

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Математическое моделирование технологических процессов

: 15.03.05

: 3, : 6

		6
1	()	3
2		108
3	, .	51
4	, .	18
5	, .	0
6	, .	18
7	, .	30
8	, .	2
9	, .	13
10	, .	57
11	(, ,)	
12		

(): 15.03.05

-

1000 11.08.2016 ., : 25.08.2016 .

: 1, ,

(): 15.03.05

-

, 8 20.06.2017

- , 5 21.06.2017

:

,

:

,

:

.

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ПК.11 способность выполнять работы по моделированию продукции и объектов машиностроительных производств с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, применять алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем машиностроительных производств; в части следующих результатов обучения:	
2.	, ,
4.	
Компетенция ФГОС: ПК.13 способность проводить эксперименты по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты, описывать выполнение научных исследований, готовить данные для составления научных обзоров и публикаций; в части следующих результатов обучения:	
3.	
4.	

2.

2.1

(
, , ,)	

.11. 2	
, ,	
1.уметь использовать основные методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления	; ;
2.о математическом моделировании и основных этапах процесса создания и использования математических моделей.	; ;
3.основные понятия процесса моделирования;	; ;
.11. 4	
4.работать с моделями технологических процессов	; ;
.13. 3	
5.уметь оценивать точность и достоверность результатов	; ;
6.методы оценки точности и области применимости моделей конкретных технологических процессов;	; ;
.13. 4	
7.уметь планировать эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере	; ;
8.использования возможностей вычислительной техники и программного обеспечения для изучения конкретных технологических процессов.	; ;

3.

3.1

	, .			
: 6				
:				

1.	0	1	1, 2	
2.	0	1	1, 2, 3	
:				
3.	2	2	1, 2, 3, 5	
:				
4.	2	2	1, 2, 3, 5, 7	
5.	2	2	1, 2, 3, 5, 7	
6.	2	2	1, 2, 3, 5	
:				
7.	2	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	
8.	2	2	1, 2, 3, 4, 5, 7	
:				
9.	2	4	1, 2, 3, 4, 6, 7	

3.2

	,	.		
: 6				
:				
1.	4	4	1, 4, 5, 6, 7, 8	- , , .

2.	-	4	6	1, 2, 4, 5, 6, 7, 8	-
:					
3.	.	4	4	1, 4, 5, 6, 7, 8	,
4.		4	4	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8	,

3.3

	,	.			
: 6					
:					
1.	.	0	1	1, 2, 3	
:					
2.	.	0	6	2, 3, 5, 6, 7	
3.	.	0	6	1, 2, 3, 6, 7	
4.	.	0	6	1, 2, 5, 6, 7	
:					
5.	.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 7	
6.	.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 7	
:					

7.		0	1	1, 2, 3, 4, 6, 7	
----	--	---	---	------------------	--

4.

: 6					
1		3, 4, 5, 6, 7, 8	10	7	
<p>15-</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235307</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235683.</p>					
2		3, 4, 8	10	2	
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235683.</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</p>					
3		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	13	4	
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235683.</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</p>					
4		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	24	0	

3.3 : . . . []: /
 ; . . . - - , [2017]. - :
http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235683. - . . . :
 / . . . - ; [: . . . , . . .]. - , 2016.
 - 19, [1] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

5.

- , (. 5.1).

5.1

	-
	e-mail;
	e-mail; ;
	e-mail
	e-mail;

5.2

1		.11;
Формируемые умения: у2. уметь использовать основные методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления		
Краткое описание применения: Обучающимся предлагается изучение материала темы на примере решения проблем, связанных с реальными объектами и процессами.		

2		.11;
Формируемые умения: у2. уметь использовать основные методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления		
Краткое описание применения: Обучающиеся получают практический опыт моделирования технологических объектов: работают с моделью технологического процесса, анализируют и обсуждают результаты, делают выводы.		

6.

(), - 15- ECTS.

. 6.1.

6.1

: 6		
<i>Лекция:</i>	9	18
<i>Лабораторная:</i>	4	20

РГЗ:	10	42
Зачет:	10	20

6.2

6.2

.11	2.	+	+
	4.	+	+
.13	3.	+	+
	4.	+	

1

7.

