

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8ca057

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 в машиностроении
(наименование дисциплины)

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
(код, наименование направления/специальности)

Квалификация магистр
(бакалавр/специалист/магистр)
Форма обучения очная, очно-заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины. Целью изучения дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» является приобретение знаний и навыков по теории и практике применения методов математического моделирования для решения проблем, связанных с оптимизацией и принятием решений в области типовых задач технологии и организации машиностроительного производства.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с методами решения производственных задач оптимизации планирования объемов выпуска новых изделий, раскроя материала, ремонта или замены оборудования, создания гибких автоматизированных производств на основе автоматических линий и быстро заменяемых модулей;
- освоение теории и практики оптимизации решений в условиях риска и неопределенности производственных ситуаций.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины — курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», часть блока 1, формируемая участниками образовательных отношений по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (магистерская программа «Технология машиностроения»).

Дисциплина реализуется кафедрой технологии и организации машиностроительного производства. Основывается на компетенциях, сформированных при освоении ОПОП ВО бакалавриата.

Является основой для дальнейшего освоения компетенций, связанных со сферами и областями профессиональной деятельности в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО.

Общая трудоёмкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (24 ак. ч.) занятия, практические (36 ак. ч.) занятия и самостоятельная работа студента (84 ак. ч.).

Общая трудоёмкость освоения дисциплины для очно-заочной формы обучения составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (10 ак. ч.) занятия, практические (14 ак. ч.) занятия и самостоятельная работа студента (120 ак. ч.).

Дисциплина изучается на 2-м курсе в 4-м семестре. Форма промежуточной аттестации — экзамен.

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

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 — Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен разрабатывать технические задания на создание новых эффективных технологий изготовления изделий машиностроительного производства, на модернизацию и автоматизацию производственных и технологических процессов, средств и систем на основе анализа при заданных критериях, целевых функциях и ограничениях	ПК-14	<p>ПК-14.4 Знает требования, предъявляемые к деталям, изготовление которых планируется на оборудовании с ЧПУ (по технологичности, серийности выпуска, конструкторско-технологической проработке чертежей)</p> <p>ПК-14.9 Умеет анализировать технические требования и технологичность конструкции деталей с точки зрения обеспечения эффективности их обработки на станках с ЧПУ. Разрабатывать конструкторско-технологические мероприятия для обеспечения целесообразности обработки партий деталей на станках с ЧПУ</p> <p>ПК-14.13 Владеет навыками поиска информации и работы с технической документацией, необходимой для проектирования технологических процессов, реализуемых на станках с ЧПУ (паспорта оборудования, каталоги технологического оснащения, нормативно-справочные материалы по режимам обработки и нормированию трудоёмкости)</p>
ПК-15 Способен участвовать в разработке технических проектов машиностроительных производств с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных параметров, разрабатывать варианты решения проектных задач, производить анализ и выбор оптимальных решений, прогнозировать их последствия, определять показатели технического и экономического уровней проектируемых процессов машиностроительных производств и изделий	ПК-15	<p>ПК-15.1 Знает проблемно-ориентированные методы анализа, синтеза и оптимизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств</p> <p>ПК-15.2 Умеет разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение машиностроительного назначения</p> <p>ПК-15.3 Владеет способностью использовать научные результаты и известные научные методы и способы для решения новых научных и технических проблем в области машиностроения</p>

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. ч.

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

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределения 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
		4-й семестр
Аудиторная работа, в том числе:	60	60
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	—	—
Курсовая работа/курсовой проект	—	—
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	84	84
Подготовка к лекциям	6	6
Подготовка к лабораторным работам	—	—
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	32	32
Выполнение курсовой работы / проекта	—	—
Расчётно-графическая работа (РГР)	—	—
Реферат (индивидуальное задание)	16	16
Домашнее задание	—	—
Подготовка к контрольной работе	—	—
Подготовка к коллоквиуму	9	9
Аналитический информационный поиск	—	—
Работа в библиотеке	—	—
Подготовка к экзамену	21	21
Промежуточная аттестация — экзамен (Э)	Э	Э
Общая трудоёмкость дисциплины		
	ак.ч.	144
	з.е.	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п. 3, дисциплина разбита на 5 тем:

- тема 1 (Дискретное программирование);
- тема 2 (Оптимизация в технических системах);
- тема 3 (Моделирование процессов конструкторско-технологической подготовки производства);
- тема 4 (Моделирование и оптимизация организационно-экономических задач в ситуациях риска и неопределённости);
- тема 5 (Теоретико-игровое обеспечение безопасности предприятия).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и очно-заочной формы приведены в таблицах 3 и 4 соответственно.

