

«

»

“

”

.

31.08.2022

:

:

:

<https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Математическое моделирование в машиностроении

: 15.04.05

-

:

: 1, : 1

- ,

		1
1	()	3
2		108
3	, .	36
4	, .	0
5	, .	18
6	, .	0
7	, .	18
8	, .	5
9	, .	2
10	, .	16
11	, .	72
12	(, ()/ ,)	
13		

(): 15.04.05

-

1045 17.08.2020 . , : 09.09.2020 .

: 1,

(): 15.04.05 -

, 31.08.2022

- , 6 31.08.2022

:

,

:

. . .

1.

1.1

	-1 - ,
	-1.2
	-3 - ,
	-3.1
	-6 -
	-6.2
	-7 -
	-7.1

2.

,

2.1

ОПК-1. 2 Умеет определять приоритеты в процессе решения профессиональных задач	
	;
	;
ОПК-3. 1 Знает методы и средства хранения и защиты компьютерной информации	
;	;
CAE	;
ОПК-6. 2 Знает современные автоматизированные системы технологической подготовки производства	
CAE , CAE CAE-	;
	;
ОПК-7. 1 Умеет выбирать и создавать критерии оценки новых продуктов	
-	;
	;

3.

		.. .	, .		
: 1					
:			APM WinMachine		
1. APM WinMachine. APM WinMachine. . . .	2	1	2	-1.2, -3.1, -6 .2, -7.1	APM WinMachine .

2.	.	2	1	2	-1.2, -3.1, -6.2, -7.1	: 1) ; 2) ; 3) ; 4) :
----	---	---	---	---	------------------------	-----------------------

3.		2	1	2	-1.2, -3.1, .2, -6 -7.1	1) () ; 2) () ; 3) ; 4) 5) ; .
: ANSYS						
4.	ANSYS. ANSYS. .	4	1	4	-1.2, -3.1, .2, -6 -7.1	ANSYS .
5.		8	1	8	-1.2, -3.1, .2, -6 -7.1	: 1) (), 3D ANSYS; 2) - ; 3) - ; 4) ; 5) ().

3.1

3.2

			()
--	--	--	-----

1	APM WinMachine. APM WinMachine.		:
2			:
3			:
4	ANSYS. ANSYS.		:
5			:

3.2

3.3

: 1				
1		-1.2, - 3.1, -6.2, - -7.1	10	1
<p> , ... , ... []: ... - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166. - ... : / ... - ;[]: ... , ...]. - , 2016. - 19, [1] .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042 []: - / ... ; ... - , [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234194. - []: ... - / ... ; ... - , [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909. - []: ... - / ... ; ... - , [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947. - []: ... - / ... ; ... - , [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234724. - </p>				
2		-1.2, - 3.1, -6.2, - -7.1	42	13

<p>3D (CAD-): , SolidWorks, SolidEdge, NX, PowerShape . . ().</p> <p>- ().</p> <p>ANSYS WinMachine</p> <p>∴ . .</p> <p>[]:</p> <p>- / . . ; . . - . - , [2017]. -</p> <p>: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166. -</p> <p>[]:</p> <p>- / . . ; . . - . - , [2017]. -</p> <p>[2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909. -</p> <p>[]:</p> <p>- / . . ; . . - . - , [2017]. -</p> <p>: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947. -</p> <p>[]:</p> <p>- / . . ; . . - . - , [2017]. -</p> <p>: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234724. -</p>				
3		-1.2, -3.1, -6.2, -7.1	20	2
<p>;</p> <p>∴ . . []:</p> <p>- / . . ; . . - . - , [2017]. -</p> <p>: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166. -</p> <p>[]:</p> <p>- / . . ; . . - . - , [2017]. -</p> <p>: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909.</p> <p>[]:</p> <p>- / . . ; . . - . - , [2017]. -</p> <p>: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947.</p> <p>[]:</p> <p>- / . . ; . . - . - , [2017]. -</p> <p>: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234724. -</p>				

3.3

, (. 3.4).

3.4

	-
	e-mail:skiba@corp.nstu.ru; :http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/20541; :http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/2456
	e-mail:skiba@corp.nstu.ru; :vk.com; :http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/2456; :Skype: skeeba_vadim
	e-mail:skiba@corp.nstu.ru; :http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/2456
	; :http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/2456;

1		.1; .3; .6; .7;
<p>Формируемые умения: 1. Знает методы и средства хранения и защиты компьютерной информации; 1. Умеет выбирать и создавать критерии оценки новых продуктов; 2. Знает современные автоматизированные системы технологической подготовки производства; 2. Умеет определять приоритеты в процессе решения профессиональных задач</p>		
<p>Краткое описание применения: Обсуждение общих принципов создания математических моделей поведения рассчитываемых изделий и материалов. Особенности проектирования и расчета деталей машин.</p>		

4.

 $(\quad),$

15- ECTS.

. 4.1.

4.1

	.	
: 1		
<i>Практические занятия:</i>	40	80
- " : . . . , [2017]. - http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234724. - "		
<i>Зачет:</i>	10	20
- " : . . . , [2017]. - http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234724. - "		

4.2

•

4.2

-1	-1 2.	+
-3	-3 1.	+
-6	-6 2.	+
-7	-7 1.	+

1

5.

1. Присекин В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : [учебник] / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев. - Новосибирск, 2010. - 237 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000125831

1. ЭБС IPRbooks [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>. - Загл. с экрана.

2. Тинников Д. В. Автоматизированное проектирование деталей сложной геометрии с использованием программного продукта PowerSHAPE : [справочное пособие] / Д. В. Тинников, В. В. Иванцовский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000069943

3. Ивликов С. Ю. Основы конечно-элементного моделирования в системе ANSYS : учебное пособие / С. Ю. Ивликов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 66, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000077935. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".

4. Madenci E. The Finite Element Method and Applications in Engineering Using Ansys® [electronic resource] // by Erdogan Madenci, Ibrahim Guven. - Boston, MA :, 2006. : v.: digital // Springer e-books. - Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-28290-9>

1. Портал машиностроения [Электронный ресурс]: источник отраслевой информации. - 2017. - Режим доступа : <http://www.mashportal.ru>. - Загл. с экрана.

6.

6.1

1. 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

2. Скиба В. Ю. Расчет и конструирование станочного оборудования [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Ю. Скиба ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166. - Загл. с экрана.

3. Скиба В. Ю. Системы компьютерной поддержки инженерных решений [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Ю. Скиба ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947. - Загл. с экрана.

4. Скиба В. Ю. Моделирование процессов в промышленности [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Ю. Скиба ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234194. - Загл. с экрана.

5. Скиба В. Ю. Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Ю. Скиба ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909. - Загл. с экрана.

6. Скиба В. Ю. Математическое моделирование в машиностроении [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Ю. Скиба ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234724. - Загл. с экрана.

7. Гилета В. П. Основы проектирования и конструирования машин [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. П. Гилета ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162751. - Загл. с экрана.
8. Основы проектирования и конструирования машин : методические указания к курсовому проектированию для заочной формы МТФ, ФЛА и ЗФ / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. П. Гилета и др.]. - Новосибирск, 2014. - 50, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000207841
9. Чесов Ю. С. Кинематический расчет привода главного движения металлорежущих станков : учебное пособие / Ю. С. Чёсов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 79 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000184533
10. Чусовитин Н. А. Основы проектирования и конструирования машин [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. А. Чусовитин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155592. - Загл. с экрана.

6.2

- 1 набор инструментов инженерного моделирования ANSYS Ansys Academic Research
- 2 комплексное ПО для автоматизированного расчета и проектирования в машиностроении и строительстве ООО НПП "Модель" APM WinMachine
- 3 Трехмерное моделирование объектов АСКОН Компас 3D
- 4 Система трехмерного моделирования SolidWorks, Waltham, Massachusetts, USA SolidWorks
- 5 Система автоматизированного проектирования Siemens PLM Software SolidEdge
- 6 CAD/CAM/CAE пакет программного обеспечения для промышленных предприятий ООО "Сименс Продакт Лайфсайкл Менеджмент Софтвар (РУ)" NX
- 7 Программный комплекс для проектирования изделий, имеющих сложную геометрию поверхностей, а так же изделий, изготавливаемых на станках с числовым программным управлением DELCAM Power Shape, Power Mill, Art CAM

6.3

7.

1	6	,

1	BenQ W1200 DLP 1800 ANSI 1080P(.5, .250)	

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

Кафедра проектирования технологических машин

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент А.Г. Тюрин

“ ” Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование в машиностроении

Образовательная программа: **15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств**, магистерская программа:

Проектирование технологических машин

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Математическое моделирование в машиностроении представлена в Таблице. Совокупность результатов обучения по дисциплине соотнесена с уровнями сформированности компетенций и соотнесенными с ними индикаторами. Индикаторы достижения компетенций измеряемы с помощью средств текущей и промежуточной аттестации по дисциплине Математическое моделирование в машиностроении.

Таблица

Формируемые компетенции	Индикаторы компетенций	Темы	Этапы оценки результатов обучения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (контрольная работа, курсовой проект, РГЗ(Р), реферат и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки исследований	2. Умеет определять приоритеты в процессе решения профессиональных задач	Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Практика компьютерного анализа в среде APM WinMachine. Работа с проектом в APM WinMachine. Статистический анализ напряженного состояния. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Расчет передаточных механизмов станочных приводов Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов	Практические работы	Зачет. 1. Раздел: компьютерный анализ в среде APM WinMachine - вопросы 1-19; 2. Раздел: Компьютерный анализ в среде ANSYS – вопросы 1- 30.
ОПК-3 Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности	1. Знает методы и средства хранения и защиты компьютерной информации	Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Практика компьютерного анализа в среде APM WinMachine. Работа с проектом в APM WinMachine. Статистический анализ напряженного состояния. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Расчет передаточных механизмов станочных приводов Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Статистический анализ	Практические работы	Зачет. 1. Раздел: компьютерный анализ в среде APM WinMachine - вопросы 1-19; 2. Раздел: Компьютерный анализ в среде ANSYS – вопросы 1- 30.

		напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов		
ОПК-6 Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования производственно-технологической документации машиностроительных производств	2. Знает современные автоматизированные системы технологической подготовки производства	Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Практика компьютерного анализа в среде APM WinMachine. Работа с проектом в APM WinMachine. Статистический анализ напряженного состояния. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Расчет передаточных механизмов станочных приводов. Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов	Практические работы	Зачет. 1. Раздел: компьютерный анализ в среде APM WinMachine - вопросы 1-19; 2. Раздел: Компьютерный анализ в среде ANSYS – вопросы 1- 30.
ОПК-7 Способен организовывать подготовку заявок на изобретения и промышленные образцы в области конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств	1. Умеет выбирать и создавать критерии оценки новых продуктов	Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Практика компьютерного анализа в среде APM WinMachine. Работа с проектом в APM WinMachine. Статистический анализ напряженного состояния. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Расчет передаточных механизмов станочных приводов. Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов	Практические работы	Зачет. 1. Раздел: компьютерный анализ в среде APM WinMachine - вопросы 1-19; 2. Раздел: Компьютерный анализ в среде ANSYS – вопросы 1- 30.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций по дисциплине

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций проверяются при проведении мероприятий текущей аттестации (контроля) в процессе изучения дисциплины, указанных в таблице раздела 1.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 1 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ОПК-1, ОПК-3, ОПК-6, ОПК-7 и соотнесенных с ними индикаторов. (см. таблицу раздела 1).

Зачет проводится в устной и письменной форме, по билетам. На зачете студенту выдается билет, включающий 2 вопроса. Распределение дидактических единиц по проверяемым компетенциям указано в таблице «Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной

дисциплины». Требования к допуску студентов к сдаче зачета, состав билета и критерии оценки на зачете приведены в паспорте зачета.

Общие правила выставления оценок текущей и промежуточной аттестации по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании критериев, приведенных в п. 3, осуществляется оценка уровней достигнутых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ОПК-1, ОПК-3, ОПК-6, ОПК-7, закрепленных за дисциплиной.

3. Общая характеристика уровней результатов обучения, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Продвинутый. Теоретическое содержание курса освоено полностью. Студент демонстрирует систематическое и глубокое понимание учебного материала и способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Сформированы необходимые навыки практической работы. Все учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнены качественно, без замечаний. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящим в диапазон продвинутого уровня.

Базовый. Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Навыки практической работы сформированы на базовом уровне. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с небольшими погрешностями. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах базового уровня.

Пороговый. Теоретическое содержание курса освоено в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и профессиональной деятельности. Некоторые практические навыки работы сформированы с пробелами. Учебные задания, предусмотренные программой обучения, выполнялись с ошибками, исправленными под руководством преподавателя. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов в пределах порогового уровня.

Ниже порогового. Теоретическое содержание курса освоено фрагментарно. Необходимые навыки практической работы сформированы минимально. Большинство учебных заданий, предусмотренных программой обучения, не выполнены. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, оценены числом баллов, входящих в диапазон ниже порогового уровня.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра проектирования технологических машин

Паспорт зачета

по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении», 1 семестр

1. Методика оценки

Студент допускается к сдаче зачета при условии, что он выполнил и защитил все практические работы и расчетно-графическое задание, и набрал не менее 40 баллов.

На зачете студенту выдаются 2 вопроса. Распределение дидактических единиц по проверяемым компетенциям указано в таблице «Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины».

Выставление оценок на зачете осуществляется на основе выполнения и защиты двух вопросов. Оценивание ответа на вопросы осуществляется в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 5-6 балл; "хорошо" – 7-8 баллов; "отлично" – 9-10 баллов. Всего за два вопроса студент может получить максимум 20 баллов.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет МТФ

Билет № 1

к зачету по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении»

1. Проектировочный расчет зубчатой цилиндрической прямозубой (косозубой) передачи внешнего зацепления.

2. Запустите ANSYS Workbench, создайте новый блок статического прочностного анализа Static Structural. Запустите модуль управления материалами. Ответьте на следующие вопросы:

- В каком окне находятся свойства материалов?
- Что отображается в панелях Table и Chart?

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

Защита считается неудовлетворительной, если студент не освоил теоретический материал и не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет менее 10 баллов.

*Защита считается состоявшейся на **пороговом уровне***, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 10-13 баллов.

*Защита считается состоявшейся на **базовом уровне**, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, допустил несколько ошибок при защите, привёл не достаточно чёткую аргументацию своей точки зрения при ответе на вопросы, оценка составляет 14-17 баллов.*

*Защита считается состоявшейся на **продвинутом уровне**, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, привёл достаточно чёткую аргументацию своей точки зрения по всем вопросам, оценка составляет 18-20 баллов.*

3. Шкала оценки

Если студент в семестре работал не систематически, в результате чего не набрал требуемое количество баллов, то ему выдается дополнительное задание, тематика и объем которого определяются преподавателем.

Если в результате сдачи зачета студент не набирает 10 баллов или с учетом сдачи зачета его суммарный рейтинг (**ОЦЕНКА НА ЗАЧЕТЕ** + оценка за выполнение практических работ) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче зачета студент имеет возможность получить оценку не выше Е ("удовлетворительно").

Студент имеет возможность получить дополнительно до 20 баллов при выполнении работ, не предусмотренных основной программой освоения курса. Данные виды работ согласуются с преподавателем. Одним из вариантов дополнительной работы может быть выполнение расчётно-графической работы по заданной преподавателем тематике.

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется согласно таблице.

Таблица

98-100	93-97	90-92	87-89	83-86	80-82	77-79	73-76	70-72	67-69	63-66	60-62	50-59	25-49	0-24
A+	A	A-	B+	B	B-	C+	C	C-	D+	D	D-	E	FX	F
отлично				хорошо				удовлетворительно				неудовлетворительно		
зачтено													не зачтено	

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении»

Компьютерный анализ в среде APM WinMachine

1. Расчет соединения с натягом.
2. Расчет конического соединения.
3. Расчет соединения призматической шпонкой.
4. Расчет соединения сегментной шпонкой.
5. Расчет прямобочного шлицевого соединения.
6. Расчет эвольвентного шлицевого соединения.
7. Расчет треугольного шлицевого соединения.
8. Расчет призматического профильного соединения.
9. Расчет резьбовых соединений.
10. Расчет сварных соединений.
11. Проектировочный расчет зубчатой цилиндрической прямозубой (косозубой) передачи внешнего зацепления.

12. Проектировочный расчет зубчатой конической ортогональной передачи с прямыми (круговыми) зубьями.
13. Проектировочный расчет червячной передачи.
14. Проектировочный расчет клиноременной передачи.
15. Проектировочный расчет цепной передачи.
16. Расчет вала на усталостную прочность.
17. Расчет радиального подшипника скольжения, работающего в режиме жидкостного трения.
18. Расчет подшипников качения.
19. Расчет упругих элементов машин: проектировочный расчет пружины сжатия круглого поперечного сечения; проверочный расчет пружины сжатия круглого поперечного сечения; проектировочный расчет пружины сжатия квадратного поперечного сечения; проектировочный расчет пружины растяжения круглого поперечного сечения; проектировочный расчет пружины кручения круглого поперечного сечения.

Компьютерный анализ в среде ANSYS

Основы работы в ANSYS WORKBENCH

1. Что называется конечно-элементной моделью?
2. Назовите типы конечных элементов. Что означает порядок конечного элемента?
3. Запишите разрешающие уравнения МКЭ для статического деформирования.
4. Как учитываются граничные условия в перемещениях (связи)?
5. Как привести распределённые нагрузки к узловым?
6. Запустите ANSYS Workbench. Ответьте на следующие вопросы:
 - Что называется проектом в Workbench?
 - Для чего предназначены окна Project Schematic и Toolbox?
 - Какие виды инженерного анализа реализуются блоками Static Structural, Transient Structural, Steady-State Thermal и Modal?
 - Какие основные элементы имеет каждый блок инженерного анализа?
 - Для чего предназначена кнопка Import на панели инструментов?
 - Для чего предназначены кнопки Refresh Project и Update Project на панели инструментов?
7. Создайте новый проект и разместите в нем блок статического прочностного анализа. Переименуйте созданный блок как «Статический анализ». Добавьте в проект еще один независимый блок модального анализа и задайте ему имя «Модальный анализ». Ответьте на следующие вопросы:
 - Какие этапы инженерного анализа реализуются в элементах Geometry, Model, Results?
 - Что показывают значки в правой части каждого элемента блока?
 - Как вызывается контекстное меню элемента блока? Какие команды оно содержит?
 - Можно ли заменить вид инженерного анализа в блоке, не удаляя его?
 - Изменяются ли параметры КЭ-сетки в блоке «Статический анализ», если их изменить в блоке «Модальный анализ»?
8. Поставлена задача: исследовать прочность конструкции при заданном нагружении и нагреве до высокой температуры. Создайте новый проект и разместите в нем необходимые связанные блоки инженерного анализа. Ответьте на следующие вопросы:
 - Что дает установление связей между блоками? Каким типам принадлежат созданные связи?
 - Какой блок является корневым, а какой подчиненным?
 - Как изменить свойства подчиненного элемента?
 - Как вставить новый блок, не задавая связей?
9. Запустите ANSYS Workbench, создайте новый блок статического прочностного анализа Static Structural. Запустите модуль управления материалами. Ответьте на следующие вопросы:

- Для чего предназначены окна Outline Filter и Outline Panel
 - В каком окне находятся свойства материалов?
 - Что отображается в панелях Table и Chart?
10. Создайте новый материал с именем «NewMatl». Задайте ему упругие свойства (модуль Юнга и коэффициент Пуассона).
11. Измените упругие свойства материала «NewMatl», сделав модуль Юнга зависящим от температуры. Задайте несколько значений при различных температурах.
12. Добавьте материал Aluminium Alloy из стандартной библиотеки General Materials в текущий набор материалов. Исключите плотность этого материала из перечня свойств.
13. Назначьте Aluminium Alloy в качестве материала, используемого по умолчанию для твердых тел.
14. Какими задаются пластические свойства материала?
15. Каким свойством задаются результаты одноосных испытаний материала на растяжение/сжатие?
16. В каком модуле выполняется разбиение геометрических моделей конечноэлементной сеткой?
17. Назовите два способа создания конечно-элементной сетки.
18. Опишите порядок действий при создании конечно-элементной сетки.
19. Какие элементы используются при разбиении объемных тел, плоских оболочек, одномерных тел?
20. Какие возможности имеются в Ansys Workbench для генерации сетки в составных деталях?
21. Какие установки для конечно-элементной сетки позволяет осуществлять раздел Sizing окна настроек?
22. Создайте новую объемную модель в блоке статического прочностного анализа. Запустите модуль симуляции. Ответьте на следующие вопросы:
- Для чего предназначены окна Graph и Tabular Data?
 - Чем отличается информация о пошаговой нагрузке в окнах Graph и Tabular Data?
 - Назовите конструкционные нагрузки, задаваемые в разделе Loads панели инструментов Environment.
 - Какие граничные условия задаются в разделе Supports панели инструментов Environment?
23. Создайте собственную координатную систему, отличающуюся по направлению осей и расположению от глобальной. Переименуйте ее.
24. Приложите к модели гравитационное ускорение (Standard Earth Gravity). Направление ускорения задайте вдоль оси Y пользовательской (вновь созданной) системы координат.
25. Приложите момент к точке, ребру или поверхности, используя команду Moment.
26. При помощи команды Fixed Support жестко закрепите ребро модели.
27. Задайте командой Displacement на любой поверхности объемного тела перемещение на -5 мм в направлении оси X. Ответьте на вопросы:
- Какими способами может быть задано перемещение?
 - Что означает значение «0» для компоненты перемещения?
 - Что означает значение «Free» в поле компоненты?
28. Виды источников энергии и функциональные зависимости, описывающие интенсивность распределения тепла?
29. Использовать модуля Heat Input Fitting мастера сварки Welding Advisor для создания определенного типа источника энергии.
30. Создать и рассчитать стандартное сварное соединение с использованием модуля Welding wizard.