1. Кузьмин В. В. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" и направления подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"] / В. В. Кузьмин, А. Г. Схиртладзе. - М., 2008. - 278, [1] с. : ил., табл.

2. Горлач, Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация. [Электронный ресурс] / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 292 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/74673> — Загл. с экрана.

3. Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 192 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76825> — Загл. с экрана.

1. Капустин Н. М. Комплексная автоматизация в машиностроении : учебник для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, Н. П. Дьяконова ; под ред. Н. М. Капустина. - М., 2005. - 364, [1] с. : ил.

2. Барботько А. И. Основы теории математического моделирования : [учебное пособие для вузов] / А. И. Барботько, А. О. Гладышкин. - Старый Оскол, 2008. - 210 с. : ил., табл.

3. Моделирование систем : учебник / [С. И. Дворецкий и др.]. - М., 2009. - 315, [1] с. : ил., табл.

4. Рогов В. А. Методика и практика технических экспериментов : учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" и по направлению подготовки дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. - М., 2005. - 282, [6] с. : ил.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Математическое моделирование технологических процессов : методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Математическое моделирование технологических процессов" для 4 курса МТФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Х. М. Рахмиянов, Ю. В. Никитин]. - Новосибирск, 2005. - 30, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2005/2942.rar>

2. Никитин Ю. В. Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Ю. В. Никитин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235683. - Загл. с экрана.

3. Математическое моделирование технологических процессов : методические указания к выполнению расчетно-графического задания / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Ю. В. Никитин]. - Новосибирск, 2017. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000235307

4. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

8.2

1 Office

2 Windows

9.

-

1	(Internet)	Internet

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов» приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.11/НИ способность выполнять работы по моделированию продукции и объектов машиностроительных производств с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, применять алгоритмическое и программное обеспечение средств и систем машиностроительных производств	у2. уметь использовать основные методы построения математических моделей процессов, систем, их элементов и систем управления	Введение. Из истории развития моделирования. Гибкие автоматизированные производства как объект моделирования. Методы моделирования ГАП. Системы массового обслуживания. Математические модели при оптимизации технологических процессов. Чувствительность математических моделей к случайным отклонениям. Математические модели при проектировании технологических процессов. Математические модели при управлении технологическими процессами. Основные методы моделирования. Моделирование деформационных процессов в технологических процессах. Моделирование лазерного поверхностного термоупрочнения. Моделирование напряженно-деформированного состояния деталей при ультразвуковом поверхностном пластическом деформировании. Моделирование процесса ультразвукового пластического деформирования по схеме УЗО. Моделирование процессов формирования напряженно-деформированного состояния при поверхностной закалке. Моделирование тепловых явлений в технологических процессах. Основные понятия процесса моделирования. Классификация моделей. Подобие в математическом моделировании. Технологический процесс как объект математического моделирования.	РГЗ, разделы.1-3	Зачет, вопросы №1-№35.

ПК.11/НИ	у4. владеть навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования	<p>Моделирование деформационных процессов в технологических процессах.</p> <p>Моделирование лазерного поверхностного термоупрочнения</p> <p>Моделирование напряженно-деформированного состояния деталей при ультразвуковом поверхностном пластическом деформировании.</p> <p>Моделирование процесса ультразвукового пластического деформирования по схеме УЗО. Моделирование процессов формирования напряженно-деформированного состояния при поверхностной закалке.</p> <p>Моделирование тепловых явлений в технологических процессах.</p>	РГЗ, разделы.1-3	Зачет, вопросы №33-№35.
ПК.13/НИ способность проводить эксперименты по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты, описывать выполнение научных исследований, готовить данные для составления научных обзоров и публикаций	у3. уметь оценивать точность и достоверность результатов	<p>Математические модели при оптимизации технологических процессов. Чувствительность математических моделей к случайным отклонениям.</p> <p>Математические модели при проектировании технологических процессов.</p> <p>Математические модели при управлении технологическими процессами. Основные методы моделирования.</p> <p>Моделирование деформационных процессов в технологических процессах.</p> <p>Моделирование лазерного поверхностного термоупрочнения</p> <p>Моделирование напряженно-деформированного состояния деталей при ультразвуковом поверхностном пластическом деформировании.</p> <p>Моделирование процесса ультразвукового пластического деформирования по схеме УЗО. Моделирование процессов формирования напряженно-деформированного состояния при поверхностной закалке.</p> <p>Моделирование тепловых явлений в технологических процессах.</p>	РГЗ, разделы.1-3	Зачет, вопросы №18-№26, №33-№35.
ПК.13/НИ	у4. уметь планировать эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере	<p>Моделирование лазерного поверхностного термоупрочнения</p> <p>Моделирование напряженно-деформированного состояния деталей при ультразвуковом поверхностном пластическом деформировании.</p> <p>Моделирование процесса</p>	РГЗ, разделы.1-3	

