

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

*к выполнению контрольной работы для студентов направления  
15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование  
и автоматизация машиностроительных производств»)  
заочной формы обучения*

Воронеж 2021

УДК 532:533(075.8)  
ББК 22.253я7

**Составители:**

канд. техн. наук, доц. М. И. Попова,  
канд. техн. наук, доц. О. И. Попова

**Автоматизация производственных процессов в машиностроении:** методические указания к выполнению контрольной работы для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») заочной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: М. И. Попова, О. И. Попова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 17 с.

Методические указания включают содержание контрольной работы, варианты заданий и порядок выполнения работы, общие пояснения к тексту заданий, библиографический список.

Предназначены для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») при выполнении контрольной работы по дисциплине «Автоматизация производственных процессов в машиностроении».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_КР\_АППвМ.pdf.

Ил. 8. Табл. 3. Библиогр.: 33 назв.

**УДК 532:533(075.8)**  
**ББК 22.253я7**

**Рецензент** - А. В. Демидов, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Варианты заданий для выполнения контрольной работы.....	4
1.1. Теоретические вопросы.....	5
1.2. Задание.....	7
2. Расчет потребного количества основного технологического оборудования на проектируемом участке цеха.....	8
Библиографический список.....	15

# 1. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Принятые сокращения:

- автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП);
- погрузочно-разгрузочная машина (ПРМ);
- погрузочно-разгрузочные работы (ПРР).

Контрольная работа выполняется согласно выданного варианта (табл. 1). Каждому варианту соответствует три теоретических вопроса и задание.

Таблица 1

Варианты контрольных работ

№ варианта	№ вопроса			№ задания
1	1	11	22	1
2	2	12	23	2
3	3	13	24	3
4	4	14	25	4
5	5	15	27	5
6	6	17	28	6
7	7	18	29	7
8	8	19	30	8
9	9	20	27	9
10	10	21	28	10
11	10	11	29	11
12	9	12	27	12
13	8	13	28	13
14	7	14	30	14
15	6	15	26	15
16	5	17	25	16
17	4	18	23	1
18	3	19	24	2
19	2	20	22	3
20	1	15	21	4
21	5	12	30	5
22	3	14	25	6
23	2	16	29	7
24	6	11	26	8
25	8	19	27	9
26	9	16	21	10
27	10	17	22	11

28	1	18	23	12
29	2	19	24	13
30	3	20	25	14
31	4	12	26	15
32	5	11	29	16
33	6	13	30	5
34	7	14	28	7
35	8	15	27	8

### 1.1. Теоретические вопросы

1) Приведите и дайте анализ общего вида модели системы «технологический процесс – АСУТП».

2) Дайте характеристику иерархическому принципу построения АСУТП.

3) Приведите существующие подходы к классификации АСУТП и охарактеризуйте их.

4) Дайте характеристику основных тенденций в разработке АСУТП.

5) Дайте характеристику систем логического управления

6) Покажите каким образом, используя карты Карно и булеву алгебру, проводится минимизация логических функций. В чем суть минимизации?

7) Опишите суть проблемы возникновения состязания сигналов и пути ее решения.

8) Приведите классификацию логических устройств. Опишите работу АЦП поразрядного взвешивания.

9) Дайте краткую характеристику технических средств, применяемых в АСУТП.

10) Опишите последовательность синтеза логического устройства по таблице переходов и циклограмме.

11) Что такое критерий оптимальности. Приведите примеры критериев оптимальности, используемых в управлении электроприводами.

12) Приведите пошаговую процедуру нахождения минимума функционала с помощью классического вариационного исчисления.

13) Покажите решения задачи быстродействия с помощью принципа максимума.

14) Приведите шаги решения задачи аналитического конструирования регуляторов с помощью уравнений Эйлера-Лагранжа.

15) Приведите шаги решения аналитического конструирования регуляторов с помощью принципа максимума.

16) Приведите формулировку и доказательство теоремы об  $n$ -интервалах.

17) Дайте понятие и условия управляемости линейного объекта.

18) Дайте понятие и условия наблюдаемости линейного объекта.

19) Приведите сравнительный анализ критериев оптимальности в задачах аналитического конструирования регуляторов.

