

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра обработки металлов давлением и сварки



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

*Могильная* Могильная Е.П.

« 18 » 04 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ  
ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ»**

По направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение

Магистерская программа «Технологии и машины обработки давлением»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки» по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение. – \_\_ с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «14» августа 2020 года № 1025.

СОСТАВИТЕЛЬ:

старший преподаватель Матусевич И.И.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры обработки металлов давлением и сварки  
«11» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.С.С. А.А. Стоянов

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики  
«18» 04 2023 г., протокол № 3

Председатель учебно-методической  
комиссии института технологий  
и инженерной механики

\_\_\_\_\_ С.Н. Ясуник С.Н. Ясуник

© Матусевич И.И., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – формирование у обучающихся способности использования методов математического моделирования процессов холодной объемной штамповки при решении прикладных задач, формирование представлений об основных законах пластического формоизменения в процессах холодной объемной штамповки.

Задачей изучения дисциплины является формирование у обучающихся компетенций в области моделирования процессов холодной объемной штамповки для их использования в производственно-технологической и научно-исследовательской областях деятельности.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений блока «дисциплины» учебного плана по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение.

Основывается на базе дисциплин: «Методология и методы научных исследований в отрасли», «Математическое моделирование систем и процессов в отрасли (области знаний)».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Оптимизация специальных процессов обработки давлением», «Роботы и робототехнические комплексы в кузнечно-штамповочном производстве», «Математическое моделирование процессов листовой штамповки», выполнения научно-исследовательской работы и подготовки к написанию выпускной квалификационной работы.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-6. Способен выполнять моделирование штамповой оснастки и кузнечных инструментов	ПК-6.1. Знает специальные компьютерные программы для моделирования, оптимизации и расчета процессов ковки и штамповки: наименования, возможности и порядок работы в них	знать: методы определения показателей технического уровня процессов холодной объемной штамповки; исходные параметры и методы моделирования процессов холодной объемной штамповки; специальные компьютерные программы для моделирования, оптимизации и расчета процессов холодной объемной штамповки
	ПК-6.2. Умеет моделировать технологические процессы ковки и штамповки в специализированных программах	
	ПК-6.3. Владеет навыками	

	моделирования технологических процессовковки и штамповки в компьютерных программах	объемной штамповки при решении прикладных задач; использовать результаты математического моделирования для оптимизации и модернизации реальных технологических процессов холодной объемной штамповки
		владеть: навыками моделирования технологических процессов холодной объемной штамповки; способностью определять показатели технического уровня проектируемых процессов холодной объемной штамповки; способностью анализировать и выбирать оптимальные технологические решения, прогнозировать их последствия

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>180</b> (5,0 зач. ед)	<b>180</b> (5,0 зач. ед)
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>84</b>	<b>10</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	28	4
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	56	6
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>96</b>	<b>170</b>
Итоговая аттестация	зачет	зачет

##### 4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Введение. Обработка результатов эксперимента.

Метод наименьших квадратов. Регрессионный и корреляционный анализ. Построение кривых.

Тема 2. Постановка задачи математического моделирования процессов обработки металлов давлением.

Краевая задача обработки металлов давлением и методы ее решения. Обобщенная модель процессов ОМД. Структура математической модели процессов обработки металлов давлением.

Тема 3. Реологические модели деформируемой среды.

Задачи реологии. Линейное напряженное состояние. Упруговязкие среды. Пластические среды. Теория малых упругопластических деформаций. Теория вязкопластического течения. Теория конечной монотонной деформации.

Тема 4. Методы решения системы уравнений термоупругопластичности.

Точные и приближенные методы решения задач термоупругопластичности. Классификация численных методов решения задач упругопластичности и теплопроводности.

Тема 5. Метод конечных разностей.

Построение сетки. Разностная схема краевой задачи. Конечно-разностная аппроксимация производных. Интерполяция граничных условий. Построение системы разностных уравнений. Задача Неймана. Решение многомерных задач. Особенности решения нелинейных задач. Нестационарные задачи.

Тема 6. Математические модели процессов обработки металлов давлением.

Модель энергосиловых параметров процесса. Модель усилия и работы деформирования. Модель прочности инструмента. Модель стойкости рабочего инструмента.

Тема 7. Модель разрушения металла при обработке давлением.

Феноменологическая модель разрушения в процессе большой пластической деформации. Восстановление запаса пластичности в процессе отжига после холодной деформации.

### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Введение. Обработка результатов эксперимента	4	-
2	Постановка задачи математического моделирования процессов обработки металлов давлением	4	2
3	Реологические модели деформируемой среды	4	-
4	Методы решения системы уравнений термоупругопластичности	4	-
5	Метод конечных разностей	4	-
6	Математические модели процессов обработки металлов давлением	4	2
7	Модель разрушения металла при обработке давлением	4	-
<b>Итого:</b>		<b>28</b>	<b>4</b>

### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Математическое моделирование раскрытия заготовок. Определение размеров исходной заготовки	6	2

2	Выбор исходного материала и рационального раскроя	4	-
3	Математическая модель расчета операций вытяжки деталей конической формы из листовых заготовок.	6	-
4	Аналитические формулы для расчета параметров процесса вытяжки	4	-
5	Кодирование геометрической формы объектов	6	2
6	Определение расчетных размеров детали	4	-
7	Определение категории конической детали и технологии вытяжки	6	-
8	Операции вытяжки полых цилиндров без фланца и с узким фланцем	4	-
9	Технология вытяжки цилиндров с широким фланцем	6	2
10	Вывод аппроксимирующих формул по табличным данным	4	-
11	Матрица планирования эксперимента	6	-
<b>Итого:</b>		<b>56</b>	<b>6</b>

#### 4.5. Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки» не предусмотрены учебным планом.

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Регрессионный и корреляционный анализы.	Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам. Подготовка к экзамену	8	14
2	Краевая задача ОМД		8	16
3	Зависимость между напряжениями и деформациями для линейной упругой среды		8	14
4	Моделирование пластических сред		10	16
5	Численное решение краевых задач		8	14
6	Численные методы решения задач ОМД		10	16
7	Модель прочности инструмента		8	16
8	Системы уравнений термовязкоупругопластичности		10	16
9	Виды конечно-разностных аппроксимаций		8	16
10	Задачи Неймана		10	16
11	Матрица коэффициентов нелинейных задач		8	16
<b>Итого:</b>			<b>96</b>	<b>170</b>

**4.7. Курсовой проект.** Курсовой проект по дисциплине «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки» не предусмотрен учебным планом.

## 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки» ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

- технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное решение студентом познавательных задач;

- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки.

## 6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

### а) основная литература:

1. Грешнов В.М., Физико-математическая теория больших необратимых деформаций металлов / В.М. Грешнов - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2018. - 232 с. - ISBN 978-5-9221-1776-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922117760.html>
2. Лисяк Н.К., Моделирование систем. Часть 1 : учебное пособие / Лисяк Н. К. - Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2017. - 106 с. - ISBN 978-5-9275-2504-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927525041.html>
3. Жуков А.Д., Технологическое моделирование : учебное пособие / Жуков А. Д. - М. : Лаборатория знаний, 2017. - 205 с. - ISBN 978-5-7264-1680-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726416809.html>

### б) дополнительная литература:

1. Езекиэл М., Фокс К.А. Методы анализа корреляций и регрессий, линейных и криволинейных. – М. Статистика, 1966.
2. Иванов К.М., Лясников А.В., Новиков Л.А., Юргенсон Э.Е. Математическое моделирование процессов обработки давлением. СПб.: ТОО "Инвентекс". – 1997. – 269 с.
3. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением (теория пластичности). М.: Металлургия, 1980. – 456 с.