		ультразвукового пластического деформирования по схеме УЗО. Моделирование процессов формирования напряженно- деформированного состояния при поверхностной закалке.		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.11/НИ, ПК.13/НИ.

Зачет проводится в письменной форме, по билетам, включающим два вопроса и задачу.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическая работа (РГР). Требования к выполнению РГР, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГР.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.11/НИ, ПК.13/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов», 6 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам, включающим два вопроса и задачу. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов с №1 по №18, второй вопрос из диапазона вопросов с №19 по №35, (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет МТФ

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов»

- 1 Моделирование, оригинал, модель – дайте определения.
2. Применение математических моделей при проектировании технологических процессов (табличные модели).
3. Задача.

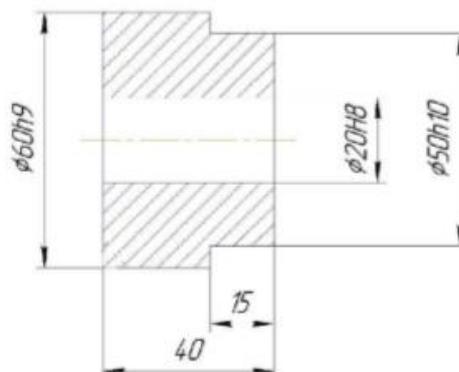
Утверждаю: зав. кафедрой ТМС _____ Х.М. Рахимьянов
(подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Задача

к зачетному билету № _____

Построить граф перестановочной модели технологического процесса обработки детали липа «Втулка».



2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 25 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, объект моделирования – предмет моделирования, оценка составляет 50 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 80 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 100 баллов.

3. Шкала оценки

Выполнение каждого задания билета для зачета оценивается по 100 балльной шкале. Зачет считается сданным, если среднеарифметическое суммы баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 50 баллов (из 100 возможных). Баллы за зачет учитываются в общей оценке по дисциплине с коэффициентом 0,2, в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Оценка*	Сумма баллов для оценки зачета
Отлично	87 – 100
Хорошо	73 – 86
Удовлетворительно	50 – 72
Неудовлетворительно	Менее 50

*Данная оценка является «условной» и не проставляется в ведомость и в зачетную книжку студента.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов»

1. Моделирование, оригинал, модель – дайте определения.
2. Классификация моделей (логические: образные, знаковые, образно-знаковые).
3. Классификация моделей (материальные, функциональные, условные, аналогичные).
4. Классификация моделей (математические, расчетные, соответственные).
5. Общий алгоритм процесса моделирования.
6. Подобие в математическом моделировании.
7. Объекты математического моделирования в машиностроительном производстве.
8. Представление технологического процесса как объекта математического моделирования
9. Особенности математических моделей при управлении различными технологическими

системами

10. Требования к математическим моделям
11. Характеристики математических моделей
12. Методы создания математических моделей
13. Алгоритм комбинированного подхода при моделировании технологических процессов
14. Математическая постановка задач оптимизации
15. Разрешимость задач оптимизации
16. Методы решения многокритериальных задач оптимизации. Метод поиска Парето – эффективных решений.
17. Методы решения многокритериальных задач оптимизации. Использование обобщенного (интегрального) критерия.
18. Основные виды целевых функций при моделировании технологических процессов
19. Математические методы, применяемые для оптимизации управления технологическими процессами (классического анализа, множителей Лагранжа, вариационного исчисления)
20. Математические методы, применяемые для оптимизации управления технологическими процессами (динамическое программирование, принцип максимума, линейное программирование)
21. Математические методы, применяемые для оптимизации управления технологическими процессами (нелинейное программирование, геометрическое программирование, итеративные методы)
22. Применение математических моделей при проектировании технологических процессов (табличные модели)
23. Применение математических моделей при проектировании технологических процессов (сетевые модели)
24. Применение математических моделей при проектировании технологических процессов (перестановочные модели)
25. Применение математических моделей при проектировании технологических процессов (задачи функционального моделирования)
26. Оценка чувствительности математических моделей технологических процессов к случайным отклонениям
27. Представление ГАП при математическом моделировании
28. Типовые элементы при моделировании ГАП.
29. Задачи моделирования ГАП
30. Методы моделирования ГАП (аналитическое моделирование)
31. Методы моделирования ГАП (имитационное моделирование)
32. Определение и характеристики систем массового обслуживания
33. Классификация источников теплоты при математическом моделировании технологических процессов (признаки классификации)
34. Классификация источников теплоты при математическом моделировании технологических процессов (по расположению и форме)
35. Классификация источников теплоты при математическом моделировании технологических процессов (по закону распределения интенсивности)