Паспорт заданий для выполнения практических работ
по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении», 1 семестр

1. Методика оценки

Для защиты пяти практических работ студентам предлагается выполнить следующий типовой набор заданий: Практическая работа № 1: «Практика компьютерного анализа в среде APM WinMachine. Работа с проектом в APM WinMachine. Статистический анализ напряженного состояния. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия»; Практическая работа № 2: «Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов»; Практические работы № 3: «Расчет передаточных механизмов станочных приводов»; Практическая работа № 4: «Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия»; Практическая работа № 5: «Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов». Распределение заданий практических занятий по проверяемым компетенциям указано в таблице «Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины».

Выставление оценок на практическом занятии осуществляется на основе выполнения и защиты одного типового задания (см. выше). Защита практической работы в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 8-10 балл; "хорошо" – 11-13 балла; "отлично" – 14-16 баллов.

2. Критерии оценки

*Работа считается **не выполненной***, если студент не освоил практический и теоретический материалы; оценка составляет менее 8 баллов.

*Работа считается выполненной на **пороговом уровне***, если студент освоил практический материал, но не смог обобщить теоретический материал; оценка составляет 8-10 балла.

*Работа считается выполненной на **базовом уровне***, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, допустил несколько ошибок при определении параметров математической модели, привёл не достаточно чёткую аргументацию своих действий и выводов, оценка составляет 11-13 баллов.

*Работа считается выполненной на **продвинутом уровне***, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, привёл достаточно чёткую аргументацию своих действий при построении математической модели, оценка составляет 14-16 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за практические занятия учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Если в результате сдачи зачета студент не набирает 10 баллов или с учетом сдачи зачета его суммарный рейтинг (оценка на зачете + **ОЦЕНКА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче зачета студент имеет возможность получить оценку не выше Е ("удовлетворительно").

Студент имеет возможность получить дополнительно до 20 баллов при выполнении работ, не предусмотренных основной программой освоения курса. Данные виды работ согласуются с преподавателем. Одним из вариантов дополнительной работы может быть выполнение расчётно-графической работы по заданной преподавателем тематике.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется согласно таблице.

Таблица

98-100	93-97	90-92	87-89	83-86	80-82	77-79	73-76	70-72	67-69	63-66	60-62	50-59	25-49	0-24
A+	A	A-	B+	B	B-	C+	C	C-	D+	D	D-	E	FX	F
отлично				хорошо				удовлетворительно					неудовлетворительно	
зачтено													не зачтено	

4. Перечень практических работ

На первом практическом занятии выдается комплект исходных данных: 1) Нагрузочные характеристики привода главного движения станка (табл. 1-6); 2) Чертеж шпиндельного узла станка (рис. 1). На каждом занятии студенты (индивидуально и в группе) осуществляют поэтапные вычисления, необходимые для проектирования привода главного движения станка.

В качестве объекта проектирования предлагаются станки с ручным и дистанционным управлением – блок исходных данных приведен в табл. 1 – 3 или станки с числовым программным управлением (ЧПУ) – комплекс данных табл. 4 – 6. В первом случае речь идет о разработке привода с дискретным (ступенчатым) регулированием скорости исполнительного органа (шпинделя), во втором – привода с плавным (бесступенчатым) регулированием.

Вариант задания формируется на основе цифрового трехразрядного кода, устанавливаемого руководителем курсового проектирования. В частности, при шифре 754 необходимо выписать данные седьмой колонки табл. 1 (или 4), а из табл. 2 (или 5) и табл. 3 (или 6) – соответственно пятого и четвертого столбцов.

Кратко прокомментируем принятые в заданиях условные обозначения.

Табл. 1 и 4 содержат информацию о типоразмере и классе точности станка, варианте компоновки привода главного движения, а также о значении одной из эксплуатационных характеристик последнего – эффективной (номинальной) мощности на шпинделе. Заданием предусмотрено проектирование унифицированного привода с главным вращательным движением рабочего органа для двух наиболее распространенных типов металлообрабатывающего оборудования: токарного – Т и фрезерного – Ф. Основным размерным параметром для токарных станков является максимальный диаметр обрабатываемой детали над станиной, а для фрезерных – ширина стола. С учетом функционального назначения и компоновки привода, которая определяет расположение направляющих элементов несущей системы металлорежущего оборудования или положение оси шпинделя в пространстве, универсальные токарные станки подразделяются на патронные – ТП и центровые – ТЦ. Соответственно для многоцелевых токарных станков с ЧПУ, а также фрезерного оборудования предусмотрено наклонное – ТН, вертикальное – ТВ и ВФ и горизонтальное – ГФ исполнение привода. В общем случае проектированию подлежат приводы станков трех классов точности: нормального – Н, повышенного – П и высокого – В.

Т а б л и ц а 1

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип станка	ТП	ВФ	ТЦ	ГФ	ТП	ВФ	ТЦ	ГФ	ТП	ВФ
Основной параметр станка, мм	160	320	200	400	250	160	400	200	320	250
Эффективная мощность на шпинделе, кВт	1,8	6,0	2,4	8,8	3,2	2,4	6,0	3,2	4,6	4,2
Класс точности станка	В	П	П	Н	В	П	П	Н	Н	В

Т а б л и ц а 2

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Максимальная частота вращения, 10^3 мин^{-1}	4,0	2,5	2,5	4,0	2,8	1,4	2,0	1,6	3,2	2,0
Общий диапазон регулирования скорости	16	25	12,5	14	45	11,2	22,4	10	20	31,5
Диапазон регулирования скорости с $N=\text{const}$	5,6	16	5	10	22,4	4	11,2	6,3	8	12,5
Допустимая потеря скорости резания, %	30	40	20	40	50*	30	30	40	40*	20

Т а б л и ц а 3

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Система управления приводом	Д	Р	Д	Р	Д	Р	Д	Р	Р	Д
Технический ресурс привода, 10^3 ч	20	14	11,2	10	16	17,5	12	18	12,5	15
Режим нагружения привода $\bar{N}/N_{\text{ном}}$	Л	Т	С	Л	Т	С	С	Т	С	Л
Система смазывания привода	Ц	И	Ц	И	Ц	И	Ц	И	И	Ц

Т а б л и ц а 4

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип станка	ТН	ВФ	ТН	ГФ	ТВ	ВФ	ТВ	ГФ	ТН	ВФ
Основной параметр станка, мм	500	320	400	250	500	400	400	200	320	250
Эффективная мощность на шпинделе, кВт	14	8	3	12	6	16	10	4	6,8	5
Класс точности станка	П	В	В	П	В	П	П	В	В	П

Т а б л и ц а 5

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Максимальная частота вращения, 10^3 мин^{-1}	5,0	2,8	4,5	3,2	2,0	5,6	2,5	6,0	4,0	3,6
Общий диапазон регулирования скорости	110	65	80	100	85	90	75	60	120	70
Диапазон регулирования скорости с $N=\text{const}$	40	12,5	24	28	20	32	10	8	36	16
Вид электропривода	П	А	А	П	А	П	П	А	А	П

Т а б л и ц а 6

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Система управления приводом	Г	Э	Э	Г	Э	Г	Э	Г	Г	Э
Технический ресурс привода, 10^3 ч	20	14	11,2	10	16	17,5	12	18	12,5	15
Режим нагружения привода $\overline{N}/N_{\text{ном}}$	Л	Т	С	Л	Т	С	С	Т	С	Л

Оставшиеся таблицы включают сведения о скоростных возможностях, режиме работы привода и особенностях конструктивного исполнения его отдельных систем.

Общий диапазон регулирования отражает отношение максимальной частоты вращения шпинделя к минимальной. Диапазон регулирования с постоянной мощностью позволяет найти значение так называемой расчетной частоты вращения привода. Допустимая потеря скорости резания предопределяет величину знаменателя ϕ геометрического ряда частот вращения привода с дискретным регулированием, причем значение потери скорости, отмеченное звездочкой, присуще большему ϕ (структура привода с двумя знаменателями ряда). Для станков с плавным регулированием его величина, как известно, равна нулю. Поэтому для станков с ЧПУ вместо этого параметра в качестве исходного данного введено другое требование: вид электропривода (табл. 5). В этих станках бесступенчатое изменение частоты вращения шпинделя можно обеспечить путем применения электродвигателя либо постоянного тока – П, либо асинхронного с частотным регулированием – А.

Приводам станков общего назначения присущи два типа систем управления: ручной – Р и дистанционный – Д. Последняя, как и в станках с ЧПУ, конструктивно может быть выполнена на базе электрической – Э или гидравлической – Г энергий. Режим нагружения (легкий – Л, средний – С, тяжелый – Т) отражает отношение средней мощности, реализуемой в процессе эксплуатации станка, к номинальной мощности привода. Станки с универсальным характером выполняемых технологических операций оснащаются (табл. 3) двумя типами систем смазывания привода: индивидуальной – И или централизованной – Ц. Все другие решения, выходящие за рамки технического задания, принимаются студентами самостоятельно, но наиболее принципиальные вопросы необходимо в обязательном порядке согласовать с руководителем курсового проектирования.