4. Технология системного моделирования / Е.Ф.Аврамчук, А.А.Вавилов, С.В.Емельянов к др. Под общ. ред. С.В.Емельянова и др. М.: Машиностроение, Берлин: Техник, 1988. – 520 с.
5. Аксенов Л.Б. Системное проектирование процессов штамповки. – Л.: Машиностроение, 1990. – 240 с.
6. Зенкевич О., Моргал К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986. – 318 с.
7. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. – 543 с.
8. Теорияковки и штамповки: Учебн. пособие для Вузов. // Е.Л.Унксов, У.Джонсон, В.Л.Колмогоров и др., Под общ ред. Е.П.Унксова, А.Г.Овчинникова. – М.: Машиностроение, 1992. – 720 с.
9. Чигарёв, А.В. Ansys для инженеров: справочное пособие / А.В.Чигарёв, А.С.Кравчук, А.Ф.Смалюк – М: Машиностроение, 2004. – 512с.
10. Смирнов-Аляев Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию. Л.: Машиностроение, 1978. – 307 с.
11. Смигнов-Аляев Г.А., Розенберг В.М. Теория пластических деформаций металлов. М., Л.: Машгиз, 1956. – 367 с.
12. Писаренко Г.С., Лебедев А.А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. Киев.: Наукова думка, 1976. – 415 с.
13. Евстратов В. А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов. Харьков. Высшая школа. ХГУ, 1987. – 143 с.
14. Хеллан К. Введение в механику разрушения. – М.: Мир, 1988. – 364 с.
15. Мэнсон С. Температурные напряжения и малоцикловая усталость. – М.: Машиностроение, 1974. – 344 с.
16. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. Киев: Вища школа, 1983. – 175 с.
17. Иванова В.С., Фридман З.Г., Смирнов Е.Т. Анализ вязкого разрушения с учетом дискретности разрушения // Физико-химическая механика материалов. 1976. Вып. 5. С. 33-38.
18. <http://lib.kstu.kz:8300/tb/books/2016/ITB/ModelirovanieSiK/Теория/systems.htm>
19. <https://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>

**в) интернет-ресурсы:**

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

## Электронные библиотечные системы и ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
2. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

## Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

1. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное доской, компьютером. На лекционных и практических занятиях используются: раздаточный материал, наглядные пособия, мультимедийный проектор для показа фильмов, набор заимствованных кинофильмов, имеется экран, прессы, штампы, мерительные и др. инструменты.

### Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Антивирус	Avast	<a href="http://www.avast.com/ru-ru/index">http://www.avast.com/ru-ru/index</a>
Браузер	FirefoxMozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	MozillaThunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	FarManager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Распознавание текста	CuneiForm	<a href="http://cognitiveforms.ru/products/cuneiform/">http://cognitiveforms.ru/products/cuneiform/</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Видеоплеер	MediaPlayerClassic	<a href="http://mpc.darkhost.ru/">http://mpc.darkhost.ru/</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт  
оценочных средств по учебной дисциплине  
«Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-6	Способен выполнять моделирование штамповой оснастки и кузнечных инструментов	ПК-6.1. Знает специальные компьютерные программы для моделирования, оптимизации и расчета процессовковки и штамповки: наименования, возможности и порядок работы в них	Тема 1. Введение. Обработка результатов эксперимента	2
				Тема 2. Постановка задачи математического моделирования процессов обработки металлов давлением	2
				Тема 3. Реологические модели деформируемой среды	2
				Тема 4. Методы решения системы уравнений термоупругопластичности	2
				Тема 5. Метод конечных разностей	2
				Тема 6. Математические модели процессов обработки металлов давлением	2
				Тема 7. Модель разрушения металла при обработке давлением	2
			ПК-6.2. Умеет моделировать технологические процессыковки и штамповки в специализированных программах	Тема 1. Введение. Обработка результатов эксперимента	2
				Тема 2. Постановка задачи математического моделирования процессов обработки металлов давлением	2
				Тема 3. Реологические модели деформируемой среды	2
				Тема 4. Методы решения системы уравнений термоупругопластичности	2
				Тема 5. Метод конечных разностей	2
				Тема 6. Математические модели процессов обработки металлов давлением	2
				Тема 7. Модель разрушения металла при обработке давлением	2
		ПК-6.3. Владеет навыками моделирования технологических процессовковки и штамповки в компьютерных программах	Тема 1. Введение. Обработка результатов эксперимента	2	
			Тема 2. Постановка задачи математического моделирования процессов обработки металлов давлением	2	
			Тема 3. Реологические модели деформируемой среды	2	
			Тема 4. Методы решения системы уравнений термоупругопластичности	2	

				Тема 5. Метод конечных разностей	2
				Тема 6. Математические модели процессов обработки металлов давлением	2
				Тема 7. Модель разрушения металла при обработке давлением	2

