

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства  
Кафедра технологии и организации машиностроительного  
производства



УТВЕРЖДАЮ  
И.о. проректора  
по учебной работе  
Д.В. Мулов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Математическое моделирование

(наименование дисциплины)

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение

машиностроительных производств

(код, наименование направления)

Технология машиностроения

(профиль подготовки)

Квалификация

бакалавр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения

очная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

*Цель дисциплины.* Целью дисциплины «Математическое моделирование» является освоение компетенций в соответствии с образовательной программой, изучение основных понятий математического моделирования, видов моделей систем и области их применения для формализации и оптимизации процессов в машиностроении и как основы научных исследований.

*Задачи дисциплины:*

– изучение основ математической и физической теории управления элементами технологических систем; методов и средств научных исследований, используемых в машиностроении и направленных на обеспечение выпуска изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда;

– освоение методов и способов создания математических моделей, а также основных требования, предъявляемых к графовым математическим моделям и их возможностей;

– обучение использованию в практической деятельности методов и средств научных исследований при решении задач конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств;

– создание математических моделей процессов в машиностроении;

– формирование навыков использования методов и средств научных исследований в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств; создания математических моделей процессов в машиностроении.

*Дисциплина направлена на формирование компетенций универсальных (УК-1, УК-2) и в области проектно-конструкторской профессиональной деятельности (ПК-3, ПК-4) выпускника.*

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», часть, формируемая участниками образовательных отношений подготовки студентов по направлению 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Технология машиностроения»).

Дисциплина реализуется кафедрой технологии и организации машиностроительного производства.

Дисциплина на знаниях о структурно-функциональных взаимосвязях в различных системах, в частности полученных в предшествующих дисциплинах: «Математика», «Философия», «Информатика», «Основы научных исследований», «Организация, планирование и управление производством», «Программирование обработки на станках с числовым программным управлением».

Дисциплина представляет математический аппарат для формализации, анализа, синтеза и исследования объектов и процессов и обеспечивает знаниями, необходимыми для обобщения материалов при подготовке и защите выпускной квалификационной работы, в том числе на основе результатов научно-исследовательской работы.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения задач профессиональной деятельности, связанных со способностью использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.

Знания, приобретаемые при изучении дисциплины, являются базовыми для эффективного использования современных информационных технологий, прикладных программных средств при решении задач профессиональной деятельности.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены:

— лекционные (28 ак.ч.), практические (14 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (66 ак.ч.) для очной формы обучения;

— лекционные (6 ак.ч.), практические (6 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (96 ак.ч.) для заочной формы обучения.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

### 3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>		
Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1	<p>УК-1.1. Знает методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные источники информации в сфере профессиональной деятельности; основные принципы и методы системного анализа.</p> <p>УК-1.2. Умеет применять методики поиска, сбора и обработки информации; находить и осуществлять систематизацию, критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников; применять системный подход для решения поставленных задач направления подготовки.</p> <p>УК-1.3. Владеет практическими навыками поиска, анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач направления подготовки.</p>
Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.	УК-2	<p>УК-2.1. Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность направления подготовки.</p> <p>УК-2.2. Умеет проводить анализ поставленной цели, формулировать проблему, решение которой связано с достижением цели проекта и задачи, которые необходимо решить для её достижения; анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов и выбирать оптимальные способы их решения; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности направления подготовки.</p> <p>УК-2.3. Владеет навыками постановки цели и задач проекта; методиками оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией.</p>

Продолжение таблицы 1

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции		
<p>Способен участвовать в организации на машиностроительных производствах рабочих мест, их технического оснащения, размещения оборудования, средств автоматизации, управления, контроля и испытаний</p>	ПК-3	<p>ПК-3.3. Умеет формировать пояснительную записку по принятым в проекте технологическим решениям механосборочного участка; оформлять технологическую схему производственного участка; планы расположения оборудования и его спецификацию, технологические расчёты параметров механосборочного участка</p> <p>ПК-3.4. Знает требования к составу и содержанию пояснительной записки технологических решений производственных объектов; принципы составления технологической схемы производства; правила оформления планов расположения оборудования, спецификаций оборудования, темплетов.</p>
<p>Способен выполнять работы по доводке и освоению технологических процессов, средств и систем технологического оснащения, автоматизации, управления, контроля, диагностики в ходе подготовки производства машиностроительной продукции.</p>	ПК-4	<p>ПК-4.1. Умеет анализировать производственную ситуацию и выявлять причины дефектов при изготовлении машиностроительных изделий низкой сложности; выявлять ошибки при проектировании операций для станков с ЧПУ; использовать данные SCADA-систем для анализа производственной ситуации и выявления причин брака при изготовлении машиностроительных изделий низкой степени сложности.</p> <p>ПК-4.3. Умеет выбирать схемы контроля технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям низкой степени сложности и выбирать средства контроля этих требований.</p> <p>ПК-4.4. Знает технические требования, предъявляемые к машиностроительным изделиям низкой сложности, основные методы и способы их контроля; основные средства контроля; принципы выбора контрольно-измерительных приборов и инструмента.</p>

#### 4 Объем и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единиц, 108 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку и практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы, и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		8
Аудиторная работа, в том числе:	42	42
Лекции (Л)	28	28
Практические занятия (ПЗ)	14	14
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	66	66
Подготовка к лекциям	6	6
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	14	14
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	10	10
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	-	-
Подготовка к экзамену	18	18
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э	Э
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак.ч.	108
	з.е.	3

## 5 Содержание дисциплины

С целью освоения учебного материала и формирования компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 4 темы.