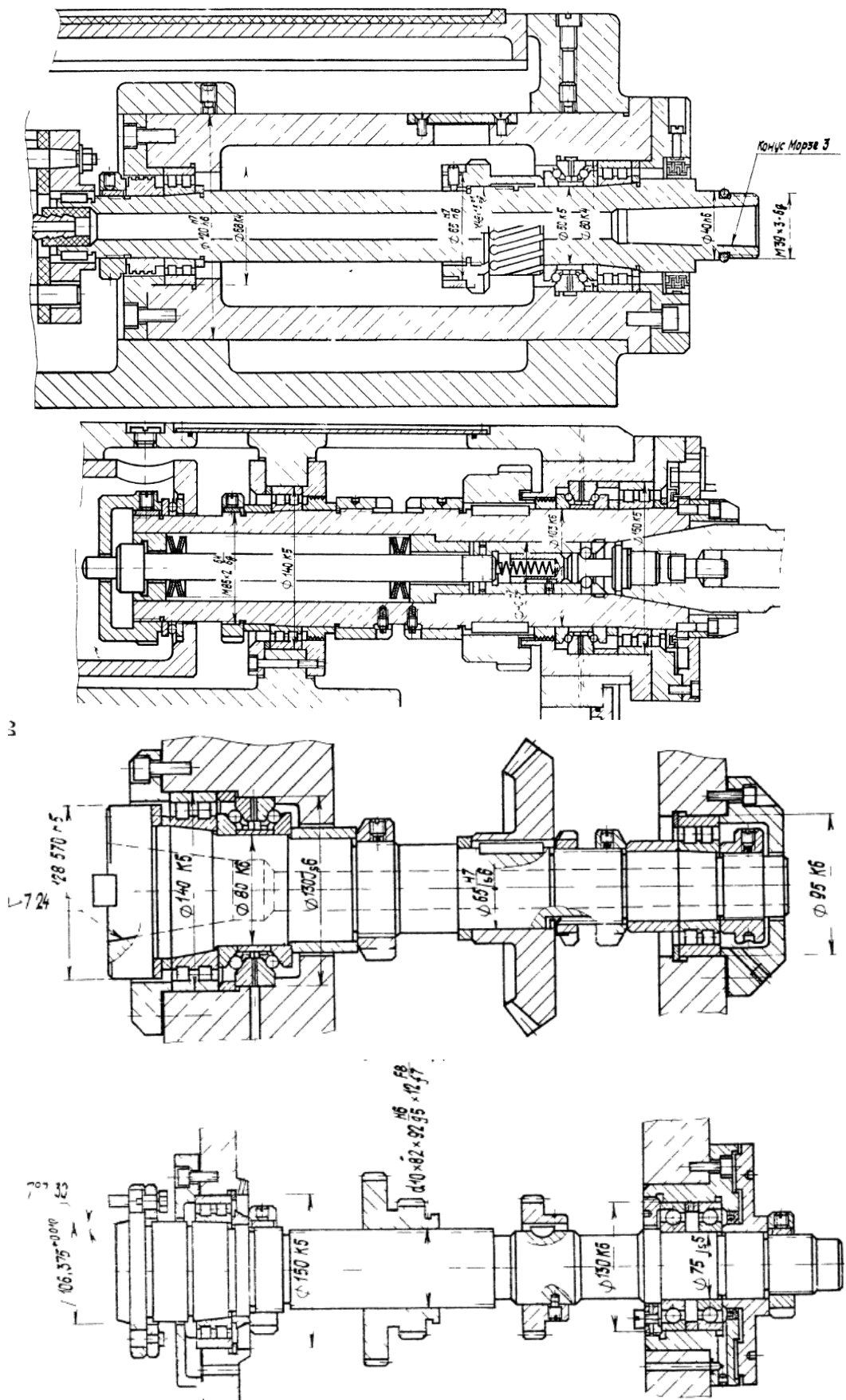


Рисунок 1. Примеры чертежей конструкций шпиндельных узлов

Практическая работа № 1: «Практика компьютерного анализа в среде APM WinMachine. Работа с проектом в APM WinMachine. Статистический анализ напряженного состояния. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия» (2 часа)

Задание:

Студенты выполняют групповые задания по построению проектов в программных комплексах APM WinMachine. Студенты знакомятся с графическим интерфейсом комплекса APM WinMachine и с основными приемами работы в нем. **Обзор основных модулей Системы APM WinMachine:** Инженерные модули системы APM WinMachine. Модули конечно-элементного расчета. Графические средства системы APM WinMachine и их назначение. Базы данных и базы знаний. Модуль APM Book.

Практическая работа № 2: «Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов» (2 часа)

Задание:

Студенты выполняют групповые задания по построению проектов в программных комплексах APM WinMachine для расчета: соединения с натягом; конического соединения; соединения призматической шпонкой; соединения сегментной шпонкой; прямобочного шлицевого соединения; эвольвентного шлицевого соединения; треугольного шлицевого соединения; призматического профильного соединения; резьбовых соединений; сварных соединений.

Практические работы № 3: «Расчет передаточных механизмов станочных приводов» (2 часа)

Задание:

Студенты выполняют групповые задания по построению проектов в программном комплексе APM WinMachine для: 1) проектировочного расчета зубчатой цилиндрической прямозубой (косозубой) передачи внешнего зацепления; 2) проектировочного расчета зубчатой конической ортогональной передачи с прямыми (круговыми) зубьями; 3) проектировочного расчета червячной передачи; 4) проектировочного расчета клиноременной передачи; 4) проектировочного расчета цепной передачи.

Практическая работа № 4: «Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия» (4 часа)

Задание:

Студенты выполняют групповые задания по построению проектов в программном комплексе Ansys для выполнения статистического анализа напряженного состояния материала: 1) разработка математической модели (препроцессинг), построение 3D модели объекта и импортирование в среду ANSYS; 2) работа в базе данных материалов - управление материалами и их свойствами; 3) генерация конечно-элементной сетки; 4) начальные и граничные условия; 5) Настройка решателя и обработка результатов решения (постпроцессинг).

Практическая работа № 5: «Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов»

Задание:

Моделирование температурных полей, структурно-фазовых превращений и напряженно-деформированного состояния в сталях при нагреве с использованием концентрированных источников энергии. Стратегия создания 3D модели объектов расчета средствами Sysweld. Меширование 3D модели и создание регулярной конечно-элементной сетки. Подготовка компонентов КЭМ. Использование мастера сварки (Welding Wizard). Виды источников энергии и функциональные зависимости, описывающие интенсивность распределения тепла. Использование модуля Heat Input Fitting мастера сварки Welding Advisor: 1. Предварительное описание рассчитываемого сварного соединения; 2. Загрузка файла базы материалов в систему; 3. Выбор и описание геометрических параметров источника нагрева. Тарировка источника энергии. 4. Создание функции источника нагрева. Создание и расчет стандартного сварного соединения с использованием модуля Welding wizard: 1. Активация модуля мастера сварки Welding wizard; 2. Загрузка конечно-элементной модели, функции источника и материала компонентов; 3. Загрузка условий теплообмена между контактными поверхностями модели (Heat Exchange/ Imposed Temperature); 4. Обозначение вида закрепления модели (Clamping Conditions); 5. Указание рациональных условий протекания расчета (Solver parameters).

Пример выполненного комплексного практического задания

Цель работы

Рассчитать прочностные характеристики шпинделя токарного станка при помощи программного продукта *APM Win Machine*.

Задачи:

1. Произвести расчет сил резания;
2. Произвести расчет зубчатой передачи;
3. Произвести расчет жесткости шпинделя;
4. Произвести модальный расчет шпинделя.

Исходные данные

Материал:

- Сталь 40Х,
- $\sigma_{0,2} = 315$ МПа,
- $\rho = 7820$ кг/м³.

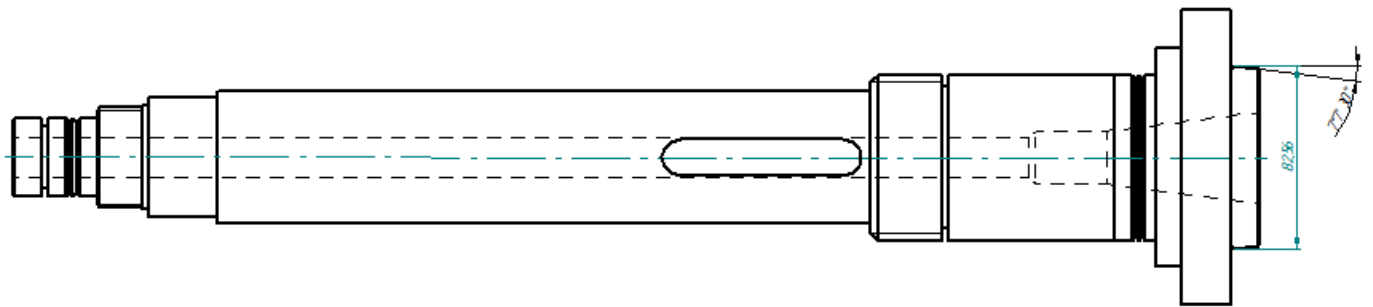


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

Таблица 1

Исходные данные для расчета режимов резания и сил в зацеплении

Диаметр заготовки, D	100 мм
Мощность, N	6 кВт
Межосевое расстояние, a _w	149 мм
Передаточное число, U	1,6

1 Расчет сил резания

Определим скорость резания по формуле:

$$V_p = \frac{C_v}{T m_t x_{sy}} K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,98 = 142,57 \text{ м/мин.}$$

где V_p – расчетная скорость резания, м/мин;

T – период стойкости инструмента, мин [1];

t – глубина резания, мм [1];

S – подача, мм/об [1].

Зная расчетную скорость резания, найдем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{V_p}{\pi \cdot d} = \frac{142,57}{3,14 \cdot 0,1} = 454 \rightarrow 500 \text{ об/мин.}$$

Тогда фактическая скорость резания будет равна:

$$V_p = n \cdot \pi \cdot d = 500 \cdot 3,14 \cdot 0,1 = 157 \text{ м/мин.}$$

После этого, рассчитаем силы резания:

Для расчета сил резания, необходимо знать коэффициенты, которые берем из справочника машиностроителя; и подставляем их в следующие формулы [1]:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,7^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot V^{-0,15}$$

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 1,7^{0,9} \cdot 0,9^{0,6} \cdot V^{-0,3}$$

$$P_X = 10 \cdot 339 \cdot 1,7^1 \cdot 0,9^{0,5} \cdot V^{-0,4}$$

Подставляем рассчитанную ранее скорость резания, и определяем силы резания:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,7^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 157^{-0,15} = 2290 \text{ Н}$$

$$P_Y = 10 \cdot 243 \cdot 1,7^{0,9} \cdot 0,9^{0,6} \cdot 157^{-0,3} = 804,67 \text{ Н}$$

$$P_X = 10 \cdot 339 \cdot 1,7^1 \cdot 0,9^{0,5} \cdot 157^{-0,4} = 721,16 \text{ Н}$$

Крутящий момент, момент изгиба и мощность находим по формулам:

$$M_{кр} = \frac{P_Z \cdot D}{2} = \frac{2290 \cdot 0,1}{2} = 114,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{изг} = P_X \cdot \frac{d}{2} = 721,16 \cdot \frac{0,1}{2} = 36,05 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9554} = \frac{114,5 \cdot 500}{9554} = 6 \text{ кВт}$$

2 Расчет цилиндрической прямозубой передачи

Расчет цилиндрической зубчатой передачи проведем с помощью программы *APM WinMachine*, используя модуль *APM Trans* [2].