**Показатели и критерии оценивания компетенций,  
описание шкал оценивания**

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ПК-6	ПК-6.1. Знает специальные компьютерные программы для моделирования, оптимизации и расчета процессов ковки и штамповки и штамповки: наименования, возможности и порядок работы в них	<i>знать</i> методы определения показателей технического уровня процессов холодной объемной штамповки; <i>уметь</i> разрабатывать теоретические модели процессов холодной объемной штамповки; <i>владеть:</i> навыками моделирования технологических процессов холодной объемной штамповки	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания к практическим занятиям, рефераты, экзамен
		ПК-6.2. Умеет моделировать технологические процессы ковки и штамповки в специализированных программах	<i>знать</i> исходные параметры и методы моделирования процессов холодной объемной штамповки;; <i>уметь</i> применять математические методы моделирования процессов холодной объемной штамповки при решении прикладных задач; <i>владеть:</i> способностью определять показатели технического уровня проектируемых процессов холодной объемной штамповки	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания к практическим занятиям, рефераты, экзамен
		ПК-6.3. Владеет навыками моделирования технологических процессов ковки и штамповки в компьютерных программах	<i>знать</i> специальные компьютерные программы для моделирования, оптимизации и расчета процессов холодной объемной штамповки; <i>уметь</i> использовать результаты математического моделирования для оптимизации и модернизации реальных технологических процессов холодной объемной штамповки; <i>владеть:</i> способностью анализировать и выбирать оптимальные технологические решения, прогнозировать их последствия	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7	Вопросы для комбинированного контроля усвоения теоретического материала, задания к практическим занятиям, рефераты, экзамен

**Фонды оценочных средств по дисциплине  
«Математическое моделирование  
процессов холодной объемной штамповки»**

**Вопросы для комбинированного контроля усвоения  
теоретического материала (устно или письменно)**

1. Раскройте понятие «аппроксимация»?
2. Понятие регрессионного и корреляционного анализа.
3. Что дает диаграмма разброса?
4. Виды аппроксимирующих кривых и соответствующие им уравнения.
5. Метод наименьших квадратов.
6. Регрессионный анализ.
7. Корреляционный анализ.
8. Что понимают под входными и выходными параметрами модели?
9. Что такое вектор состояния модели?
10. Что понимают под краевой задачей в обработке металлов давлением?
11. Какие виды постановки краевой задачи в обработке металлов давлением известны?
12. В чем различие начальных и граничных условий?
13. Какие виды механических и температурных граничных условий Вы знаете?
14. Какие существуют простые реологические модели?
15. Что такое наследственные среды?
16. Какой вид имеют зависимости между напряжениями и деформациями для линейной упругой среды?
17. Как эти зависимости изменяются в случае линейно-вязкой среды?
18. Для чего используется условие пластичности?
19. Какие основные теории используют для моделирования пластических сред?
20. Какую деформацию называют монотонной?
21. В чем особенность системы уравнений термовязкоупругопластичности?
22. Какие методы учета связности тепловой и механической частей задачи существуют?
23. Какие методы называют прямыми?
24. Какие этапы численного решения краевых задач Вы знаете?
25. Какие виды дискретизации расчетной области существуют?
26. Какие численные методы решения задач обработки металлов давлением существуют?
27. В чем различие регулярных и нерегулярных сеток?
28. Какие узлы сетки принято называть внутренними?
29. Какие виды конечно-разностных аппроксимаций первых производных Вы знаете?
30. Как оценивается погрешность конечно-разностной аппроксимации?
31. В каких случаях осуществляется интерполяция граничных условий?

32. В чем заключается интерполяция граничных условий?
33. Как в матричной форме записывается система алгебраических уравнений метода конечных разностей?
34. Какие особенности имеет матрица коэффициентов системы уравнений?
35. Какие задачи в математике называют задачами Неймана?
36. Как влияет погрешность аппроксимации граничных условий на вид матрицы коэффициентов системы уравнений?
37. В каком случае матрица коэффициентов системы алгебраических уравнений для многомерных задач является симметричной?
38. Как учитываются граничные условия?
39. Какие особенности имеет матрица коэффициентов нелинейных задач?
40. Как задается начальное приближение?
41. В чем особенности построения сетки при решении нестационарных задач?
42. Чем отличаются явный и неявный методы решения нелинейных задач?
43. Как рассчитывается усилие деформирования?
44. Как рассчитывается работа деформирования?
45. Что понимают под моделью прочности инструмента?
46. В каких случаях возможна потеря устойчивости пуансона?
47. Какие формы нагружения прочности матрицы существуют?
48. Что понимают под стойкостью пуансона?
49. Как оценивается долговечность?
50. Как оценивается износостойкость?
51. Как рассчитывается усилие деформирования?
52. В чем сущность феноменологического подхода к оценке разрушения?
53. Что понимают под ресурсом пластичности?
54. Какие критерии разрушения используются в случае монотонной и немонотонной деформации?
55. Как учитывают восстановление ресурсов пластичности при отжиге?
56. При каких значениях  $\Psi$  отжиг не позволяет восстановить пластические свойства?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
комбинированный контроль усвоения теоретического материала