### Тема 1. Задачи и объекты математического моделирования в машиностроительном производстве

Предметная база знаний специалиста инженера-технолога: назначение, содержание, принципы формирования и развития. Методика использования базы знаний в информационных процессах проектирования и управления.

Объекты и язык описания. Моделирование как инструмент описания рассматриваемых объектов и процессов. Математическая модель и ее адекватность объекту моделирования, достоверность результатов моделирования.

Производственный процесс и моделирование. Задачи, математический аппарат и методы моделирования физических, технологических и производственных систем. Непрерывные и дискретные процессы. Рабочие операции и операции управления. Область применения математических моделей и результатов моделирования.

### Тема 2. Моделирование и виды моделей систем

Система и ее среда. Понятия: система, подсистема, элементы системы, свойства. Среда, изолированная и открытая система. Структура и иерархия систем. Сущность системного подхода. Понятие модели, процесс моделирования. Виды моделей систем. Математические языки, способы представления моделей. Гомоморфная и изоморфная модели. Машинные модели. Логическое моделирование.

Классификация математических моделей. Признаки классификации. Вид представления параметров. Способы представления свойств объекта моделирования. Моделирование с учетом особенностей поведения объекта. Требования к математическим моделям. Математическая модель и ее адекватность объекту моделирования. Достоверность результатов моделирования. Универсальность математической модели. Модульность и экономичность математических моделей. Этапы построения математической модели. Методы и уровни моделирования. Анализ и синтез систем.

### Тема 3. Логические модели представления знаний

Элементы математической логики. Логика высказываний. Объекты и логические операции. Формулы алгебры высказываний. Булева алгебра и формы представления логических функций. Таблицы истинности. Минимизация форм булевых функций. Логические модели представления знаний.

Техническая реализация математической логики.

Элементы теории множеств. Способы задания. Операции над множествами. Отношения. Соответствия. Отображения и функции.

Логика предикатов. Операции над предикатами. Кванторы. Аксиоматическое построение математической теории на языке предикатов.

Использование понятий математической логики, теории множеств, логики предикатов и кванторов в задачах технологического проектирования.

#### Тема 4. Графы. Использование графов для моделирования систем

Основные определения. Теоретико-множественное определение графа. Отношение порядка и эквивалентности на графе. Задачи о поиске пути на графе.

Элементы графов: вершины, дуги, ребра, контур, петля, нестрогие параллельные дуги, начальная, конечная и изолированная вершины, кратные дуги и ребра, путь и маршрут на графе, контур, длина пути, цепь, цикл, связность графа.

Типы конечных графов: орграф и неориентированный граф, частичный, смешанный, взвешенный графы, конечный изоморфный графы, полный, простой, однородный, кубический, изоморфный графы, мультиграф, биграф, су-граф, надграф, сверхграф, псевдограф, нуль граф.

Граф-дерево. Корень и ветви дерева. Прадерево. Хорда. Покрывающее дерево. Лес. Матрицы смежности и инцидентности. Эйлеров и гамильтонов графы.

Планарность графов, изоморфные и гомоморфные графы.

Основные теоремы теории графов.

Реализация операций и функций алгебры логики с помощью графовых моделей.

Типовые задачи, использующие элементы дискретной математики. Моделирование технических систем и взаимосвязи между ними и их элементами. Задачи определения кратчайшего пути на графе (задача о размещении оборудования, минимальной стоимости транспортирования, наибольшей пропускной способности транспортной сети).

Оптимизация последовательности обработки деталей на станках ЧПУ методом ветвей и границ (решение задачи коммивояжера).

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Тема 1. Задачи и объекты математического моделирования в машиностроительном производстве	Введение. Цель, задачи и содержание дисциплины.	2	Логика высказываний. Таблица истинности.	2	–	–
		Задачи, математический аппарат и методы моделирования физических, технологических и производственных систем.	2	Объекты Булевой алгебры, ДНФ, КНФ, СДНФ, МСДР.	2	–	–
2	Тема 2. Моделирование и виды моделей систем	Моделирование и выбор моделей систем. Типы моделей.	2	Минимизация логических функций. Карты Карно.	2	–	–
		Методы, уровни и этапы моделирования технических систем.	2	Техническая реализация математической логики.	2	–	–
		Классификация математических моделей. Требования к математическим моделям.	2	Метод ветвей и границ (решение задачи Коммивояжера)	2	–	–
		Ограничения, особенности и выбор математического аппарата моделирования.	2	Задача коммивояжера при оптимизации траектории инструмента.	2	–	–
3	Тема 3. Логические модели представления знаний	Логические модели представления знаний. Универсальность математической модели.	2	Задача коммивояжера для случая минимизации технологического времени.	2	–	–
		Минимизация форм булевых функций. Карты Карно	2	–	–	–	–