Для начала работы необходимо выбрать тип передачи (см. рисунок 2). После этого, указываем основные данные для расчета зубчатой передачи: значения вышеприведенных расчетов (см. рисунок 3).

Выберите Тип передачи

Передачи

Цилиндрические передачи

- ☒ Прямозубые внешнего зацепления
- ☐ Прямозубые внутреннего зацепления
- ☐ Косозубые внешнего зацепления
- ☐ Косозубые внутреннего зацепления
- ☐ Шевронные

Конические передачи

- ☐ С прямым зубом
- ☐ С круговым зубом

Ременные

- ☐ Плоскоременные
- ☐ Червячные
- ☐ Клиноременные
- ☐ Цепные

OK Отмена Справка

Рисунок 2 – Выбор типа передачи

Основные данные

Момент на выходе [Нм] 114,5

Обороты на выходе [об/мин] 500

Передаточное число [-] 0.64

Требуемый ресурс [час] 10000.0

Число зацеплений

Шестерня 1 [-] Колесо 1 [-]

Термообработка

Шестерня Цементация Колесо Цементация

Режим работы Постоянный Крепление шестерни на валу Несимметрично

Продолжить Прервать Справка Еще...

Рисунок 3 – Основные данные

Помимо этого, необходимо указать дополнительные данные (Рисунок 4): модуль, твердость поверхности и сердцевины зубьев, а также число зубьев.

Дополнительные данные

Межосевое расстояние [мм] 0.0

Коэффициент ширины колеса [-] 0.0

Модуль [мм] 2,75

Угол наклона зубьев [град] 0.0

Коэффициент смещения

Шестерня 0.0 Колесо 0.0

☐ Задать материал шестерни Выбрать...

☐ Задать материал колеса Выбрать...

Твердость поверхности зубьев HRC

Шестерня 60 Колесо 60

Твердость сердцевины зубьев HRC

Шестерня 10.0 Колесо 20.0

Число зубьев

Шестерня 42 Колесо 66

☒ Возможен реверс

☒ Стандартное межосевое расстояние

Продолжить Прервать Справка

Рисунок 4 – Дополнительные данные

После того, как все данные введены, производим расчет, просматриваем полученные данные (см. рисунки 5, 6, 7).

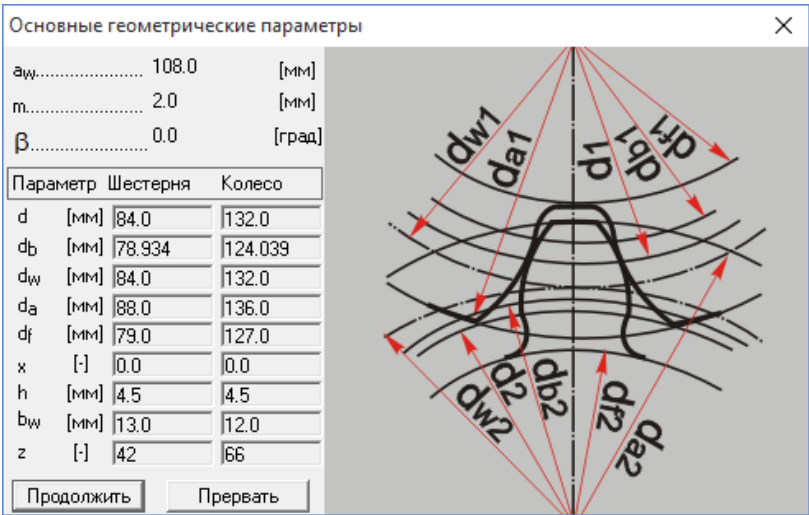


Рисунок 5 – Основные геометрические параметры

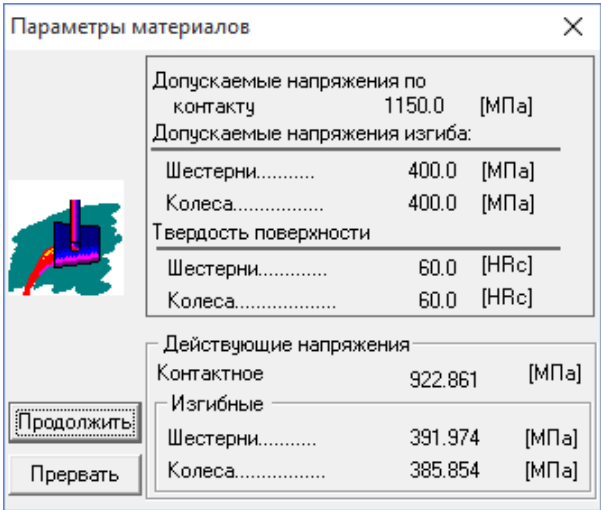


Рисунок 6 – Параметры материалов

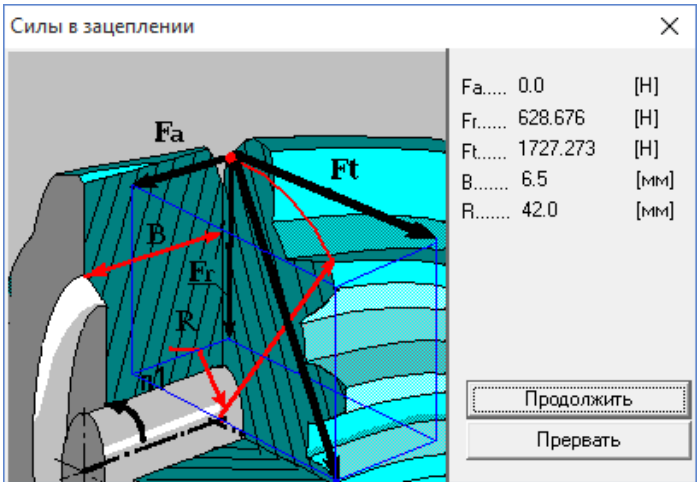


Рисунок 7 – Силы в зацеплении

3 Расчет шпинделя

Так как нам неизвестен момент инерции зубчатых колес, для определения произведем их моделирование. Воспользуемся программным продуктом *Компас 3D* (см. рисунок 8).

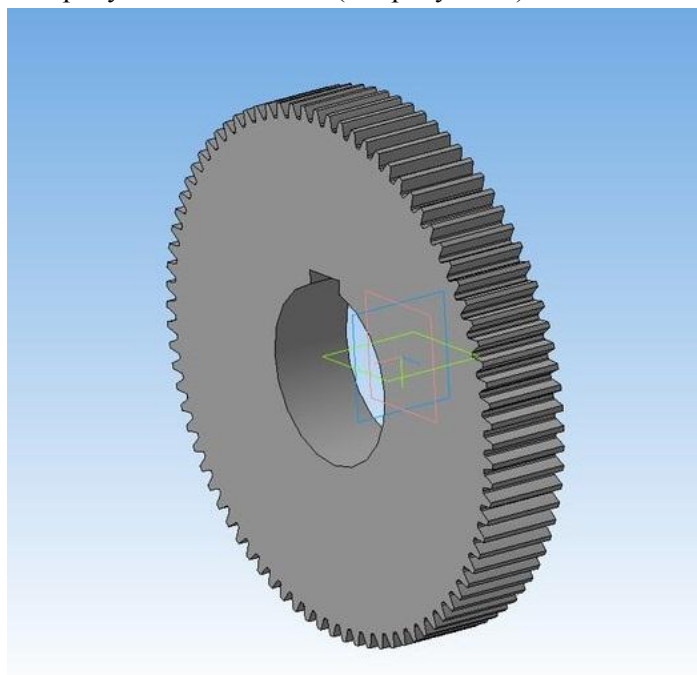


Рисунок 8 – Трехмерная модель зубчатого колеса

Момент инерции, посчитанный программой *Компас 3D*:

$$I = 0,009392 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Зная силы и моменты, возникающие в зацеплении, можно рассчитать шпиндель.

Для этого используем модуль *APM Shaft*, который имеет специализированный графический редактор для задания геометрии валов и осей. С помощью редактора задаем следующие параметры [2]:

- конструкцию шпинделя (необходимо начертить его в натуральную величину);
- действующие на шпиндель нагрузки (расположить силы которые действуют в зацеплении, а также силы, возникающие при резании);
- размещение опор, на которых установлен шпиндель (см. рисунок 9).

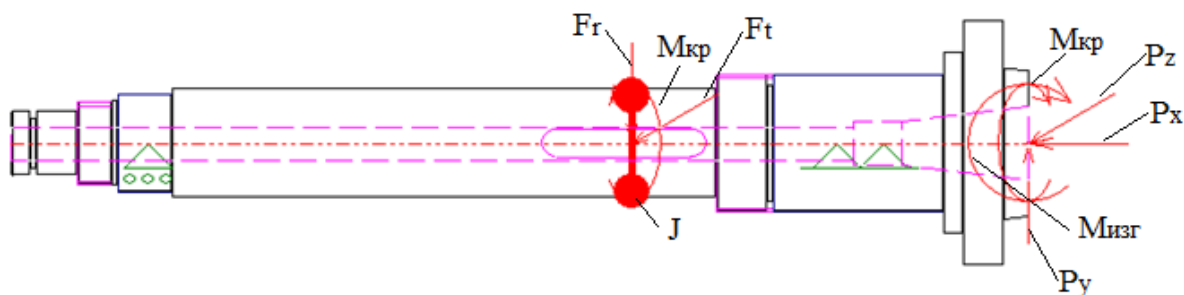


Рисунок 9 – Модель шпинделя токарного станка

Исходные данные для общего расчета вала приведены в таблицах 2–6.

Таблица 2

Радиальные силы			
N	Расстояние от левого конца вала, мм	Модуль, Н	Угол, град
F_{r-t}	338.00	1837.64	-109.98
P_{y-z}	554.00	2427.04	70.65

Таблица 3

Осевые силы		
N	Расстояние от левого конца вала, мм	Значение, Н
P_x	554.00	-721.00

Таблица 4

Моменты изгиба			
N	Расстояние от левого конца вала, мм	Модуль, Нхм	Угол, град
$M_{изг}$	554.00	36.00	0.00

Таблица 5

Моменты кручения		
N	Расстояние от левого конца вала, мм	Значение, Нхм
M_1	338.00	114.00
M_2	554.00	-114.00

Таблица 6

Моменты инерции		
N	Расстояние от левого конца вала, мм	Значение, кг х м ²
M_i	250.000	0.009

Результаты общего расчета вала представлены в таблице 7 и на рисунках 10 – 23.

