	500	500		500	500	500
3,15	5	5,6					26,5	50	50				63	265	530	530		530		
3,55	5,6		5,6		5,6		28	56		63	63		63	280	560		560			
4	6,3				6,3		30	63	63					300	630	630		630		
4,5	7,1						31,5	67						315	710					
5	8	8	8			8	33,5	71						335	800	800				
5,6	9						35,5	80	80	90				355	900					
6,3							37,5	90						376	1000	1000	1000	1000	1000	1000
7,1							40							400						
7,5							42,5							425						
8							45							450						
8,5							47,5							475						
9							50							500						
							53							530						
							56							560						
							60							600						
							63							630						
							67							670						
							71							710						
							75							750						
							80							800						
							85							850						
							90							900						
							95							950						

- Примечания. 1. Нормаль распространяется на ряды размеров, частот вращения, подач, мощностей и другие параметры.  
2. Ряды чисел более 1000 и менее 1 получаются умножением или делением табличных данных на 1000.  
3. Расчетные частоты вращения не должны отличаться от нормальных более, чем на  $\pm 10$  (до 1%).  
4. Допускается составление произвольных рядов из нормальных путем пропускания части чисел (например, 132, 190, 265, 375, 530 и т.д.).

Приложение 14

Таблица П.7.

Максимальные сроки окупаемости капитальных вложений  
на мероприятия по автоматизации [8]

№ п.п.	Мероприятия	Ток (норм), годы	Ен
1	Малая механизация и автоматизация производства с установкой САУ и приборов автоматизации на действующем оборудовании	1-1,5	1-0,65
2	Механизация и автоматизация отдельных процессов и операций, модернизация и частичная замена оборудования и средств автоматизации	1,5-3	0,65-0,35
3	Внедрение комплексно-механизированных и автоматизированных процессов, создание автоматических линий и цехов без пересмотра технологической схемы	4-5	0,25-0,2
4	Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов на участках, цехах и на предприятиях с полным переоборудованием и пересмотром технологической схемы	6	0,16-0,17