## Продолжение таблицы 3

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
3	Тема 3. Логические модели представления знаний	Техническая реализация математической логики.	2	–	–	–	–
4	Тема 4. Графы. Использование графов для моделирования систем	Основы теории графов. Типы конечных графов. Элементы графов. Задачи о поиске пути на графе.	2	–	–	–	–
		Реализация операций математической логики моделями теории графов.	2	–	–	–	–
		Применение графов для моделирования технических систем и процессов.	2	–	–	–	–
		Применение теории графов для моделирования операций ТП,	2	–	–	–	–
		Оптимизация последовательности обработки деталей на станках ЧПУ методом ветвей и границ (решение задачи коммивояжера)	2	–	–	–	–
Всего аудиторных часов:			28		14		

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Тема 1. Задачи и объекты математического моделирования в машиностроительном производстве	Задачи, математический аппарат и методы моделирования физических, технологических и производственных систем.	2	Минимизация логических функций. СКФ, СДФ, СДНФ. Карты Карно.	2	–	–
2	Тема 2. Моделирование и виды моделей систем Тема 3. Логические модели представления знаний	Классификация математических моделей. Требования к математическим моделям.	2	Задача коммивояжера. Метод просмотра матрицы. Метод ветвей и границ.	2	–	–
3	Тема 4. Графы. Использование графов для моделирования систем	Применение графов для моделирования технических систем и процессов.	2	Оптимизация последовательности обработки деталей на станках ЧПУ методом ветвей и границ (решение задачи коммивояжера)	2	–	–
Всего аудиторных часов:			6		6		

## 6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» ([https://www.dstu.education/images/structure/license\\_certificate/polog\\_kred\\_modul1.pdf](https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul1.pdf)) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
УК-1, УК-2 ПК-3, ПК-4	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов отдельно по дисциплине и отдельно по курсовому проекту, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах по дисциплине (2 модуля) — всего 70 баллов;
- практические работы по дисциплине — всего 30 баллов.

Экзамен проставляются автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине «Математическое моделирование» проводится по результатам работы в семестре.

В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п. 6.5), либо в результате тестирования (п.6.4).

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале	
	экзамен / диф. зачет	зачет
90-100	отлично	зачетно
74-89	хорошо	зачтено
60-73	удовлетворительно	зачтено
0-59	неудовлетворительно	не зачтено

## 6.2 Тематика и содержание заданий для подготовки к практическим работам, текущему контролю успеваемости и контрольной работе

Примеры заданий представлены ниже.

### *Вариант №1*

1. Понятие модели, процесса моделирования.
2. Минимизировать с помощью карты Карно логическую функцию:  
вариант 1 (табл.7).
3. Деревья и лес на графах. Привести примеры. Определить понятия: хорда, корень, корень дерева, прадество.
4. Определить последовательность обработки отверстий, обеспечивающую кратчайший путь перемещения режущего инструмента на станках с ЧПУ (задача коммивояжера) - Задача 1 (табл.8).

### *Вариант №2*

1. Виды моделей систем. Математические языки. Гомоморфная и изоморфная модели.
2. Минимизировать с помощью карты Карно логическую функцию:  
вариант 2 (табл.7).
3. Эйлеров граф. Нахождение эйлера цикла на графе. Привести пример.
4. Определить последовательность обработки отверстий, обеспечивающую кратчайший путь перемещения режущего инструмента на станках с ЧПУ (задача коммивояжера) - Задача 2 (табл.8).

### *Вариант №3*

1. Какие виды машинных моделей Вы знаете? Что понимают под логическим моделированием? Этапы построения математической модели.
2. Минимизировать с помощью карты Карно логическую функцию:  
вариант 3 (табл.7).
3. Гамильтонов граф. Способы определения гамильтонового цикла.

Усеченное граф-дерево решений.

4. Определить последовательность обработки отверстий, обеспечивающую кратчайший путь перемещения режущего инструмента на станках с ЧПУ (задача коммивояжера) - Задача 3 (табл.8).

Таблица 7 — Варианты логических функций для минимизации

Номер варианта	Логическая функция
1	$\overline{xy}(x \vee \overline{y} \vee z) \vee \overline{\overline{x}(y \vee z)}$
2	$(x \vee \overline{yz})(\overline{y} \vee \overline{z}) \vee \overline{x}(y \vee z) \vee \overline{(\overline{x} \vee y)(y \vee z)}$
3	$x(\overline{y} \vee \overline{z}) \vee y \vee x(\overline{y} \vee xz)$
4	$\overline{xy} \vee x\overline{yz} \vee z(x \vee y\overline{z}) \vee x\overline{yz}$
5	$(y \vee z)(xz \vee x \vee z)\overline{(x \vee y)} \vee (x \vee y\overline{z})$
6	$\overline{\overline{xz} \vee \overline{yz}} \vee xy\overline{z} \vee (xy \vee \overline{z})y$
7	$(x \vee y\overline{z})(\overline{y} \vee z) \vee \overline{\overline{y \vee z} \vee x \vee (x \vee z)}$
8	$(x \vee z)x \vee \overline{(xz \vee yz)} \vee (xy \vee \overline{xyz})\overline{x}$
9	$(xy \vee z)(x \vee z)(x \vee y)(y \vee z) \vee \overline{\overline{xyz} \vee z}$
10	$(y \vee xy) \vee \overline{z} \vee (\overline{x}(\overline{y} \vee z) \vee \overline{(x\overline{y} \vee z)})$
11	$\overline{xy}(x \vee \overline{y} \vee \overline{zv}) \vee \overline{\overline{xv}(z \vee \overline{y})}$
12	$(x \vee \overline{yz})(y \vee v) \vee \overline{x}(y \vee \overline{z}) \vee \overline{(x \vee y(\overline{z} \vee v))}$
13	$(x \vee yz \vee \overline{v})(\overline{x}(\overline{y} \vee z)\overline{v} \vee \overline{(x \vee y\overline{v})})$
14	$(xy \vee x\overline{yz}) \vee xv\overline{(x \vee \overline{v} \vee yz)}$
15	$\overline{(z \vee v)}(\overline{z\overline{v} \vee x \vee z})(x \vee y)(x \vee \overline{zv})$
16	$\overline{xv} \vee yz \vee x\overline{zv} \vee (x\overline{y} \vee z)\overline{v}$
17	$(x \vee y\overline{z})(\overline{y} \vee v) \vee \overline{(x \vee y \vee v)(z \vee v)}$
18	$\overline{(x \vee z)}x \vee \overline{(yz \vee vyz)} \vee (xy \vee \overline{xzv})x$
19	$(x \vee y)(x \vee z)(x \vee v)(y \vee z) \vee \overline{\overline{xyzv} \vee v}$
20	$\overline{(xv \vee y \vee \overline{z})}(\overline{(\overline{x} \vee \overline{y})z\overline{v}} \vee \overline{(xy \vee z)})$