Таблица 7

Реакции в опорах

N	Расстояние от левого конца вала, мм	Реакция верт., Н	Реакция гориз., Н	Реакция осевая, Н	Модуль, Н	Угол, град
1	75.00	54.97	146.23	0.00	156.22	20.60
2	450.00	3662.48	14360.75	0.00	14820.42	14.31
3	475.00	-3893.46	-15069.98	721.00	15564.81	-165.51

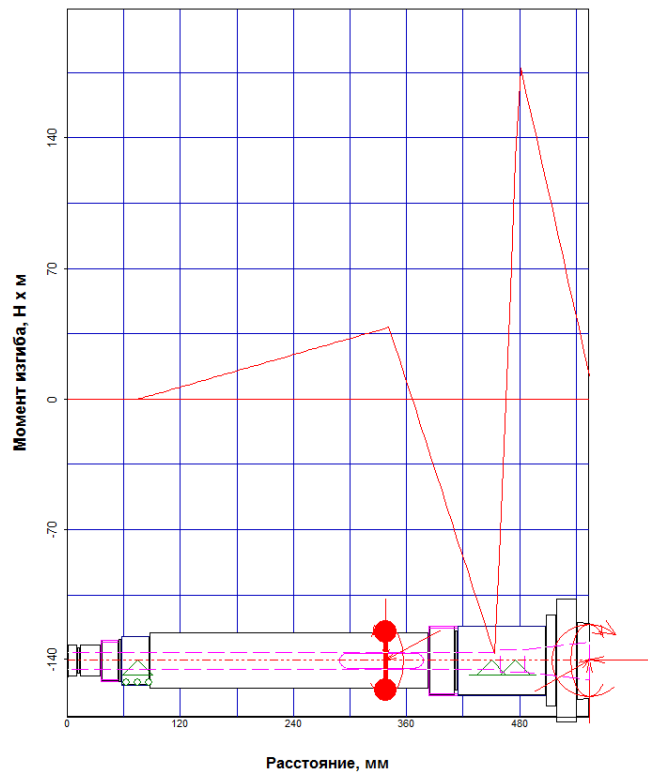


Рисунок 10 – Момент изгиба в вертикальной плоскости

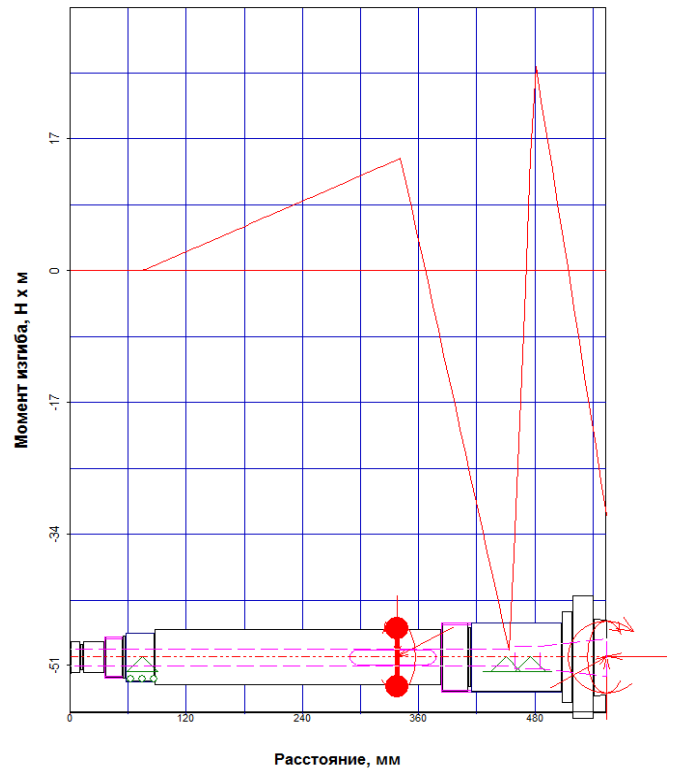


Рисунок 11 – Момент изгиба в горизонтальной плоскости

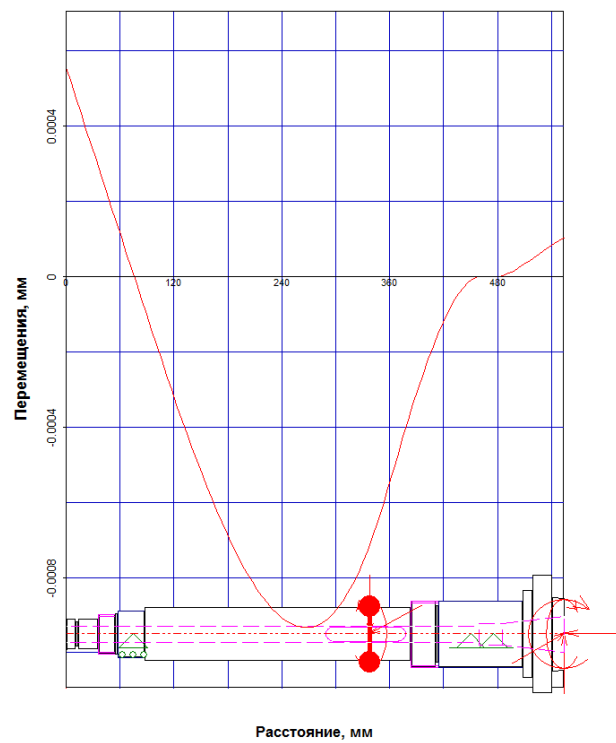


Рисунок 12 – Перемещения в вертикальной плоскости

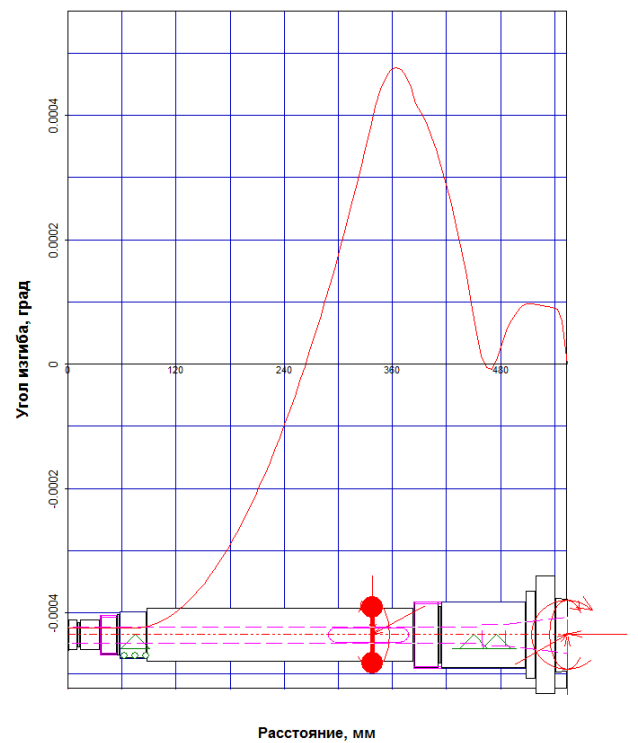


Рисунок 14 – Угол изгиба в вертикальной плоскости

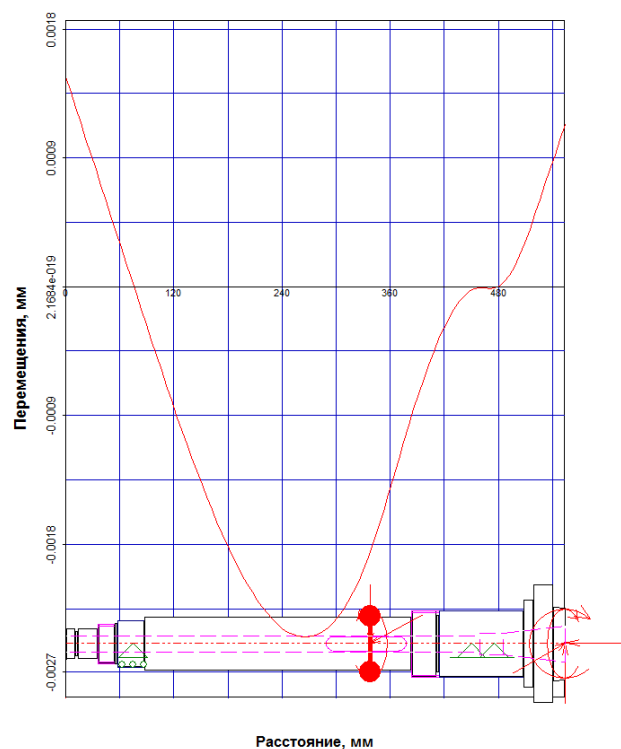


Рисунок 13 – Перемещения в горизонтальной плоскости

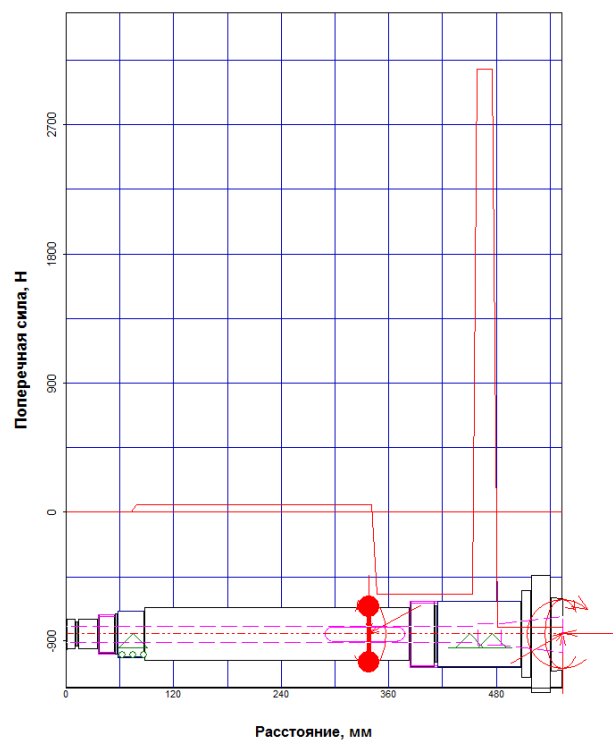