Паспорт расчетно-графической работы

по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов», 6 семестр

1. Методика оценки

Задание для выполнения расчетно-графической работы выдается на 2-й неделе. Начиная с 15-ой недели, студенты сдают работы преподавателю на проверку. Получив рецензию и исправив замечания, студент защищает свою работу для получения допуска к зачету. Расчетно-графическая работа нацелена на приобретение студентом практических навыков в применении математического моделирования для анализа конкретных технологических процессов. В работе моделируются процессы поверхностной обработки тепловыми и деформационными источниками, оцениваются геометрические размеры упрочненных слоев и напряженное состояние материала. Пояснительная записка включает в себя характеристику свойств, структуры и области применения исследуемого материала (железоуглеродистые сплавы), описание математических моделей с помощью которых проведены расчеты, заданные исходные параметры, графический анализ расчетных данных, выводы о результате обработки. Структура пояснительной записки к расчетно-графической работе включает описание решений следующих заданий:

Задание 1. Моделирование процесса ультразвукового пластического деформирования по схеме УЗО. С помощью математического моделирования определить режимы обработки и основное время, необходимые для формирования полностью нового микрорельефа поверхности при заданных условиях:

1. Построить номограмму значений «Амплитуда ультразвуковых колебаний — Статическое усилие», сочетание которых обеспечивает внедрение деформатора (h_{\max}) на всю высоту шероховатости поверхности ($Rz_{\text{исх.}}$). Одна граница номограммы определяется заданным значением амплитуды, вторая — максимальным или минимальным значением параметра УЗО (A или $F_{\text{ст}}$). При этом, значения начального угла Q_0 должны лежать в диапазоне от -60° до 60° , значения двойной амплитуды колебаний должны лежать в диапазоне от $2A = 10$ мкм до $2A = 30$ мкм. Для построения номограммы должно быть использовано не менее пяти точек, для каждой из которых рассчитать и указать остаточную глубину отпечатка $= h_{\max \text{ упр}}$

2. Определить остаточную глубину отпечатка, соответствующую заданному значению шероховатости $= 4 \cdot Ra$, выбрать на номограмме режим, обеспечивающий значение h ближайшее к рассчитанному.

3. Рассчитать параметр X (1/2 межцентрового расстояния соседних отпечатков) для значения h , соответствующего выбранному режиму.

4. Рассчитать величину подачи $S=2 \cdot X$

5. Рассчитать величину скорости обработки V .

6. Рассчитать число оборотов детали n ,

7. Рассчитать основное время t_0 .

Задание 2. Оценка напряженно-деформированного состояния при УЗО. С помощью математического моделирования оценить напряженно-деформированное состояние обработанной детали пластинчатой формы при заданных режимы обработки.

1. Рассчитать параметры очага деформации (глубину h_s и интенсивность деформации $\epsilon_{i,0}$) для режима УЗО, установленного в задании 1.

2. Определить толщину пластины S ($2 \cdot h_s < S < 30$ мм), при которой параметры очага деформации, рассчитанные в пункте 1, обеспечивают формирование в пластине напряженно-деформированного состояния, характеризующегося тем, что граница раздела между сжимающими и растягивающими остаточными напряжениями расположена в центре толщины пластины или максимально близко к этому.

3. Построить график распределения остаточных напряжений по толщине пластины.

4. Рассчитать степень упрочнения ($\Delta\sigma_b$) поверхностного слоя детали при выбранных параметрах УЗ0.