## К вопросу 4 вариантов задания КР (РГЗ)

Задача:

На станке с ЧПУ требуется обработать последовательно пять отверстий в детали. Координаты центров отверстий заданы чертежом, а расстояния между отверстиями сведены в таблицы вариантов заданий (табл. 8).

Найти последовательность обработки отверстий, обеспечивающую кратчайший путь перемещения режущего инструмента относительно заготовки такой, чтобы суммарные холостые перемещения инструмента, а значит, машинно-вспомогательное время были минимальными.

Таблица 8 — Варианты заданий

Вариант 1						Вариант 2					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	0	120	180	100	190	1	0	200	350	200	160
2		0	80	220	200	2		0	190	300	80
3			0	90	185	3			0	150	200
4				0	250	4				0	280
5					0	5					0
Вариант 3						Вариант 4					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	0	150	200	170	210	1	0	180	250	200	300
2		0	60	190	220	2		0	170	350	200
3			0	250	130	3			0	150	280
4				0	100	4				0	250
5					0	5					0

### 6.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Вопросы к коллоквиуму №1.

Вопросы по теме 1 «Задачи и объекты математического моделирования в машиностроительном производстве».

*Предметная база знаний специалиста инженера-технолога*

1 Каково назначение предметной базы знаний инженера-технолога?

2 Что включает в себя содержание предметной базы знаний инженера-

технолога?

3 На каких принципах основывается формирование и развитие предметной базы знаний инженера-технолога?

4 Каким образом используется предметная база знаний в информационных процессах проектирования и управления?

*Объекты и язык описания*

5 Какие объекты подлежат описанию в рамках предметной базы знаний инженера-технолога?

6 Какой язык используется для описания этих объектов?

7 Почему выбран именно этот язык описания?

*Моделирование как инструмент описания*

8 Как моделирование помогает описывать рассматриваемые объекты и процессы?

9 Какие преимущества дает использование моделирования в инженерной практике?

10 Какие типы моделей наиболее часто используются инженерами-технологами?

*Математическая модель и ее адекватность*

11 Что такое математическая модель и какие требования предъявляются к ней?

12 Как оценивается адекватность математической модели реальному объекту?

13 От чего зависит достоверность результатов моделирования?

*Производственный процесс и моделирование*

14 Какие задачи решаются с помощью моделирования в производственном процессе?

15 Какие математические методы применяются для моделирования физических, технологических и производственных систем?

16 Чем отличаются непрерывные и дискретные процессы в контексте производственного процесса?

17 Какие рабочие операции и операции управления включаются в моделирование?

18 Где находят применение результаты моделирования в производственной деятельности?

Вопросы по теме 2 «Моделирование и виды моделей систем».

*Система и ее среда*

1 Что понимается под системой в общем смысле?

2 Что такое подсистемы и элементы системы?

3 Какие свойства присущи системе?

4 Что такое среда системы?

5 В чем различие между изолированной и открытой системами?

- 6 Что означает структура и иерархия систем?
  - 7 В чем сущность системного подхода?
  - 8 Что такое модель и процесс моделирования?
  - 9 Какие виды моделей систем существуют?
  - 10 Какие математические языки используются для представления моделей?
  - 11 В чем разница между гомоморфной и изоморфной моделями?
  - 12 Что такое машинные модели?
  - 13 Что подразумевает логическое моделирование?
- Классификация математических моделей*
- 14 По каким признакам классифицируются математические модели?
  - 15 Какие существуют виды представления параметров в моделях?
  - 16 Какими способами представляются свойства объекта моделирования?
  - 17 Как учитывается поведение объекта при моделировании?
  - 18 Какие требования предъявляются к математическим моделям?
  - 19 Что значит адекватность математической модели объекту моделирования?
  - 20 Как обеспечивается достоверность результатов моделирования?
  - 21 Что подразумевается под универсальностью математической модели?
  - 22 Что такое модульность и экономичность математических моделей?
  - 23 Из каких этапов состоит построение математической модели?
  - 24 Какие методы и уровни моделирования существуют?
  - 25 Что включают в себя анализ и синтез систем?