Рисунок 16 – Поперечные силы в вертикальной плоскости

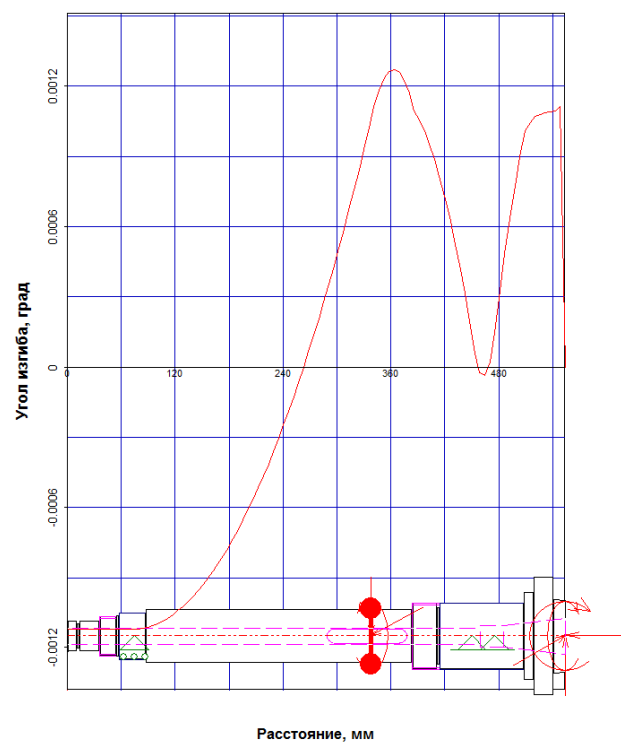


Рисунок 15 – Угол изгиба в горизонтальной плоскости

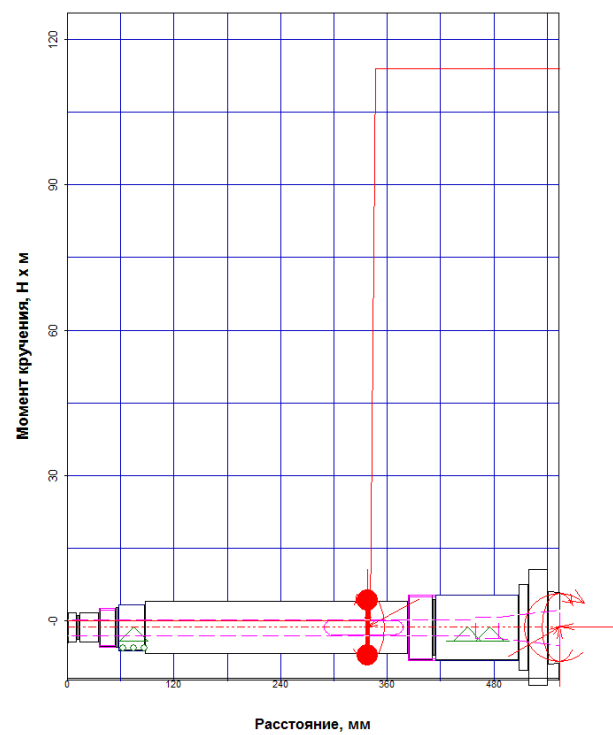


Рисунок 18 – Момент кручения

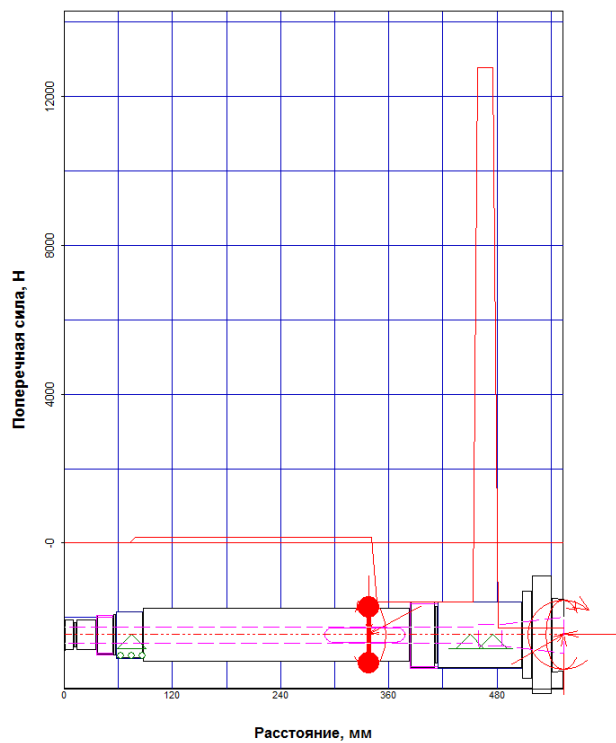


Рисунок 17 – Поперечные силы в горизонтальной плоскости

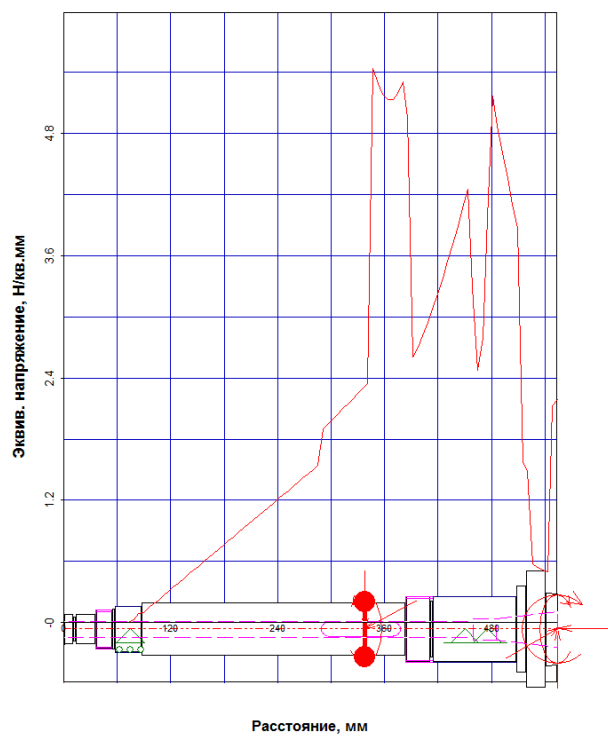


Рисунок 20 – Эквивалентное напряжение

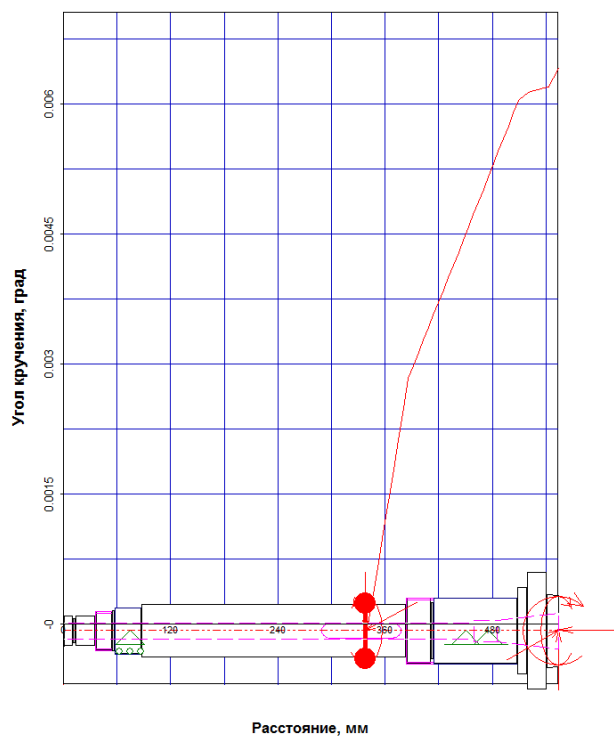


Рисунок 19 – Угол кручения

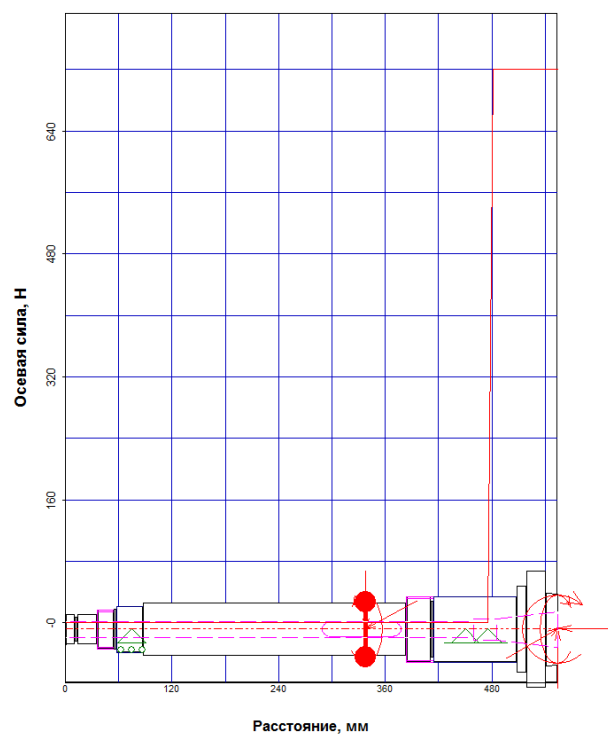


Рисунок 22 – Осевые силы

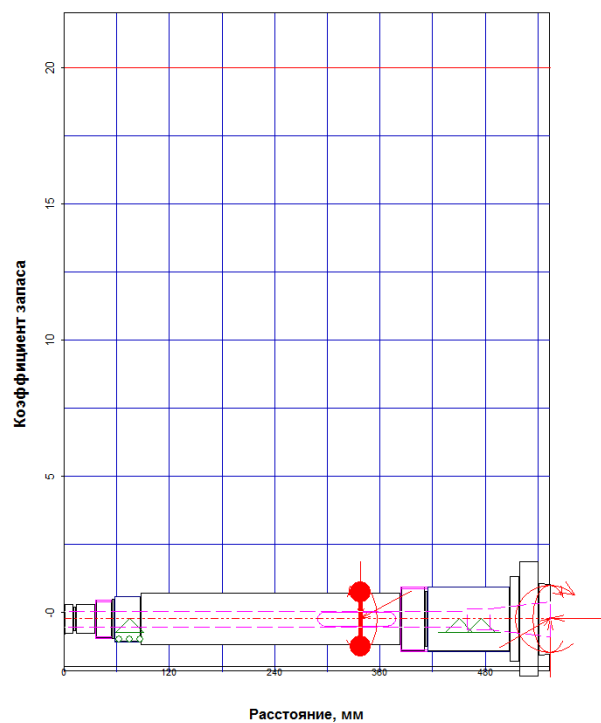


Рисунок 21 – Коэффициент запаса по усталостной прочности

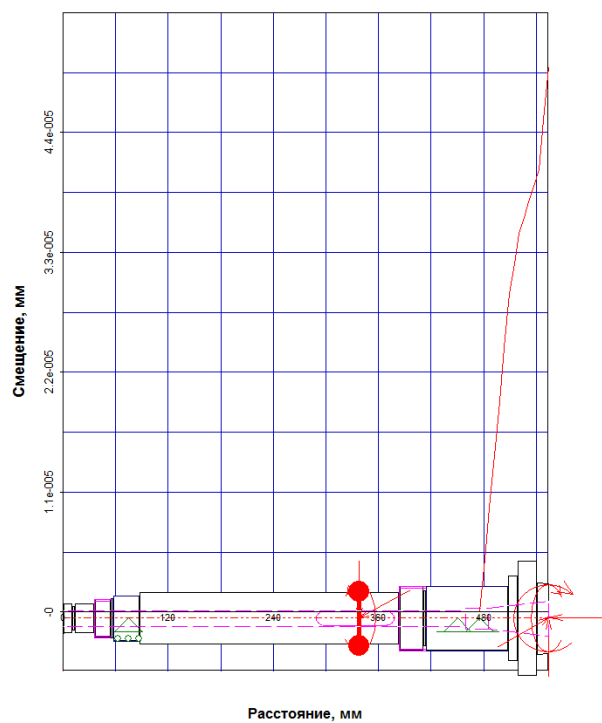


Рисунок 23 – Осевые перемещения

В таблицах 8 и 9 представлены результаты динамического расчета шпинделя.