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-ёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо-ёмкость в ак.ч.
1	Дискретное программирование	Цель, предмет и задачи дисциплины. Математический аппарат оптимизации физических объектов и процессов технических и производственных систем. Возможности дискретной математики и математического программирования для числового матричного моделирования, исследования и оптимизации технологических и организационно-производственных систем. Область применения прикладной математики и методов оптимизации в машиностроении	1	—	—
		Оптимизация в условиях определённости. Минимизация форм логических функций. Аналитические методы. Импликанты булевых функций. Методы Квайна-Мак-Класки, Петрика, Блейка-Порецкого. Геометрический метод многомерного куба. Карты Карно	2	Задачи оптимизации на графах: задача о кратчайшем пути, метод Штайнгауза, алгоритм Краскала, задача коммивояжёра	4
		Оптимизация на графах. Типы задач. Задача о кратчайшем пути. Построение покрывающего дерева наименьшей длины. Методы Штейнгауза. Алгоритм Краскала. Метод отсечения. Задача коммивояжёра. Гамильтонов цикл на графе. Метод ветвей и границ	2		
2	Оптимизация в технических системах	Постановка задач линейного программирования. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. Симплекс-метод. Построение начального опорного плана	1	Задачи о раскрое материала, распределении ресурсов, о назначениях, транспортная задача, задачи оптимизации последовательности обработки деталей	4

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоёмкость в ак.ч.
		Транспортная задача в матричной постановке. Метод потенциалов. Метод северо-западного угла. Задача о назначениях	2		
		Задача о раскрое материала. Производственная задача о использовании и распределении ресурсов. Задачи оптимизации последовательности обработки деталей на двух станках различного типа. Динамическая оптимизация в планировании работ. Оптимизация решения по комплексу критериев.	2		
3	Моделирование процессов конструкторско-технологической подготовки производства	Конструкторско-технологическая классификация и унификация деталей машиностроения на основе операций математической логики для организации групповой обработки	1	Реализация операций математической логики в конструкторско-технологической классификации и унификации деталей машиностроения	2
		Формирование оптимальных операций обработки ступенчатых валов. Оптимизация режимов обработки резанием	2	Задачи оптимизации режимов обработки, операций обработки ступенчатых валов	4
		Математическая формализация маршрутов и операций технологического процесса символьной логики предикатов для дальнейших исследований и автоматизации проектирования	1	Моделирование операций и маршрутов ТП для автоматизации проектирования с помощью ПК	2
		Построение графовых моделей размерных цепей станочных приспособлений для расчётов погрешностей базирования в случаях неорганизованной смены баз при установке заготовок в призмы, на оправки и на пальцы. Закономерности построения графовых моделей для выявления элементарных составляющих погрешностей и расчётов суммарной погрешности конструкций станочных приспособлений	2	Исследование размерных цепей формирования погрешностей базирования при неорганизованной смене баз на моделях теории графов	4
				Расчёты на графовых моделях погрешностей базирования при установке заготовок с неорганизованной сменой баз в призмы, на оправки и установочные пальцы	4

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоёмкость в ак.ч.
				Расчёты точности приспособлений различных типов и назначения с помощью универсальной графовой модели формирования суммарной погрешности конструкции	2
4	Моделирование и оптимизация организационно-экономических задач в ситуациях риска и неопределённости	<p>Основные понятия и определения теории принятия решений. Понятие неопределённости и риска. Вероятностный анализ и оценка ситуации. События достоверные и невозможные, несовместимые и равновозможные, шансы. Критерий математического ожидания, стратегии: максимакса, минимакса и максимина. Математическая модель задачи принятия решений. Граф связей альтернатив с исходами. Матрицы рисков, их свойства. Функции реализации. «Полезность» альтернативы. Критерии оценки исходов: Лапласа, Сэвиджа, Вальда и Гурвица. Граф-дерево принятия решений</p> <p>Примеры прогнозирования и оптимизации принятия решений в условиях риска в определённых ситуациях машиностроительного производства</p> <p>Теория статистических решений. Основные понятия и определения. Классификация теоретико-игровых моделей в условиях неопределённости. Игра как модель конфликтной ситуации. Конфликт в производственных условиях: конструктор — технолог, объёмы производства — качество продукции, качество — себестоимость, конкуренция в условиях рыночных от-</p>	2	Расчёты критериев математического ожидания, Лапласа, Вальда, Сэвиджа и Гурвица, оптимизации в условиях риска	4
			2	Оптимизация принятия решений в условиях конфликта, рынка, конкуренции с помощью теоретико-игровых моделей	2
			2	Решение производственных задач в условиях неопределённости с помощью аппарата теории игр	2

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоёмкость в ак.ч.
		ношений. Понятие стратегии. Верхняя и нижняя цена игры. Цены и оптимальные стратегии игр. Платёжная матрица. Игра с седловой точкой. Чистые и смешанные стратегии игр. Стратегии доминирования. Стратегические и статистические игры. Обеспечение принципа гарантированного результата. Дерево решений. Выбор оптимальной стратегии в условиях неопределённости			
5	Теоретико-игровое обеспечение безопасности предприятия	Теоретические основы игрового подхода в концепции безопасности предприятия. Исследование возможностей предприятия по профилактике, предотвращению и локализации угроз экономической безопасности в виде хищений и повреждений имущества, запасов, документации с целью обогащения, наживы или получения конкурентных преимуществ	1	Решение задач игрового подхода к концепции безопасности предприятия	2
		Ситуации, в которых участвуют две противоположенные стороны со своими экономическими интересами и целями представляет собой конфликт. Формализация содержательного описания конфликта представляет собой математическую модель — антагонистическую игру, результат которой оценивается вещественным числом. Решение игры позволяет предприятию понять беспроеигрышную стратегию поведения	1		
Всего аудиторных часов			24		36