Вопросы к коллоквиуму №2.

Вопросы по теме 3 «Логические модели представления знаний».

*Элементы математической логики*

- 1 Что изучает логика высказываний?
- 2 Какие объекты и логические операции используются в логике высказываний?
- 3 Что представляют собой формулы алгебры высказываний?
- 4 Что такое Булева алгебра и как она применяется для представления логических функций?
- 5 Для чего служат таблицы истинности в математической логике?
- 6 Как осуществляется минимизация форм булевых функций?
- 7 Какие логические модели используются для представления знаний?
- 8 Как технически реализуется математическая логика?

*Элементы теории множеств*

- 9 Какие способы задания множеств вы знаете?
- 10 Какие операции выполняются над множествами?

11 Что такое отношения и соответствия в теории множеств?

12 Что означают отображения и функции в контексте теории множеств?

### *Логика предикатов*

13 Какие операции проводятся над предикатами в логике предикатов?

14 Что такое кванторы и как они используются в логике предикатов?

15 Как строится аксиоматическая теория на языке предикатов?

*Использование понятий математической логики, теории множеств, логики предикатов и кванторов в задачах технологического проектирования*

16 Как понятия математической логики помогают решать задачи технологического проектирования?

17 Как теория множеств применяется в технологическом проектировании?

18 Как логика предикатов и кванторы используются в решении инженерных задач?

Вопросы по теме 4 «Графы. Использование графов для моделирования систем».

### *Основные определения*

1 Что такое теоретико-множественное определение графа?

2 Что такое отношение порядка и эквивалентности на графе?

3 Какие задачи связаны с поиском пути на графе?

### *Элементы графов*

4 Что такое вершина, дуга, ребро, контур, петля, нестрогая параллельная дуга, начальная, конечная и изолированная вершины, кратные дуги и ребра, путь и маршрут на графе, контур, длина пути, цепь, цикл, связность графа?

### *Типы конечных графов*

5 Что такое орграф и неориентированный граф?

6 Что такое частичный, смешанный, взвешенный графы?

7 Что такое конечные изоморфные графы?

8 Что такое полный, простой, однородный, кубический, изоморфный графы?

9 Что такое мультиграф, биграф, суграф, надграф, сверхграф, псевдограф, нуль-граф?

### *Граф-дерево*

10 Что такое корень и ветви дерева?

11 Что такое прадерево?

12 Что такое хорда?

13 Что такое покрывающее дерево?

14 Что такое лес?

15 Что такое матрица смежности и матрица инцидентности?

16 Что такое эйлеров и гамильтонов графы?

### *Планарность графов, изоморфные и гомоморфные графы*

17 Что такое планарность графов?

18 Что такое изоморфные и гомоморфные графы?

*Основные теоремы теории графов*

19 Какие основные теоремы теории графов вы можете назвать?

*Реализация операций и функций алгебры логики с помощью графовых моделей*

20 Как реализуются операции и функции алгебры логики с использованием графовых моделей?

*Типовые задачи, использующие элементы дискретной математики*

21 Какие типовые задачи используют элементы дискретной математики?

22 Как моделируются технические системы и взаимосвязи между ними и их элементами?

23 Какие задачи связаны с определением кратчайшего пути на графе?

24 Как решается задача размещения оборудования?

25 Как решается задача минимальной стоимости транспортирования?

26 Как решается задача наибольшей пропускной способности транспортной сети?

#### **6.4 Вопросы тестовой оценки уровня сформированности компетенций студентов по дисциплине и на коллоквиумах**

Вопросы для тестовой оценки уровня сформированности компетенций студентов по дисциплине:

1. Моделирование – это:

а) метод теоретического исследования;

б) метод экспериментального исследования;

в) метод исследования, связанный с построением и исследованием моделей, основанный на возможности переноса знаний с модели на изучаемый объект;

г) метод исследования, связанный с построением и исследованием моделей изучаемых объектов.

2. Этапы моделирования: а) предварительное изучение объекта; б) построение модели изучаемого объекта; в) изучение модели; г) перенос знаний, полученных при исследовании модели на изучаемый объект.

Какой этап исключается при моделировании несуществующих объектов?

а);

г);

а) и г);

б) никакой.

3. Моделирование может быть использовано:

- а) когда доступ к объекту затруднен или невозможен;
- б) когда эксперименты на модели связаны с риском его повреждения;
- в) когда изучаемый объект слишком мал или чрезмерно велик;
- г) в любых случаях.

4. Каким должно быть отношение между объектами, когда один из них может использоваться как модель другого:

- а) сходство;
- б) аналогия;
- в) идентичность;
- г) подобие;
- д) копия;
- е) любое из перечисленных.

5. Могут ли быть изучаемый объект и его модель объектами физической природы:

- а) нет;
- б) да, если между ними несомненное физическое сходство;
- в) да, если при переходе от модели к объекту не изменяются или изменяются в допустимых пределах критерии подобия.

6. Один физический объект может быть моделью другого физического объекта в случае:

- а) полного физического подобия, когда используемые критерии подобия не изменяются при переходе от модели к объекту;
- б) полного физического подобия, когда используемые критерии подобия изменяются в допустимых пределах при переходе от модели к объекту;
- в) подобия в интересующем нас аспекте;
- г) когда, исследуя модель, мы получаем результаты, не противоречивые по отношению к изучаемому объекту;
- д) в любом из перечисленных случаев.