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
хорошо (4)	Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
удовлетворительно (3)	Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в

	достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
неудовлетворительно (2)	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

### Задания к практическим занятиям:

1. Определить размеры исходной заготовки (чертеж детали получить у преподавателя).
2. Выбрать исходный материал и наиболее рациональный раскрой (чертеж детали из задания № 1).
3. Определить диаметр заготовки, количество операций и пооперационные размеры полуфабрикатов для вытяжки цилиндра (чертеж детали получить у преподавателя).
4. Составить аналитические формулы для расчета параметров процесса вытяжки (чертеж детали получить у преподавателя).
5. Выполнить кодирование геометрической формы объектов для моделирования операций холодной объемной штамповки (чертеж детали получить у преподавателя).
6. Определить расчетные размеры детали по результатам выполнения задания №5.
7. Определить категорию конической детали и назначить операции технологического процесса вытяжки (чертеж детали получить у преподавателя).
8. Выполнить моделирование операций вытяжки полых цилиндров без фланца и с узким фланцем (чертеж детали получить у преподавателя).
9. Выполнить моделирование технологии вытяжки цилиндров с широким фланцем (чертеж детали получить у преподавателя).
10. Вывести аппроксимирующие формулы для моделирования процесса холодной объемной штамповки по табличным данным, полученным у преподавателя.
11. Составить матрицу планирования эксперимента (исходные данные получить у преподавателя)

### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – задания по практическим занятиям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
хорошо (4)	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
удовлетворительно (3)	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным

	аппаратом и т.п.)
неудовлетворительно (2)	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлено (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

### Темы рефератов:

1. Основные этапы компьютерного моделирования процессов холодной объемной штамповки.
2. Особенности современных систем автоматизированного проектирования, применяемых для моделирования процессов ОМД.
3. Модели, описывающие упругое поведение материала.
4. Модели, описывающие пластическое состояние материала.
5. Модель разрушения металла при обработке давлением.
6. Модель устойчивости заготовки. Причины потери устойчивости. Критерии устойчивости.
7. Основные допущения, используемые при создании математических моделей процессов холодной объемной штамповки.
8. Создание геометрической модели заготовки, получаемой холодной объемной штамповкой.
9. Методы решения задач холодной объемной штамповки.

### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – реферат

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Реферат представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
хорошо (4)	Реферат представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). В оформлении допущены некоторые неточности в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
удовлетворительно (3)	Реферат представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). В оформлении допущены ошибки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
неудовлетворительно (2)	Реферат представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

### Вопросы к промежуточной аттестации (зачет):

1. Моделирование как метод научного познания.
2. Принципы системного подхода в моделировании процессов.

3. Понятие модели и моделирования.
4. Требования, предъявляемые к моделям.
5. Классификация математических моделей.
6. Классификация моделей по способу представления.
7. Основные подходы к построению математических моделей.
8. Адекватность математических моделей.
9. Возможности и эффективность компьютерного моделирования.
10. Основные этапы математического моделирования
11. Классификация видов моделирования систем.
12. Общие проблемы моделирования процессов холодной объемной штамповки.
13. Анализ методов автоматизации технологической подготовки холодноштамповочного производства.
14. Классификация моделей с учетом фактора времени и области использования.
15. Классификация моделей по области использования.
16. Алгоритм автоматизированного проектирования операций вытяжки цилиндрических деталей.
17. Алгоритм расчета параметров раскроя круглых листовых заготовок.
18. Алгоритм выбора наилучшего варианта раскроя круглых листовых заготовок.
19. Математическая модель расчета операций вытяжки деталей конической формы из листовых заготовок.
20. Алгоритм автоматизированного проектирования операций вытяжки конических деталей.

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен

Национальная шкала	Характеристика знания предмета и ответов
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.

неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.
-------------------------	---

### **Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков**

Дисциплина «Математическое моделирование процессов холодной объемной штамповки» предусматривает практические занятия и самостоятельную работу студентов.

Текущий контроль осуществляется в процессе проведения практических занятий используя, приведенные выше способы оценивания освоения дисциплины по усмотрению преподавателя и в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины.

Промежуточный контроль осуществляется в соответствии с графиком учебного процесса.

### Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)