Таблица 4 — Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-ёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо-ёмкость в ак.ч.
1	Дискретное программирование	Оптимизация в условиях определённости. Минимизация форм логических функций. Аналитические методы. Импликанты булевых функций. Методы Квайна-Мак-Класки, Петрика, Блейка-Порецкого. Геометрический метод многомерного куба. Карты Карно	2	Задачи оптимизации на графах: задача о кратчайшем пути, метод Штайнгауза, алгоритм Краскала, задача коммивояжёра	2
		Оптимизация на графах. Типы задач. Задача о кратчайшем пути. Построение покрывающего дерева наименьшей длины. Методы Штейнгауза. Алгоритм Краскала. Метод отсечения. Задача коммивояжёра. Гамильтонов цикл на графе. Метод ветвей и границ	2		
2	Оптимизация в технических системах	Постановка задач линейного программирования. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. Симплекс-метод. Построение начального опорного плана	1	Задачи о раскрое материала, распределении ресурсов, о назначениях, транспортная задача, задачи оптимизации последовательности обработки деталей	2
		Транспортная задача в матричной постановке. Метод потенциалов. Метод северо-западного угла. Задача о назначениях	1		
		Задача о раскрое материала. Производственная задача о использовании и распределении ресурсов. Задачи оптимизации последовательности обработки деталей на двух станках различного типа. Динамическая оптимизация в планировании работ. Оптимизация решения по комплексу критериев	1		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоёмкость в ак.ч.
3	Моделирование процессов конструкторско-технологической подготовки производства	Формирование оптимальных операций обработки ступенчатых валов. Оптимизация режимов обработки резанием	1	Задачи оптимизации режимов обработки, операций обработки ступенчатых валов	2
		Построение графовых моделей размерных цепей станочных приспособлений для расчётов погрешностей базирования в случаях неорганизованной смены баз при установке заготовок в призмы, на оправки и на пальцы. Закономерности построения графовых моделей для выявления элементарных составляющих погрешностей и расчётов суммарной погрешности конструкций станочных приспособлений	2	Исследование размерных цепей формирования погрешностей базирования при неорганизованной смене баз на моделях теории графов	2
				Расчёты на графовых моделях погрешностей базирования при установке заготовок с неорганизованной сменой баз в призмы, на оправки и установочные пальцы	4
				Расчёты точности приспособлений различных типов и назначения с помощью универсальной графовой модели формирования суммарной погрешности конструкции	2
Всего аудиторных часов:			10		14

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) при оценке сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень работ по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Перечень работ по дисциплине и способы оценивания знаний

Вид учебной работы	Способ оценивания	Количество баллов
Выполнение заданий на практических занятиях	Предоставление отчётов по практическим работам	24—40
Тестовый контроль или письменные ответы на коллоквиумах (2 работы)	Более 60% правильных ответов	18—30
Выполнение индивидуального задания	Предоставление индивидуально-го задания	18—30
ИТОГО:		60—100

Экзамен по дисциплине проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную позицию по каждому модулю. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального. В случае, если набранная в семестре сумма баллов не устраивает студента, он имеет право повысить итоговую оценку на экзамене во время экзаменационной сессии.

Экзамен по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» проводится в форме устного опроса. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса из приводимого ниже (п. 6.4) перечня и практическое задание. Билеты составлены таким образом, чтобы вопросы относились к разным темам. Студент на устном экзамене может набрать до 100 баллов.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 7.

Таблица 7 — Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале экзамен
0–59	неудовлетворительно
60–73	удовлетворительно
74–89	хорошо
90–100	отлично

6.2 Тематика и содержание заданий для практических занятий и индивидуального задания

Варианты заданий к разделу «Оптимизация режимов обработки резанием».

Задание 1. Построить математическую модель процесса резания и определить оптимальные режимы (n , S) для точения заготовки типа «вал» диаметром D и длиной L с учётом вида и материала заготовки, требуемой точности, шероховатости поверхности Rz и глубины резания t . Номера вариантов и исходные данные приведены в таблице 8.

Таблица 8 — Номера вариантов и исходные данные к заданию 1

Вариант	Материал заготовки	Вид заготовки	Глубина резания t , мм	D , мм	L , мм	Rz , мкм	Квалитет
1	Латунь ЛС59–1	Прокат	2,0	30	220	20	10
2	Алюминиевый сплав АЛ9	Прокат	3,0	42	200	20	10
3	Сталь 30ХГСА	Прокат	3,5	56	300	20	10
4	Бронза БрАЖ9–4	Прокат	2,5	64	360	20	10
5	Сталь 45	Поковка	3,0	92	420	40	10
6	Сталь 30ХГСА	Поковка	3,0	90	300	40	10
7	Сталь 12Х18Н9Т	Поковка	3,0	96	500	40	12
8	Сталь 20	Прокат	2,5	120	560	40	12
9	Сталь 45	Прокат	4,0	140	700	60	12
10	Сталь 40Х	Прокат	2,0	160	820	60	12

Задание 2. Построить математическую модель процесса резания и определить режимы (n , S) для сверления в заготовке типа «плита» отверстия диаметром d и глубиной l по 12 квалитету. Номера вариантов и исходные данные приведены в таблице 9.

Таблица 9 — Номера вариантов и исходные данные к заданию 2

Вариант	Материал заготовки	d , мм	L , мм
1	Сталь 45	6	16
2	Чугун СЧ 20	8	20
3	Чугун ВЧ 45	16	24
4	Сталь 12Х18Н9Т	24	32
5	Алюминиевый сплав АЛ9	30	40
6	Алюминиевый сплав АЛ9	36	50
7	Сталь 20	40	80
8	Чугун СЧ 20	42	100
9	Чугун ВЧ 45	48	120
10	Сталь 40Х	40	120

Варианты заданий к разделу «Оптимизация в планировании работ».