7. Критерии подобия – это:

- а) особые безразмерные числа;
- б) величины, составленные из характеристик объекта или процесса таким образом, что размерности этих характеристик сокращаются;
- в) безразмерные величины, составленные из характеристик процесса или объекта, которые остаются неизменными при переходе от модели к объекту;

8. Функции модели:

- а) замена изучаемого объекта;
- б) замена изучаемого объекта на период исследования;
- в) получение знаний об объекте без непосредственного контакта с ним.

9. Моделирование это:

- а) вынужденный метод исследования, когда прямое изучение объекта невозможно или затруднено;

б) метод исследования, применяемый в случаях, когда приемлемым являются даже приближенные знания об изучаемом объекте;

в) универсальный метод научного познания;

г) метод исследования, используемый преимущественно практиками.

#### 10. Моделирование это:

а) совокупность действий, связанных с построением модели изучаемого объекта;

б) проведение экспериментов на модели изучаемого объекта;

в) перенос знаний, полученных на модели на изучаемый объект;

г) все три предыдущих варианта ответов на данный вопрос.

#### 11. Модель – это:

а) заменитель объекта на период исследования;

б) заменитель объекта в случае его отсутствия;

в) заменитель объекта в случае, если он недоступен;

г) все три предыдущих варианта ответа.

#### 12. Анализ – это:

а) метод исследования, связанный с разложением изучаемого объекта на составляющие;

б) метод исследования, связанный с изучением объекта или процесса, как целого;

в) метод исследования, с использованием которого в зависимости от целей исследования изучаемый объект или разлагается на составляющие, или рассматривается как целое.

#### 13. Математическое моделирование – это:

а) вид моделирования, который состоит в замене изучения некоторого объекта или явления экспериментальным исследованием его модели, имеющей ту же физическую природу;

б) метод познания, заключающийся в процессе построения и изучения математических моделей;

в) процесс выявления существенных признаков рассматриваемого объекта;

г) такое моделирование, при котором реальному объекту ставится в соответствие его увеличенный или уменьшенный материальный аналог, допускающий исследование с помощью последующего перенесения свойств изучаемых процессов и явлений с модели на объект на основе теории подобия.

14. Математические модели по характеру зависимости входных параметров от выходных классифицируют на:

а) непрерывные и дискретные;

б) детерминированные и стохастические;

в) статистические и динамические;

г) статистические и динамические (непрерывные и дискретные).

#### 15. Математические модели по отношению ко времени

классифицируют на:

- а) непрерывные и дискретные;
- б) детерминированные и стохастические;
- в) статистические и динамические;
- г) статистические и динамические (непрерывные и дискретные).

16. Математическая модель – это:

- а) уравнение или система уравнений адекватно описывающие технологический процесс;
- б) модель, создаваемая путем замены объектов моделирующими устройствами, которые имитируют определенные характеристики либо свойства этих объектов;
- в) приближенное описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженное с помощью математической символики;
- г) верно а) и в).

17. Натуральное моделирование – это:

- а) метод познания, заключающийся в процессе построения и изучения математических моделей;
- б) проведение исследований на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента;
- в) все вышеперечисленное;
- г) метод экспериментального изучения различных физических явлений, основанный на их физическом подобии.

18. В математической модели в отличие от физической:

- а) верно б) и в);
- б) допускается изменение начальных условий процесса;
- в) допускается изменение коэффициентов уравнений, адекватно описывающего исследуемый процесс;
- г) изучение природных явлений происходит в специально созданных условиях.

19. Моделирование проявляется для:

- а) все нижеперечисленное;
- б) рационализации способов построения вновь конструируемых объектов;
- в) прогнозирования поведения;
- г) для определения или уточнения характеристик явлений, процессов, объектов.

20. В процессе математического моделирования формируются прямые и обратные связи между:

- а) объектом, моделью и алгоритмом;
- б) объектом и моделью;
- в) объектом, моделью, программой и алгоритмом;
- г) моделью, алгоритмом и программой.

21. К математическим методам моделирования относятся:

- а) статистические методы изучения случайных процессов.
- б) методы проведения численных экспериментов.
- в) метод планирования эксперимента.
- г) верно все перечисленное.

22. Физическое моделирование – это:

- а) метод экспериментального изучения различных физических явлений, основанный на их физическом подобии;
- б) верно а) и г);
- в) исходный документ для испытания изделия;
- г) изучение объектов одной физической природы с помощью объектов, имеющих другую физическую природу, но одинаковое с ними математическое описание.

## **6.5 Тематика и содержание курсового проекта**

Курсовой проект по дисциплине «Математическое моделирование» не предусмотрен.

## **6.6 Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Что такое модель, объект, процесс?
2. Что такое система, элемент системы, окружающая среда?
3. Что такое гипотеза, аналогия?
4. Что такое моделирование?
5. Обозначьте каковы цели моделирования?
6. Назовите в чем заключаются принципы моделирования?
7. Перечислите в чем состоят аксиомы моделирования?
8. Какие виды моделей существуют?
9. Какие виды моделирования существуют?
10. Что такое материальное моделирование?
11. Что такое мысленное моделирование?
12. Какие функции выполняют модели?
13. От чего зависит модель объекта?
14. Что такое фактор, уровень фактора?
15. Что такое сложность объекта?
16. Что такое проблема и задачи исследований?
17. Что такое информация? Назовите виды информации.
18. Что такое математическая модель?
19. Что такое математическое моделирование?
20. Из чего состоит математическая модель?