20) Приведите формулировку принципа максимума и укажите его достоинства по сравнению с классическим вариационным исчислением при решении технических задач.

21) Охарактеризуйте причины возникновения систем числового программного управления.

22) Как классифицируются устройства ЧПУ по взаимной связи между координатами?

23) Приведите и опишите структуру устройства ЧПУ тип NC.

24) Приведите и опишите структуру устройства ЧПУ тип CNC.

25) Приведите примеры кодов для программирования обработки в устройствах ЧПУ.

26) Опишите структуру кадра программы для устройства ЧПУ.

27) Как воспроизводятся аналитически заданные кривые в устройствах ЧПУ?

28) Приведите схему и опишите линейный интерполятор на цифровом дифференциальном интеграторе с последовательным переносом.

29) Приведите структуру и опишите линейный интерполятор на основе оценочной функции.

30) Приведите структуру и опишите круговой интерполятор на основе оценочной функции.

## 1.2. Задание

### Выполнить описание и анализ объекта:

1. Классификация грузоподъемных и транспортных устройств. Виды механизмов, принцип работы. Общая характеристика погрузочно-разгрузочных работ. Конструктивные особенности погрузочно-разгрузочных машин (ПРМ). Технические параметры и режимы работы.

2. Средства механизации на производстве. Выбор средств механизации погрузочно-разгрузочных работ (ПРР). Производительность и использование средств механизации. Выбор скоростей рабочих механизмов. Маневренность и устойчивость.

3. Машины и механизмы периодического действия.

4. Простые машины и устройства: домкраты, лебедки, тали подвесные и напольные, рельсовый транспорт, тележки, кары, погрузчики, скреперы. Устройство, принцип работы. Расчет производительности и мощности привода ПРМ.

5. Сложные машины и устройства: краны, подъемники. Классификация кранов: стационарные и передвижные, мостовые и козловые, кран – балки.

6. Машины и механизмы непрерывного действия.

7. Классификация транспортных машин. Факторы, влияющие на выбор. Транспортирующие машины с тяговым органом: конвейера (ленточный, цепной, пластинчатый, подвесной) и элеваторы; принцип работы. Определение основных параметров, характеристик и производительности устройств непрерывного действия – ленточного конвейера.

8. Транспортирующие машины без тягового органа: гравитационный транспорт, роликовые, винтовые и инерционные конвейера. Пневматический и гидравлический транспорт. Определение основных параметров пневмо – и гидроразгрузочных установок.

9. Вагоноразгрузочные машины.

10. Вагоноопрокидыватели. Инерционные вагоноразгрузочные машины. Машины механического действия. Грузовые устройства и средства механизации. Устройства для хранения грузов на транспорте. Складское оборудование для обработки вагонов и грузов при подготовке их к ПРР.

11. Сущность и принципы автоматизации производства. Оценка уровня автоматизации труда, машин и производства. Технический уровень производства. Современные технологии и их влияние на возможность автоматизации процессов. Системы автоматизации процессов очистки, мытья вагонов и их узлов.

12. Автоматизация транспортных процессов.

13. Автоматизация поточно-конвейерных линий и процессов сборки.

14. Автоматизация поточно-конвейерных линий ремонта вагонов и их сборочных единиц.

15. Ремонт тележек электровозов и электропоездов на поточно-конвейерной линии. Автоматизация ремонта автосцепного оборудования.

16. Автоматизация процессов ремонта колесных пар и роликовых букс электровозов. Механизация рабочих мест и поточные линии ремонта электровозов.

## **2. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОЕКТИРУЕМОМ УЧАСТКЕ ЦЕХА**

В качестве основного технологического оборудования в механообрабатывающих цехах в условиях серийного и массового производства используются металлорежущие станки с ЧПУ различного назначения, которые классифицируются по множеству признаков, и прежде всего, по виду реализуемой технологической операции.

Количество оборудования на механическом участке рассчитывается по трудоемкости (по видам работ с учетом годовой программы выпуска):

$$C_p = \frac{T}{F_{\text{э}} \cdot K_B}, \quad (1)$$

где  $T$  – годовая трудоемкость по видам работ (операциям).