Задание 3. Планируется реконструкция механических участков A_1 , A_2 , A_3 цеха в связи с производством новых изделий. Реконструкция каждого участка состоит из следующих 4-х основных стадий работ, выполняемых последовательно: 1) освобождение производственных площадей; 2) транспортные и электромонтажные работы; 3) монтаж оборудования и средств межоперационного транспорта; 4) пуск и наладка оборудования. Возможности служб главного механика ограничены и не позволяют вести один и тот же вид работ одновременно на нескольких участках. Считая, что работа на каждом участке должна продолжаться непрерывно с момента начала реконструкции и до её окончания, требуется запланировать сроки начала работ и их оптимальную последовательность для каждого объекта так, чтобы суммарный срок реконструкции всех участков был минимальным. Определить этот срок. Продолжительность каждого вида работ, например, в рабочих днях, задана в таблице 10 вариантов заданий.

Таблица 10 — Номера вариантов и исходные данные к заданию 3

Объекты	Вариант 1				Вариант 2			
	Виды (стадии) работ							
	1	2	3	4	1	2	3	4
A_1	2	1	4	5	1	2	5	2
A_2	3	2	6	1	3	2	4	1
A_3	1	5	3	4	5	2	1	4

Варианты заданий к разделу «Методы ветвей и границ для решения задачи коммивояжера».

Задание 4. На станке с ЧПУ требуется обработать последовательно пять отверстий в детали. Координаты центров отверстий заданы чертежом, а расстояния между отверстиями представлены ниже. 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.

		<i>Вариант 1</i>							<i>Вариант 2</i>				
		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

Варианты задач к разделу «Критерии оптимизации в условиях риска».

Задание 5. Один из пяти станков должен быть выбран для изготовления партии изделий, размер которой Q может принимать три значения: 150; 200; 350. Производственные затраты C_i для i станка задаются следующей формулой:

$$C_i = P_i + c_i \cdot Q.$$

Значения P_i и c_i приведены в таблице 11.

Таблица 11 — Значения показателей P_i и c_i для различных моделей станков

Показатели	Модели станка				
	1	2	3	4	5
P_i	30	80	50	160	5
c_i	14	6	10	5	100

Выбрать оптимальное решение предприятия с помощью критериев Лапласа, Сэвиджа и Гурвица (при $\alpha = 0,6$) на основе сравнения и анализа полученных результатов.

Задание 6. Для производства изделий предприятие выбирает один из трёх альтернативных технологических процессов:

T_1 — технологический процесс на основе обработки резанием;

T_2 — технологический процесс на основе обработки давлением;

T_3 — технологический процесс на основе литья.

Каждый из технологических процессов обеспечивает различные потери дорогостоящего материала, выраженные баллами от 1 до 5. Самые низкие потери (балл 5 — отлично) обеспечиваются самым дорогостоящим технологическим процессом. На потери также влияет спрос на эти изделия и, как следствие, объёмы производства. Последние факторы не определены и могут быть выражены условиями:

Y_1 — спрос на изделие будет расти, следовательно, будут расти объёмы производства;

Y_2 — спрос на изделие будет падать, следовательно, будут падать объёмы производства.

Матрица принятия решений имеет вид:

$$\begin{array}{c} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{array} \begin{array}{cc} Y_1 & Y_2 \\ \left(\begin{array}{cc} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \\ q_{31} & q_{32} \end{array} \right) \end{array}$$

Стратегия предприятия заключается в минимизации высоких потерь материала. Выберите критерий и примите решение.

Указания к решению: так как стратегия состоит в минимизации потерь дорогостоящего материала, следовательно, необходимо застраховать предприятие от высоких потерь. В этих условиях целесообразно применить правило пессимиста — попытаться «уйти» от минимального балла матрицы, соответствующего высоким потерям: $\max \min q_{ij}$.

Задание 7. В условиях предыдущей задачи предприятие меняет стратегию и стремится минимизировать общие затраты на технологический процесс, складывающиеся из стоимости выполнения самого технологического процесса и потерь на дорогостоящие материалы. Требуется выбрать критерий и принять решение, исходя из условия, что стоимость технологического процесса для предприятия в 2 раза значимее, чем потери дорогостоящих материалов.

Указания к решению: так как по условию задачи самые низкие потери обеспечиваются самым дорогостоящим технологическим процессом, следовательно, целесообразно применить комбинированную стратегию: попытаться совместить правило оптимиста (выделить самый дешёвый технологический процесс по максимальному элементу) и правило пессимиста (застраховать себя от высоких потерь, «уходя» от минимального балла матрицы). Так как приоритет известен (стоимость технологического процесса в 2 раза значимее, чем потери дорогостоящих материалов), следовательно, можно определить коэффициент значимости α . Он будет приближённо равен 0,66 ($0,33 \times 2 = 0,66$).

Варианты к заданиям 6, 7 представлены в таблице 12.

Таблица 12 — Варианты к заданиям 6, 7

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Балл q_{11}	9	9	8	6	5	6	5	7
Балл q_{12}	8	6	8	8	7	7	8	9
Балл q_{21}	7	8	7	9	6	5	6	5
Балл q_{22}	8	8	8	7	6	7	4	7
Балл q_{31}	7	7	9	6	5	9	9	8
Балл q_{32}	6	9	8	8	8	5	6	7

Варианты заданий к разделу «Оптимизация в условиях неопределённости».