21. Каковы цели математического моделирования?
22. Назовите какие известны виды математических моделей?
23. Что такое аналитическая модель и эмпирическая модель?
24. Обозначьте преимущества математического моделирования.
25. На чем основано математическое моделирование?
26. Перечислите требования, предъявляемые к математической модели.
27. Что понимают в общем случае под системой? Определить понятие системы, элементы, свойства, среда, изолированная и открытая системы.
28. В чем заключается понятие подсистемы, структура и иерархия систем, сущность системного подхода?
29. Что такое математические языки? Гомоморфная и изоморфная модели.
30. Какие виды машинных моделей Вы знаете? Что понимают под логическим моделированием? Этапы построения математической модели.
31. В чем отличие методов и уровней моделирования? Анализа и синтеза систем?
32. Как учитываются при моделировании системы-аналоги?
33. Как увязать производственный процесс и моделирование?
34. В чем заключается логика высказываний?
35. В чем заключаются логические функции и операции?
36. Что такое формулы и тождества алгебры логики?
37. Что такое булева алгебра и формы представления логических функций?
38. Что такое совершенные дизъюнктивная и конъюнктивная нормальные формы функций?
39. Что такое минимизация форм булевых функций?
40. В чем состоит техническая реализация математической логики?
41. В чем состоит моделирование методом «черного ящика»?
42. Как определяются логические элементы в устройствах цифровой вычислительной техники?
43. В чем состоят основы теории графов? Основные понятия и определения.
44. В чем состоят определения понятий: оргграф, пути в графе, длина пути, простой путь, контур, элементарный контур, петля?
45. В чем состоят определения понятий: неориентированный граф, ребро, цепь, цикл, нестрого параллельные дуги, смешанный граф, взвешенный граф?
46. В чем состоят определения понятий: смежные вершины графа, матрица смежности? Привести примеры матрицы.
47. В чем состоят определения понятий: инцидентность, инцидентная дуга, матрица инцидентности, изоморфные графы? Привести примеры матрицы инцидентности.

48. В чем состоят определения понятий: конечный граф, начальная, конечная и изолированная вершины графа, кратные дуги и ребра, простой граф, мультиграф, псевдограф, нуль граф? Привести примеры.

49. В чем состоят определения понятий: полный граф, простой граф, однородный граф, кубический граф, биграф, суграф, надграф, сверхграф? Привести примеры.

50. В чем состоят определения понятий: маршрут на графе, цепь, простая цепь, цикл, простой цикл, связность графа, симметричный граф?

51. В чем состоят определения понятий: эйлеров и гамильтонов циклы на графе? Эйлеров граф?

52. В чем состоят основные теоремы теории графов?

53. В чем состоят определения понятий: планарность графов, изоморфные и гомоморфные графы?

54. В чем состоят определения понятий: деревья и лес на графах? Привести примеры. Определить понятия: покрывающее дерево, хорда, покрывающий лес, корень дерева, прадерево.

55. В чем состоит постановка задачи коммивояжера? Гамильтонов цикл на графе? Практическое приложение.

56. В чем состоит метод ветвей и границ, и дерево разбиений для решения задачи коммивояжера?

57. В чем заключаются методы минимизации на графах?

58. Как характеризуются связи методов моделирования алгебры логики с теорией графов и реализацией в технологии машиностроения?

## 7.1 Рекомендуемая литература

### Основная литература

1. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. - 4-е изд., стер. - Москва : ФЛИНТА, 2021. - 271 с. - ISBN 978-5-9765-1278-8. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1843197> (дата обращения: 13.05.2024). — Режим доступа: по подписке.

### Дополнительна литература

2. Веткасов, Н. И. Основы математического моделирования : учебно-методическое пособие / Н. И. Веткасов. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — 144 с. — ISBN 978-5-9795-1724-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165056> (дата обращения: 14.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Зелинский, А.Н. Основы математического моделирования: Учеб. пособие. – К.: УМК ВО, 1991. – 236 с. — URL: <https://vk.cc/cI38hc> (дата обращения: 13.05.2024). — Режим доступа: по абонементу библиотеки ДонГТУ.

4. Тихонов, А.Н. Математическое моделирование технологических процессов и метод обратных задач в машиностроении / А.Н.Тихонов, В.Д. Кальнер, В.Б. Гласко. – М.: Машиностроение, 1990. – 264 с. (2 экз.). — URL:

[https://publ.lib.ru/ARCHIVES/T/TIHONOV\\_Andrey\\_Nikolaevich\\_\(matematika,\\_geofizik\)/](https://publ.lib.ru/ARCHIVES/T/TIHONOV_Andrey_Nikolaevich_(matematika,_geofizik)/) (Дата обращения 14.06.2024). — Режим доступа: свободный.

5. Челищев, Б.Е. и др. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении / Под ред. акад. Н.Г. Бруевича. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с. — URL: <https://vk.cc/cIcsdn> (Дата обращения 16.06.2024). — Режим доступа: по абонементу библиотеки ДонГТУ.