$F_{\text{э}}$  – годовой эффективный фонд времени работы одного станка в часах.

$K_B$  – коэффициент выполнения норм.  $K_B = 1,1$ ;

$C_p$  – расчетное количество станков по операциям.

$F_{\text{э}} = ((D_k - D_v - D_{\text{пр}}) \cdot T_s - T_{\text{сокp}}) \cdot C \cdot (1 - a/100)$ ,

где

$D_k$  – количество календарных дней в году (365).

$D_v$  - количество выходных дней в году (104).

$D_{\text{пр}}$  - количество праздничных дней в году (8).

$T_s$  – продолжительность рабочей смены (8,2).

$T_{\text{сокp}}$  – количество часов сокращения рабочей смены в предпраздничные дни (6).

$C$  – количество смен (2).



а - процент потерь времени работы на ремонт и регламентированные перерывы (3%).

$$F_3 = ((365-104-8) \cdot 8,2-6) \cdot 2 \cdot (1-3/100) = 4013 \text{ часов.}$$

**Коэффициент загрузки** будет равен:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{пр}}, \quad (2)$$

где  $C_{пр}$  – принятое количество оборудования.

$C_p$  – расчетное количество станков по операциям.

Под **нормированием технологических процессов** понимают назначение технически обоснованных норм времени на продолжительность выполнения операций.

Технически обоснованной нормой времени называют время выполнения технологической операции в определённых организационно - технических условиях, наиболее благоприятных для данного типа производства.

На основе технически обоснованных норм времени устанавливают расценки, определяют производительность труда, осуществляют планирование производства и т. п.

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \quad (3)$$

где  $L$  - длина обработки, мм;

$S$  - подача, мм/об;

$n$  - частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$i$  - число рабочих ходов (проходов).

$$L = L_0 + L_1 + L_2, \quad (4)$$

где  $L_0$  - длина обрабатываемой поверхности в направлении обработки, мм;

$L_1$  - длина врезания, мм;

$L_2$  - перебеги режущего инструмента, мм.

Расчеты необходимого количества оборудования на участке сводим в табл. 2.

Таблица 2

## Необходимое количество оборудования на участке

Номер операции	Наименование операции	Расчетное количество станков, Ср	Принятое количество станков, Спр	Коэффициент загрузки оборудования, Кз
1	Токарная	4,93	5,00	0,99
2	Фрезерная	4,93	5,00	0,99
3	Шлифовальная	2,56	3,00	0,85
4	Сверлильная	2,56	3,00	0,85
5	Строгальная	1,58	2,00	0,79
6	Зубонарезная	1,58	2,00	0,79
7	Долбежная	1,58	2,00	0,79
Итого		19,71	22,00	0,90

График загрузки оборудования.

Таблица 3

## Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Кол-во станков	Модель оборудования	Габаритные размеры, м	Мощность станка, кВт	
				Одного	Всех
Токарно-винторезный	5	16К20Ф3	3,36x1,71x1,75	10	50
Вертикально-фрезерный	5	6P13Ф3	3,62x4,15x2,76	7,5	45
Вертикально-сверлильный	3	2M55	2,665x1,02x3,43	5,5	16,5

продольно-строгальный	3	7Б210	9,5x4,5x3,4	50	150
Зубофрезерный	2	53А80	2,897x1,18x2,25	12,5	25
Долбежный	2	7410	6,07x4,335x5,3	55	110
Плоскошлифовальный	2	3Д 723	4,6x2,17x2,13	17	51

Средний коэффициент загрузки оборудования  $K_z \text{ ср} = 0,86$ .

Необходимые для выполнения контрольной работы расчеты можно выполнить как вручную, так и с помощью специализированной программы, написанной в табличном процессоре Microsoft Excel.

Для упрощения использования данных таблиц разработано специализированное приложение PlantCAD, позволяющее ввести исходные данные, необходимые для расчета и получить автоматизированный расчет (рис. 1).