Задание 8. Найдите седловую точку и значение цены игры для каждой из двух следующих игр. Платёжные матрицы имеют следующий вид:

$$\bar{A} = \|a_{ij}\| = \begin{pmatrix} 8 & 6 & 2 & 8 \\ 8 & 9 & 4 & 5 \\ 7 & 5 & 3 & 5 \end{pmatrix}; \quad \bar{B} = \|b_{ij}\| = \begin{pmatrix} 4 & -5 & -4 & 6 \\ -5 & -6 & -7 & -1 \\ 7 & 2 & -10 & 6 \end{pmatrix}.$$

Задание 9. Определите области значения x , для которых стратегии A_2 и B_2 будут оптимальными в следующих играх:

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 \\ 5 & x & 9 \\ 7 & 3 & 4 \end{bmatrix}; \quad \bar{B} = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 \\ 10 & x & 6 \\ 4 & 8 & 3 \end{bmatrix}$$

Задание 10.

Станкостроительный завод выпускает токарно-револьверные автоматы (ТРА) на базе модели 1Б118 двух классов: 1) высший класс — станки повышенной точности 1М118П, оснащённые дополнительными устройствами, которые значительно расширяют технологические возможности ТРА; 2) серийная модель 1М118, стоимость которой существенно ниже стоимости 1М118П. Рынком сбыта ТРА традиционно владеют фирмы “Index” и “Traub”. Для развития производства и эффективной работы станкозавода необходимо «прорваться» на рынок сбыта станков, занятый всемирно известными фирмами. Прибыль завода зависит от объёма станков, которые выпускаются, их номенклатуры и возможной реализации в следующих регионах: 1. Индия; 2. Россия; 3. Беларусь; 4. Африка; 5. Страны Восточной Европы.

Для станкозавода эта прибыль в зависимости от региона сбыта и класса станков задана в таблице 13.

Таблица 13 — Прибыль станкозавода в зависимости от региона сбыта и класса станков

Класс станка	Прибыль				
	1	2	3	4	5
1	7	3	5	1	4
2	8	12	7	11	9

Определить:

1. Оптимальную стратегию поведения станкозавода (номенклатуру и соотношения объёмов выпуска станков разных классов, рынки сбыта).
2. Дать экономическую интерпретацию (гарантированная прибыль) оптимальной стратегии станкозавода.

Задание 11. Машиностроительное предприятие собирается начать производство фильтров для горно-шахтного оборудования. Оно намерено завоевать часть рынка сбыта, несмотря на острую конкуренцию со стороны других предприятий, уже выпускающих аналогичные конструкции. Чтобы получить необходимую прибыль, предприятие должно чётко сформулировать свою стратегию независимо от возможных действий конкурентов. После сбора необходимой информации и её анализа предприятием установлено, что возможны шесть вариантов стратегии: первые три — его возможные действия, вторые три — действия конкурентов. В итоге удалось разработать матрицу (см. таблицу 14) возможных объёмов реализации изделий (в тыс. шт.) в зависимости от соотношения стратегий.

Определить:

1. Имеется ли седловая точка в платёжной матрице? Если да, то объяснить поведение предприятия и его конкурентов.
2. Найти наилучшую стратегию предприятия и гарантированный объём реализации фильтров.
3. Как поступят конкуренты при наличии у них такой же информации?

Таблица 14 — Варианты заданий и разработанная матрица возможных объёмов реализации изделий

Номер варианта	Номер стратегии	1	2	3
1	1	6	4	9
	2	9	3	2
	3	7	1	5
2	1	3	1	4
	2	2	1	1
	3	2	3	1
3	1	7	4	9
	2	10	5	8
	3	4	6	2

6.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1. Дискретное программирование

- 1) Что входит в математический аппарат оптимизации физических объектов и процессов технических и производственных систем?
- 2) Назовите возможности дискретной математики и математического программирования для числового матричного моделирования, исследования и оптимизации технологических и организационно-производственных систем?
- 3) Назовите область применения прикладной математики и методов оптимизации в машиностроении?
- 4) В чем сущность минимизации форм логических функций?
- 5) Что такое метод Квайна-Мак-Класки?
- 6) Что является принципом оптимизации в условиях определённости?
- 7) Какие существуют численные методы решения задач оптимизации?
- 8) Что такое импликанта булевой функции?
- 9) Что такое метод Петрика?
- 10) Что такое метод Блейка-Порецкого?
- 11) В чем сущность геометрического метода многомерного куба?
- 12) Что из себя представляют карты Карно?
- 13) Что такое оптимизация на графах?
- 14) Какие Вы знаете типичные задачи оптимизации на графах?
- 15) Приведите алгоритм поиска кратчайшего пути?
- 16) Что используется для построения покрывающего дерева наименьшей длины?
- 17) В чем сущность метода Штейнгауза?
- 18) Что такое алгоритм Краскала?
- 19) В чем сущность метода отсечения?
- 20) Как решается задача коммивояжера?
- 21) Как находится гамильтонов цикл на графе?
- 22) В чем сущность метода ветвей и границ?