6. Технологическая подготовка гибких производственных систем / С.П.Митрофанов, Д.Д.Куликов, О.Н. Миляев, Б.С.Падун; под общ.ред. С.П.Митрофанова. – Л.: Машиностроение, Ленингр.отд-ние, 1987. – 352 с.: ил. (2 экз.). — URL: <https://vk.cc/cIct31> (Дата обращения 18.06.2024). — Режим доступа: по абонементу библиотеки ДонГТУ.

7. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебник для студ.вузов / Н.М.Капустин, П.М.Кузнецов, А.Г.Схиртладзе и др.; под ред. Н.К.Капустина. – М.: Высшая школа, 2004. – 416 с.: ил. . — URL: <https://vk.cc/cIcUtC> (Дата обращения 14.06.2024). — Режим доступа: по абонементу библиотеки ДонГТУ.

8. Митрофанов, С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2 т Т.1 Организация группового производства / С.П.Митрофанов.

– 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – 408 с.: ил. (8 экз.). — URL: [https://library.dontu.ru/getlevel.php?r\\_no2=124060](https://library.dontu.ru/getlevel.php?r_no2=124060) (Дата обращения 19.06.2024). — Режим доступа: по абонементу библиотеки ДонГТУ.

9. Митрофанов, С.П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2 т Т.2 Проектирование и использование технологической оснастки металлорежущих станков / С.П.Митрофанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1983. – 376 с.: ил. (8 экз.). — URL: [https://library.dontu.ru/getlevel.php?r\\_no2=124060](https://library.dontu.ru/getlevel.php?r_no2=124060) (Дата обращения 12.06.2024). — Режим доступа: по абонементу библиотеки ДонГТУ.

### ***Учебно-методические материалы и пособия***

10. Зелинский, А.Н. Логические основы систем управления: учеб. пособие / А.Н. Зелинский, С.И. Зайцев. – Алчевск: ДГМИ, ВПЦ «Ладо», 2002. – 326 с. (30 экз. + электронный вариант). — Режим доступа: по абонементу библиотеки ДонГТУ. — URL: <https://vk.cc/cI3a2D> (Дата обращения 14.06.2024). — Режим доступа: по абонементу библиотеки ДонГТУ.

## **7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт. — Алчевск. — URL: [library.dstu.education](http://library.dstu.education). — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Консультант студента: электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.

4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. — URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red). — Текст: электронный.

5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст: электронный.

6. Электронно-библиотечная система Лань. — Санкт-Петербург. — URL: <https://e.lanbook.com/> — Текст: электронный.

7. Электронно-библиотечная система Znanium. — URL: <https://znanium.ru/> — Текст: электронный.

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
<p>Специальные помещения:</p> <p>1. <i>Лекционная аудитория</i></p> <p>2. <i>Мультимедийная аудитория. (50 посадочных мест), оборудованная специализированной (учебной) мебелью (скамья учебная – 50 шт., стол компьютерный – 1 шт., доска аудиторная– 3 шт.), АРМ учебное ПК (монитор + системный блок), мультимедийный видеопроектор – 1 шт., широкоформатный экран.</i>            Оборудование:            – микроскоп видеоизмерительный MBZ-300 (2шт)            – твердомер Метолаб            Инструмент:            Штангенциркули ШЦ-I, ШЦ-II;            Микрометры МК и МР.</p> <p>3. <i>Аудитория для проведения практических занятий, для самостоятельной работы.</i></p> <p>4. <i>Лаборатория САПР (20 посадочных мест), оборудованная учебной мебелью, 10 персональных компьютеров с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС, принтерами.</i></p> <p>5. <i>Лаборатория ВСТИ (оснащена приборами и контрольными средствами измерения).</i></p> <p>6. <i>Лаборатория (учебные мастерские) (оснащена станочным оборудованием, роботом, станками с ЧПУ. Имеет комплекты мерительного, режущего и вспомогательного инструментов, станочные приспособления (центры, самоцентрирующие патроны, люнеты и др.)</i></p>	<p>ауд. <u>303</u>            корп. <u>четвертый</u>            ауд. <u>103</u>            корп. <u>третий</u></p> <p>ауд. <u>303</u>            корп. <u>третий</u></p> <p>ауд. <u>307</u>            корп. <u>третий</u></p> <p>ауд. <u>101</u>            корп. <u>четвертый</u></p> <p>ауд. <u>102</u>            корп. <u>третий</u></p>

## Лист согласования РПД

Разработал  
доцент кафедры  
технологии и организации  
машиностроительного  
производства

(должность)



(подпись)

Ю.В. Пипкин

(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой  
технологии и организации  
машиностроительного  
производства

(должность)



(подпись)

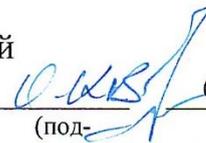
А.М. Зинченко

(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры  
технологии и организации  
машиностроительного производства

от 28.08 20 24 г.

И.о. декана факультета горно-металлургической  
промышленности и строительства

(под-  
пись)

О.В. Князьков

(Ф.И.О.)

Согласовано  
Председатель методической  
комиссии по направлению подготовки  
15.04.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств  
(«Технология машиностроения»)

(под-  
пись)

А.М.Зинченко

(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра



(подпись)

О.А. Коваленко

(Ф.И.О.)

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	