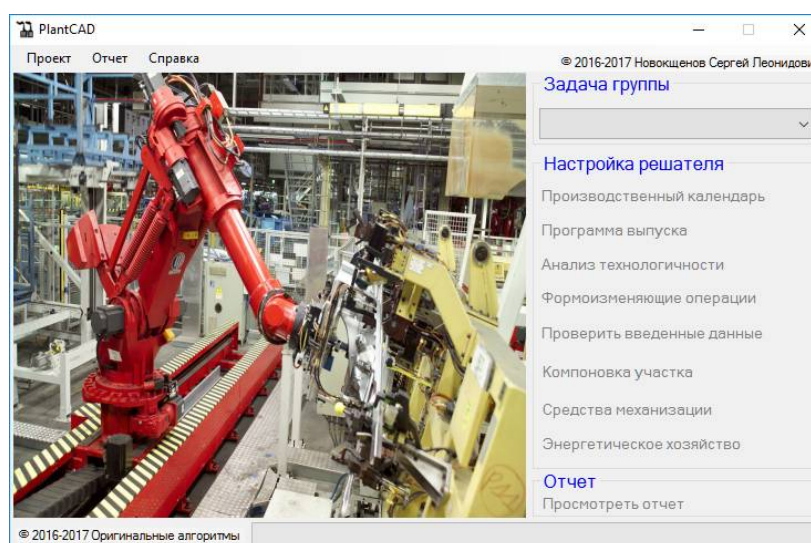


Рис. 1. Главное диалоговое окно PlantCAD

Результатом выполненных расчетов является построение пооперационного графика технологической загрузки основного технологического оборудования (рис. 2).

Рис. 2. Задание параметров производственного календаря

Рис. 3. Задание количества изготавливаемых изделий

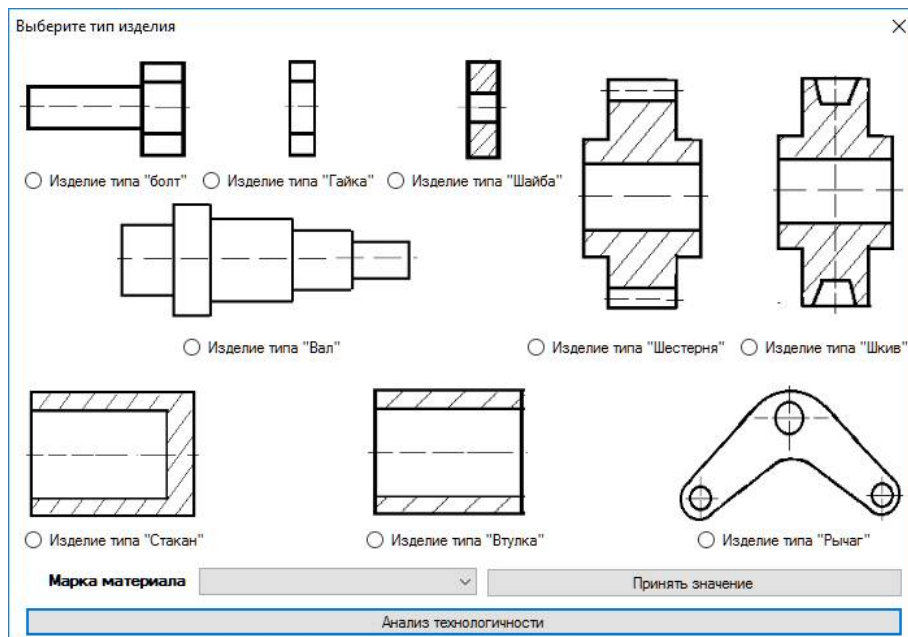


Рис. 4. Выбор типа изделия

Требование	№	Признак технологичности	Оценка признака "-", "0", "+"
<b>К конструкции детали</b>	1	Наличие базовых поверхностей	<input type="button" value="v"/>
	2	Доступность всех поверхностей для механической обработки	<input type="button" value="v"/>
	3	Наличие конструктивных элементов, повышающих трудоемкость	<input type="button" value="v"/>
	4	Наличие внутренних поверхностей	<input type="button" value="v"/>
	5	Наличие внутренних резьбовых отверстий больших диаметров	<input type="button" value="v"/>
	6	Наличие труднообрабатываемых диаметральных уступов с радиусом скругления в пределах 0,5..7,0 мм	<input type="button" value="v"/>
	7	Контролепригодность	<input type="button" value="v"/>
<b>К режущему инструменту</b>	8	Возможность применения высокопроизводительных методов обработки	<input type="button" value="v"/>
	9	Необходимость дополнительных технологических операций для получения высокой точности обрабатываемых поверхностей	<input type="button" value="v"/>
	10	Достаточность использования стандартных режущих и измерительных инструментов	<input type="button" value="v"/>