5. Определить минимальный допуск формы, достигаемый при рассчитанных параметрах очага деформации (п. 1) и определенной толщине пластины (п.2) (длина пластины - $L = 100$ мм.).

Задание 3. Оценка характеристик качества поверхностного слоя при лазерном термоупрочнении. С помощью математического моделирования определить режимы обработки и основное время, необходимые для формирования на поверхности детали упрочненного слоя заданных размеров.

1. Определить режимы лазерного термоупрочнения, обеспечивающие формирование упрочненного слоя максимальной толщины, при заданном диаметре и скорости перемещения лазерного луча; рассчитать максимальную толщину упрочненного слоя, рассчитать диаметр пятна нагрева.

2. Определить режимы лазерного термоупрочнения, обеспечивающие формирование упрочненного слоя толщиной, равной глубине очага деформации h_s , полученной в задании 2, сделать расчеты, подтверждающие получение толщины упрочненного слоя, равной h_s , рассчитать диаметр пятна нагрева.

3. Построить графики изменения температуры поверхности для центрального сечения детали ($X = 0$) для режимов, определенных в п. 1 и п.2.

4. Рассчитать значение подачи (мм/ход) при заданном коэффициенте перекрытия пятен нагрева (K_p) и диаметре пятна нагрева $d_{\text{пятна нагрева}}$ определенного в п.2.

5. Рассчитать основное время (мин.) лазерного термоупрочнения поверхности пластины (длина пластины — $L = 100$ мм., ширина — H) для режимов, определенных в п.2.

Для каждого задания в пояснительной записке должно быть представлено описание исходных (входных) данных, используемой математической модели, результатов моделирования, необходимые номограммы, графики, расчеты, выводы о полученных результатах. В процессе защиты обучающийся должен быть готов отвечать на вопросы об объекте моделирования, о содержании работы, порядке и ходе ее выполнения, результатов анализа полученных результатов моделирования, представленных в выводах.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГР, отсутствует анализ объекта моделирования, выводы не сделаны или не соответствуют полученным результатам, ответы на вопросы по содержанию работы вызывают затруднение, оценка составляет 25 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГР выполнены формально: анализ объекта моделирования выполнен недостаточно полно, выводы частично отражают полученные результаты, ответы на вопросы по содержанию работы недостаточно полны и точны, оценка составляет 50 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если части РГР в целом отвечают всем основным требованиям, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки, неточности и при этом студент на большинство дополнительных вопросов по содержанию работы дает в основном точные ответы с небольшими неточностями, оценка составляет 80 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если части РГР отвечают всем требованиям, выполнены качественно без ошибок и неточностей и при этом студент на все дополнительные вопросы по содержанию работы дает точные полные ответы анализ объекта выполнен в полном объеме, оценка составляет 100 баллов.

3. Шкала оценки

Выполнение и защита расчетно-графической работы оцениваются по 100 балльной шкале. Баллы за расчетно-графическую работу учитываются в общей оценке по дисциплине с коэффициентом 0,42, в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Оценка за РГР*	Сумма баллов за РГР
Отлично	87 – 100
Хорошо	73 – 86
Удовлетворительно	50 – 72
Неудовлетворительно	Менее 50

*Данная оценка является «условной» и не проставляется в ведомость и в зачетную книжку студента.

4. Примерный перечень тем РГР

Темой РГР является выполнение моделирования технологических процессов ультразвукового пластического деформирования по схеме УЗО и лазерного термоупрочнения поверхности детали из заданного материала. Типовое задание на выполнение РГР представляет собой набор исходных данных, включающих марку обрабатываемого материала, размеры и параметры шероховатости поверхности детали до и после обработки, характеристики деформационного и теплового источников, которые необходимо использовать при моделировании.

Пример типового набора исходных данных

Материал для РГР	D, мм	A, мкм	Rz исх.	Параметр	d, мм	L, мм	f, кГц	Ra, мкм
Сталь 60Г	10,6	6	1,25	F _{min}	80	50	21	0,16

Материал для РГР	d _{луча} , мм	V _{луча} , см/с	Ширина пластины Н, мм	Коэффициент перекрытия K _п
Сталь 60Г	3,6	1	46	0,98

Для набора исходных данных необходимо выполнить три задания, содержание которых приведено в п.1.