Тема 2. Оптимизация в технических системах

- 1) Перечислите задачи линейного программирования?
- 2) Что понимается под геометрической интерпретацией задач линейного программирования?
- 3) В чем сущность симплекс-метода?
- 4) Что понимается под построением начального опорного плана?
- 5) Что из себя представляет транспортная задача в матричной постановке?
- 6) Что такое метод потенциалов?

- 7) Дайте характеристику методу северо-западного угла?
- 8) В чем сущность задачи о назначениях?
- 9) Как решается задача о раскрое материала?
- 10) В чем сущность производственной задачи о использовании и распределении ресурсов?
- 11) Перечислите пути решения задачи оптимизации последовательности обработки деталей на двух станках различного типа?
- 12) Что представляет собой динамическая оптимизация в планировании работ?
- 13) Что понимается под оптимизацией решения по комплексу критериев?

Тема 3. Моделирование процессов конструкторско-технологической подготовки производства

- 1) Дайте конструкторско-технологическую классификацию и унификацию деталям машиностроения на основе операций математической логики для организации групповой обработки?
- 2) Как происходит формирование оптимальных операций обработки ступенчатых валов?
- 3) Что понимается под оптимизацией режимов обработки резанием?
- 4) Что понимается под математической формализацией маршрутов и операций технологического процесса символьной логики предикатов?
- 5) Как происходит построение графовых моделей размерных цепей станочных приспособлений для расчётов погрешностей базирования в случаях неорганизованной смены баз при установке заготовок в призмы?
- 6) Как происходит построение графовых моделей размерных цепей станочных приспособлений для расчётов погрешностей базирования в случаях неорганизованной смены баз при установке заготовок на оправки?
- 7) Как происходит построение графовых моделей размерных цепей станочных приспособлений для расчётов погрешностей базирования в случаях неорганизованной смены баз при установке заготовок на пальцы?
- 8) Перечислите закономерности построения графовых моделей для выявления элементарных составляющих погрешностей и расчётов суммарной погрешности конструкций станочных приспособлений?

Тема 4. Моделирование и оптимизация организационно-экономических задач в ситуациях риска и неопределённости

- 1) Что понимается под неопределённостью и риском?
- 2) Что такое вероятностный анализ и оценка ситуации?
- 3) Что такое события достоверные и невозможные, несовместимые и равновозможные, шансы?
- 4) Для чего предназначен критерий математического ожидания?

- 5) Что понимается под стратегиями максимакса, минимакса и максимина?
- 6) Перечислите основные этапы построения математической модели задачи принятия решений?
- 7) Как происходит построения графа связей альтернатив с исходами?
- 8) Дайте понятие матрицы рисков, перечислите их свойства и функции реализации?
- 9) Что такое «полезность» альтернативы?
- 10) Что такое критерий Лапласа, Сэвиджа, Вальда и Гурвица?
- 11) Как происходит построение граф-дерева принятия решений?
- 12) Приведите примеры прогнозирования и оптимизации принятия решений в условиях риска в определённых ситуациях машиностроительного производства?
- 13) Что такое теория статистических решений?
- 14) Дайте классификацию теоретико-игровых моделей в условиях неопределённости?
- 15) В чем сущность игры как модели конфликтной ситуации?
- 16) Дайте характеристику конфликту в производственных условиях: конструктор — технолог, объёмы производства — качество продукции, качество — себестоимость, конкуренция в условиях рыночных отношений?
- 17) Дайте понятие стратегии?
- 18) Что такое верхняя и нижняя цена игры?
- 19) Что такое цены и оптимальные стратегии игр?
- 20) Что такое платёжная матрица?
- 21) Что подразумевают под игрой с седловой точкой?
- 22) Дайте характеристику чистым и смешанным стратегиям игр?
- 23) Что такое стратегии доминирования?
- 24) Что такое стратегические и статистические игры?
- 25) В чем обеспечивается принцип гарантированного результата?
- 26) Что такое дерево решений?
- 27) Как происходит выбор оптимальной стратегии в условиях неопределённости?

Тема 5. Теоретико-игровое обеспечение безопасности предприятия

- 1) В чем суть игрового подхода в концепции безопасности предприятия?
- 2) Дайте характеристику возможностей предприятия по профилактике, предотвращению и локализации угроз экономической безопасности в виде хищений и повреждений имущества, запасов, документации с целью обогащения, наживы или получения конкурентных преимуществ?
- 3) Что такое конфликт?

- 4) В чем сущность математической модели конфликта?
- 5) Что такое решение игры?

6.4 Материалы для подготовки к экзамену

Для оценки знаний, приобретённых студентом в процессе освоения дисциплины, используются следующие вопросы:

- 1) От каких факторов зависит выбор технических ограничений для оптимизации режимов обработки резанием?
- 2) Что принимается в качестве оценочной функции технических ограничений в математической модели процесса резания?
- 3) Какие типы задач можно отнести к задаче коммивояжёра?
- 4) В чём состоит сущность методов динамического планирования и динамической оптимизации в планировании работ?
- 5) Какие виды производственных задач могут решаться методами линейного математического программирования?
- 6) На чём основана идея метода «ветвей и границ»?
- 7) Охарактеризовать эйлеровы и гамильтоновы пути на графах, их значение и применение для решения практических задач.
- 8) Какую информацию содержит и какой порядок построения графа-дерева разбиений в методе ветвей и границ?
- 9) Какие действия выполняются для приведения матриц в методе ветвей и границ?
- 10) Как определить уточнённую оценку снизу и улучшение оценки длин гамильтоновых путей?
- 11) Каким образом можно простым просмотром матрицы найти минимальный путь?
- 12) Какие факторы необходимо учитывать при оптимизации операций, выполняемых на многооперационных станках с ЧПУ?
- 13) Сокращение каких составляющих вспомогательного времени ведёт к снижению машинно-вспомогательного времени на многооперационных станках с ЧПУ?
- 14) Охарактеризовать три основных варианта оптимизации обработки отверстий мерным инструментом на многооперационных станках с ЧПУ.
- 15) В чём заключается сущность метода аддитивной оптимизации решений по комплексу критериев?
- 16) Что понимают под нормализацией критериев в решении многокритериальных задач?
- 17) В чём состоит сущность метода последовательных уступок в решении многокритериальных задач?

- 18) Какие схемы обработки применяют при обработке ступенчатых валов?
- 19) Какую схему обработки ступенчатых валов считают оптимальной?
- 20) Какие факторы влияют на выбор оптимальной схемы обработки валов?
- 21) Каким образом, и с какой целью строится сетевой график последовательности обработки шеек ступенчатого вала?
- 22) Перечислите основные технико-экономические показатели, улучшение которых достигается оптимальным построением операций обработки ступенчатых валов.
- 23) Что понимают под оптимизацией?
- 24) Что такое система, системный подход?
- 25) Определите понятие «проблема» с точки зрения теории решений и в практике управления.
- 26) Объясните смысловое значение понятий «решение», «цель решения», «обоснование решения».
- 27) Какой этап моделирования предшествует постановке и подготовке к решению задачи?
- 28) Что называется моделью, моделированием, технологией моделирования?
- 29) Приведите примеры источников конфликтов на предприятиях.
- 30) Какие элементы математического моделирования может быть управляемым и неуправляемым?
- 31) Что понимают под критерием, ограничением, стратегией?
- 32) Что называют целевой функцией?
- 33) Чем объясняется понятие оптимальности?
- 34) Какие средства применяют для обоснования решения?
- 35) Что называют поддержкой решений и какова система поддержки решений?
- 36) Какие специальные разделы прикладной математики применяют для обоснования оптимальных решений?
- 37) Какие методы решений называют комбинаторными?
- 38) Этапы решения задач комбинаторным методом.
- 39) Что необходимо для постановки задач в комбинаторном методе?
- 40) В чём суть итеративных методов?
- 41) Охарактеризуйте три класса итеративных методов принятия решений.
- 42) В чём состоит метод регулярного поиска? Назовите область его применения.

- 43) Достоинства и недостатки направленного поиска наилучшего варианта.
- 44) Какова роль решения задач математического программирования?
- 45) Что такое альтернатива и исходы?
- 46) Чем характеризуются комбинаторные, аналитические и сетевые методы принятия решений?
- 47) В чём заключаются особенности различных зависимостей исходов от альтернатив?
- 48) Что понимают под ситуацией неопределённости?
- 49) Какие условия сопутствуют ситуации риска?
- 50) Каким образом определяют элементы матрицы рисков?
- 51) Что понимают под чувствительностью (надёжностью) решений в условиях риска?
- 52) Каким образом определяют стоимость достоверной информации?
- 53) Какие критерии применяют для количественной оценки ситуации и принятия решений в условиях риска?
- 54) Что такое математическое ожидание?
- 55) Как определить критерий Лапласа и в каких случаях целесообразно им пользоваться?
- 56) В чём сущность критерия Вальда, и каков способ его определения?
- 57) Что гарантирует минимаксный критерий Сэвиджа?
- 58) На чём основан компромиссный критерий Гурвица?
- 59) Какую стратегию называют упущенным доходом или правилом возможных потерь?
- 60) Какими критериями можно охарактеризовать ожидаемый максимальный доход?
- 61) В чём заключается сущность, назначение и возможности теории игр?
- 62) Как можно определить игру, какие правила она устанавливает и в каких ситуациях?
- 63) Какую модель представляет собой игра?
- 64) Что понимают под принципом гарантированного результата?
- 65) Какие ходы игроков называют личными, какие — случайными?
- 66) По каким признакам классифицируют игры?
- 67) Какие сведения содержит платёжная матрица?
- 68) Что представляет собой седловая точка матрицы игры?
- 69) Какую стратегию игрока называют чистой?
- 70) Что понимают под ценой игры?
- 71) Каким образом определяют верхнюю и нижнюю цену игры?

72) В чём заключается методика определения максиминной и минимаксной стратегии?

73) Какую стратегию называют доминирующей и какую доминируемой?

74) Что представляет из себя смешанная стратегия и в каких ситуациях она имеет место?

75) Каким образом задаются вероятности игроков в смешанной стратегии?

76) В чём заключается метод линейного программирования для нахождения решения игр?

77) Какие ситуации называются равновесными по Нэшу?

78) Моделирование структуры технологического процесса. Понятие операторов и контуров. Виды структурных моделей.

79) Проектирование технологических процессов по типовой модели дизъюнктивной и конъюнктивной форм.

80) Моделирование технологических маршрутов. Обобщённый унифицированный маршрут и мощность пересечения.

81) Моделирование типовых технологических маршрутов. Логическая функция операции и обобщённого маршрута.