Технологичность изделия =

Рис. 5. Анализ технологичности



Рис. 6. Модуль определения количества оборудования

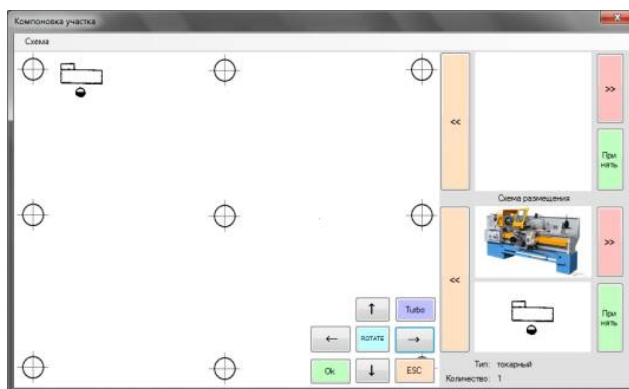


Рис. 7. Компоновка технологического оборудования в PlantCAD

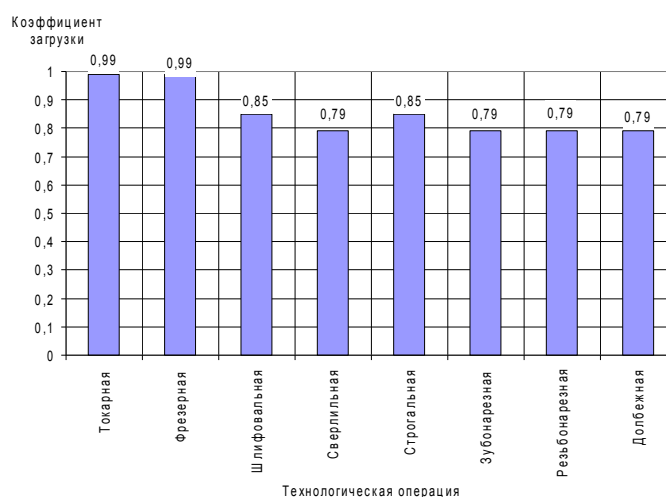
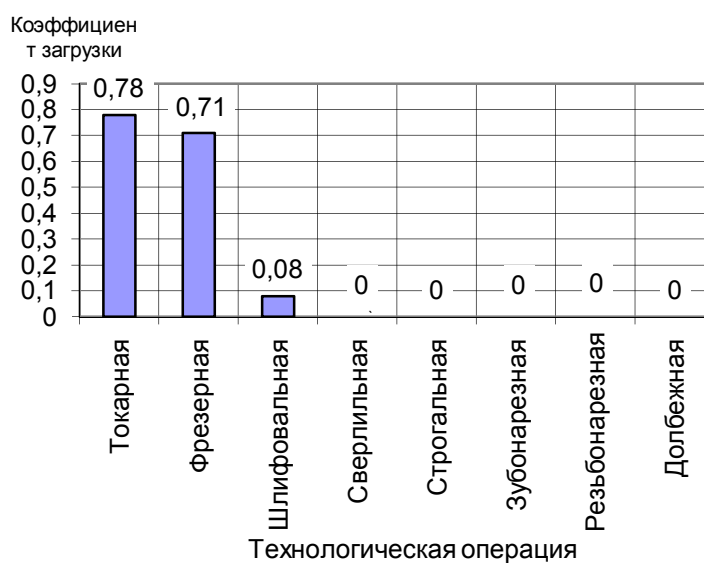


Рис. 8. Пример последовательности ввода данных и виды графиков загрузки оборудования для различных изделий

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Шишмарев В.Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для студентов вузов. - М.: Академия, 2007. – 364 с.
- 2 Капустин Н.М. Комплексная автоматизация в машиностроении: учебник для студентов вузов. - М.: Академия, 2005. – 365 с.
- 3 Автоматизация производственных процессов машиностроении: учебник для студентов вузов / Под ред. Н. М. Капустина. - М.: Высшая школа, 2004. - 416 с.
- 4 Капустин Н.М. Автоматизация машиностроения: учебник для студентов вузов. - М.: Высшая школа, 2003. – 223 с.
- 5 Волчкевич Л.И. Автоматизация производственных процессов: учебное пособие для студентов вузов. - М.: Машиностроение, 2005. – 379 с.
- 6 Основы автоматизации машиностроительного производства: учебник для вузов / Под ред. Ю. М. Соломенцева. - М.: Высшая школа, 2001. - 312 с.
- 7 Соснин О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 240 с.
- 8 Автоматизация типовых технологических процессов и установок /А.М. Корытин и др.- М.: Энергоиздат, 1988. - 432 с.
- 9 Шемелин В.К. Проектирование систем управления в машиностроении: Учебник для студентов технических вузов. - М.: Станкин, 1998. -254 с.
- 10 Курсовое и дипломное проектирование по автоматизации технологических процессов/ Ф.Я. Изаков, В.Р. Казадаев и др.- М.: Агропромиздат, 1988. - 183 с.
- 11 Роботизированные технологические комплексы и гибкие производственные системы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учебное пособие для вузов /Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. -М.: Машиностроение, 1989. - 192 с.
- 12 Вальков В.М., Вершин В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. -Л.: Политехника, 1991. - 269 с.
- 13 Елизаров И.А и др. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: Учебное пособие. - М.: Машиностроение, 2004. - 180 с.
- 14 Кругляк К. Промышленные сети: цели и средства// Современные технологии автоматизации. - 2002. - No4, с.6 -16.
- 15 Гусев С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей // Современные технологии автоматизации. - 2000. - No4, с.78 -84.
- 16 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие / под ред. А.С. Ключева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.

- 17 Емельянов А.И., Копник О.В. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами. - М.: Энергия, 1974. - 499 с.
- 18 Справочник проектировщика АСУТП / Под ред. Г.Л. Смилянского. - М.: Машиностроение, 1983. - 527 с.
- 19 Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / Под ред. В.И. Круповича и др. - М.: Энергоиздат, 1982. - 416 с.
- 20 Ключев А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. - М.: Энергоиздат, 1983. - 376 с.
- 21 Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. - М.: Машиностроение, 1973. - 606 с.
- 22 Руководство по проектированию систем автоматического управления / Под ред. В.А. Бесекерского. - М.: Высш. шк., 1983. - 296 с.
- 23 Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / Под ред. А.С.Ключева. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 24 Емельянов А.И. и др. Практические расчёты по автоматике. - М.: Машиностроение, 1967. - 316 с.
- 25 Разработка и оформление конструкторской документации радио - электронной аппаратуры: Справочник /Под ред. Э.Т. Романычевой. - М.: Радио и связь, 1989. - 448 с.
- 26 Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного программирования. - М.: СОЛОН-Пресс, 2004. - 256 с.
- 27 Минаев И.Г., Самойленко В.В. Программируемые логические контроллеры: практическое руководство для начинающего инженера. - Ставрополь: АРГУС, 2009. – 100 с.
- 28 Митин Г.П., Хазанова О.В. Системы автоматизации с использованием программируемых контроллеров: Учебное пособие. - М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2005. - 136 с.
- 29 Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. - СПб. : Профессия, 2009. - 592с.
- 30 Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. - 608 с.
- 31 Чернов Е.А. Проектирование станочной электроавтоматики.- М.: Машиностроение, 1989.- 304 с.
- 32 Мишель Э. и др. Программируемые контроллеры /Пер. с фран. -М.: Машиностроение, 1986. - 172 с.
- 33 Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. Методы измерения. - Л.: Энергоатомиздат, 1987.



# **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

*к выполнению контрольной работы для студентов направления  
15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование  
и автоматизация машиностроительных производств»)  
заочной формы обучения*

Составители:

Попова Маргарита Ивановна

Попова Ольга Ивановна

В авторской редакции

Подписано к изданию 12.11.2021.

Уч.-изд. л. 1,1.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический  
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14