Для оценки уровня сформированности умений и навыков, приобретённых студентом в процессе изучения дисциплины, на экзамене используются практические задания, представленные в подразделе 6.2.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Математическое моделирование в машиностроении: аппарат моделирования, континуальные и дискретные модели материалов : учебное пособие / В. И. Ряжских [и др.]. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2024. — 139 с. — ISBN 978-5-7731-1175-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL : <https://www.iprbookshop.ru/141236.html> (дата обращения: 04.07.2024). — Режим доступа : для авторизир. пользователей.

2. Костюкова, Н. И. Основы математического моделирования : учебное пособие / Н. И. Костюкова. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 219 с. — ISBN 978-5-4497-0878-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL : <https://www.iprbookshop.ru/102028.html> (дата обращения: 05.07.2024). — Режим доступа : для авторизир. пользователей.

Дополнительная литература

3. Зелинский, А. Н. Математические методы оптимизации в машиностроительном производстве : учеб. пособ. / А. Н. Зелинский, Н. А. Денисова, Э. П. Выскребенцев. — Алчевск : ДонГТУ, 2014. — 157 с. — URL : http://dspace.dstu.education:8080/jspui/bitstream/123456789/1833/1/Zelinskiy_A.N.Matematicheskie_metodi_optimizatsii_v_mashinostroitelnom_proizvodstve_uchebnoe_posobie_2014.pdf (дата обращения: 05.07.2024). — Режим доступа : свободный.

4. Грубый, С. В. Математическое моделирование и оптимизация механической обработки : учебник / С. В. Грубый. — Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 212 с. — ISBN 978-5-9729-1033-5. — Текст : электронный. — URL : <https://znanium.com/catalog/product/1902766> (дата обращения: 06.07.2024). — Режим доступа : по подписке.

5. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. — Брянск : Брянский государственный технический университет, 2012. — 271 с. — ISBN 5-89838-126-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL : <https://www.iprbookshop.ru/7003.html> (дата обращения: 06.07.2024). — Режим доступа : для авторизир. пользователей.

6. Веткасов, Н. И. Основы математического моделирования : учебно-методическое пособие / Н. И. Веткасов, Ю. В. Псигин. — Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет, 2017. — 145 с. — ISBN 978-5-9795-1724-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL : <https://www.iprbookshop.ru/106110.html> (дата обращения: 05.07.2024). — Режим доступа : для авторизир. пользователей.

7. Саталкина, Л. В. Математическое моделирование : задачи и методы механики. Учебное пособие / Л. В. Саталкина, В. Б. Пеньков. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 97 с. — ISBN 978-5-88247-584-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL : <https://www.iprbookshop.ru/22880.html> (дата обращения: 05.07.2024). — Режим доступа : для авторизир. пользователей.

8. Крюков, А. Ю. Математическое моделирование процессов в машиностроении : учебное пособие / А. Ю. Крюков, Б. Ф. Потапов. — Пермь : Пермский государственный технический университет, 2007. — 322 с. — ISBN 978-5-88151-731-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL : <https://www.iprbookshop.ru/105587.html> (дата обращения: 04.07.2024). — Режим доступа : для авторизир. пользователей.

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

1. Научная библиотека Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донбасский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ДонГТУ») : официальный сайт. — URL : <http://library.dstu.education>. — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL : <https://ntb.bstu.ru/jirbis2>. — Текст : электронный.

3. Электронная библиотечная система Консультант студента : [сайт]. — Москва. — URL : <https://www.studentlibrary.ru/?ysclid=m0p04ni4nl646701969>. — Текст : электронный.

4. Университетская библиотека ONLINE : [сайт]. — URL : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_blocks&view=main_ub. — Текст : электронный.

5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система : [сайт]. — Красногорск. — URL : <http://www.iprbookshop.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 15.

Таблица 15 — Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудования учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
<p>Специальные помещения: <i>Лекционная аудитория (60 посадочных мест), оборудованная специализированной (учебной) мебелью (парта — 20 шт., стол компьютерный — 1 шт., доска аудиторная — 2 шт.), АРМ преподавателя (системный блок ПК + монитор), мультимедийный проектор, широкоформатный экран</i> Аудитория для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Предметная аудитория (25 посадочных мест), оборудованная специализированной (учебной) мебелью (парта — 10 шт., доска для написания мелом — 1 шт.)</i></p>	<p>ауд. <u>103</u> корп. <u>третий</u></p> <p>ауд. <u>303</u> корп. <u>четвертый</u></p>

Лист согласования РПД

Разработал
доцент кафедры технологии и
организации машиностроительного
производства

(должность)



(подпись)

А. Б. Таровик

(Ф.И.О)

Заведующий кафедрой
технологии и организации
машиностроительного производства

(наименование кафедры)



(подпись)

А. М. Зинченко

(Ф.И.О)

Протокол № 11 заседания кафедры технологии и организации
машиностроительного производства от 10.07 2024 г.

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

(наименование факультета)



(подпись)

О. В. Князьков

(Ф.И.О)

Согласовано

Председатель методической комиссии по
направлению подготовки/специальности
15.04.05 Конструкторско-
технологическое обеспечение
машиностроительных производств
(магистерская программа «Технология
машиностроения»)



(подпись)

А. М. Зинченко

(Ф.И.О)

Начальник учебно-методического центра



(подпись)

О. А. Коваленко

(Ф.И.О)

Лист изменений и дополнений

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