Таблица 8

Собственные частоты

Изгибные колебания

N	Частота, рад/с	Частота, об/мин
1	9766,8783	93266,8176
2	28347,7508	270701,0799
3	35290,3577	336998,0922
4	46766,8078	446590,1180
5	67539,5747	644955,4301

Таблица 9

Крутильные колебания

N	Частота, рад/с	Частота, об/мин
1	12958,6476	123745,9692
2	19202,2730	183368,1999
3	52967,5744	505803,0774

Динамические характеристики шпинделя представлены на рисунках 24 – 31.

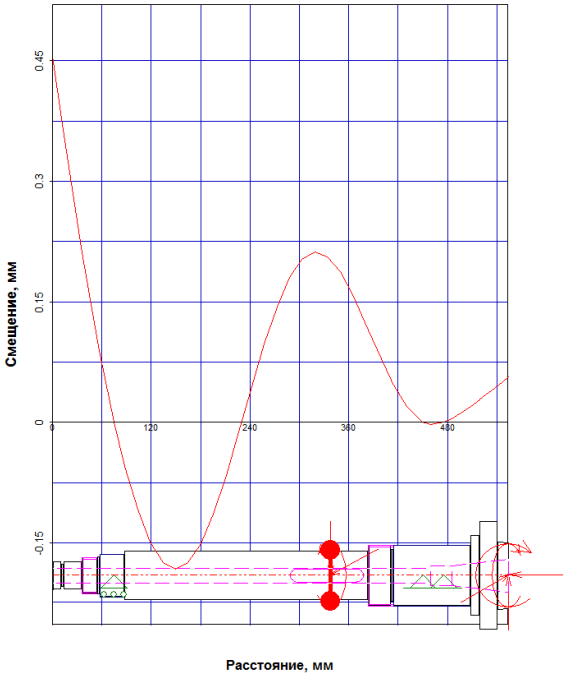
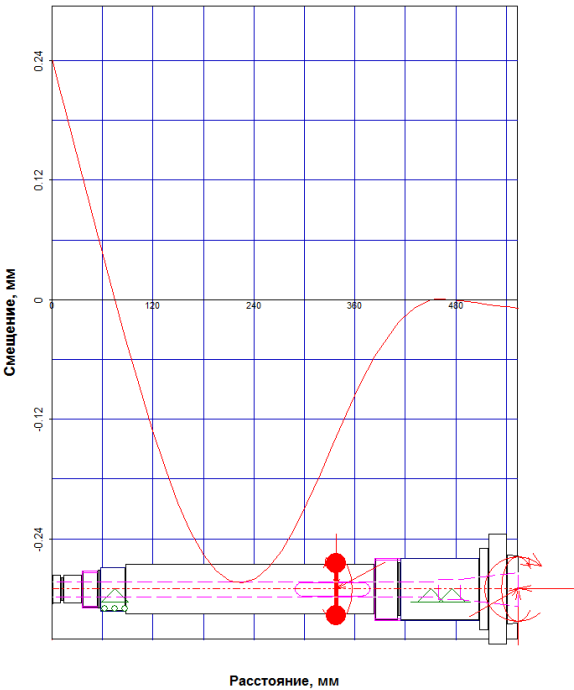


Рисунок 24 – Поперечные колебания (1 форма шпинделя)
(2 форма шпинделя)

Рисунок 25 – Поперечные колебания

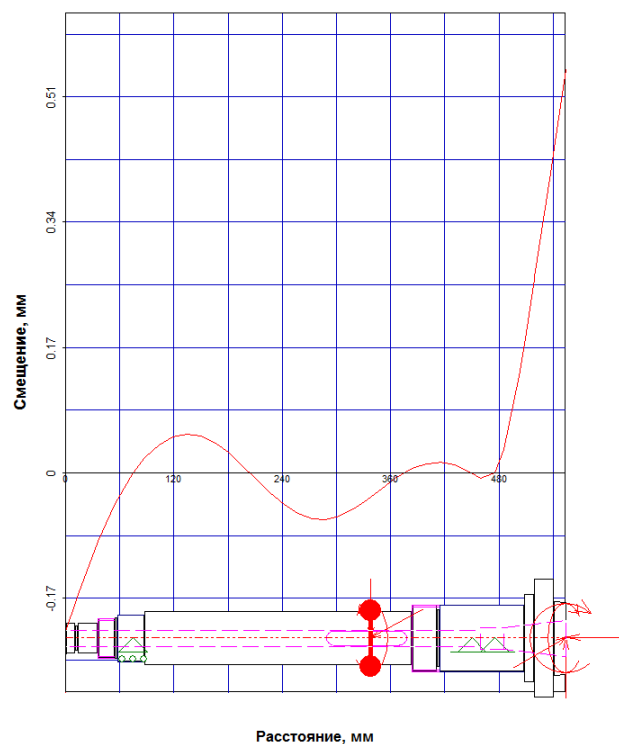


Рисунок 26 – Поперечные колебания (3 форма шпинделя)

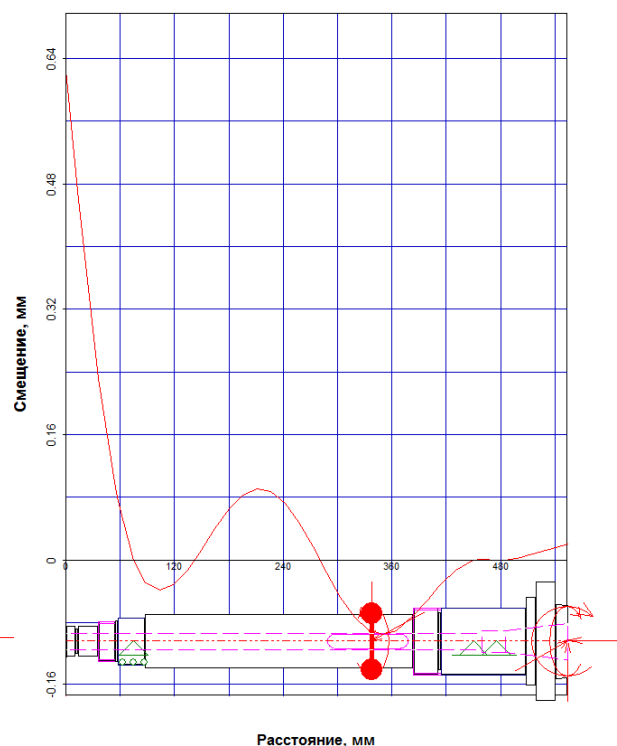


Рисунок 27 – Поперечные колебания (4 форма шпинделя)

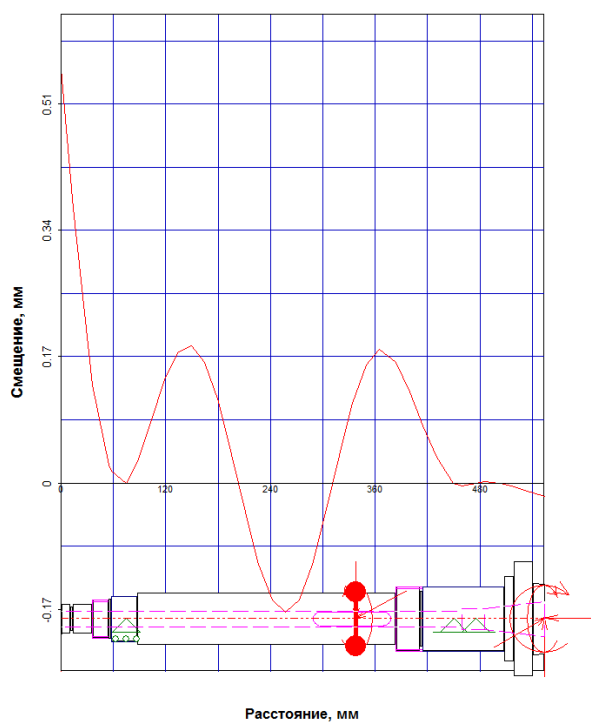


Рисунок 28 – Поперечные колебания (5 форма шпинделя)

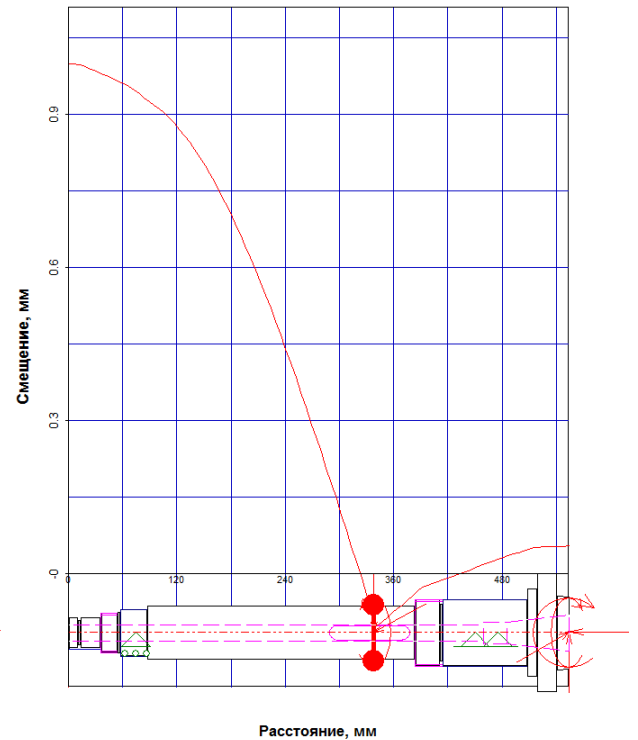
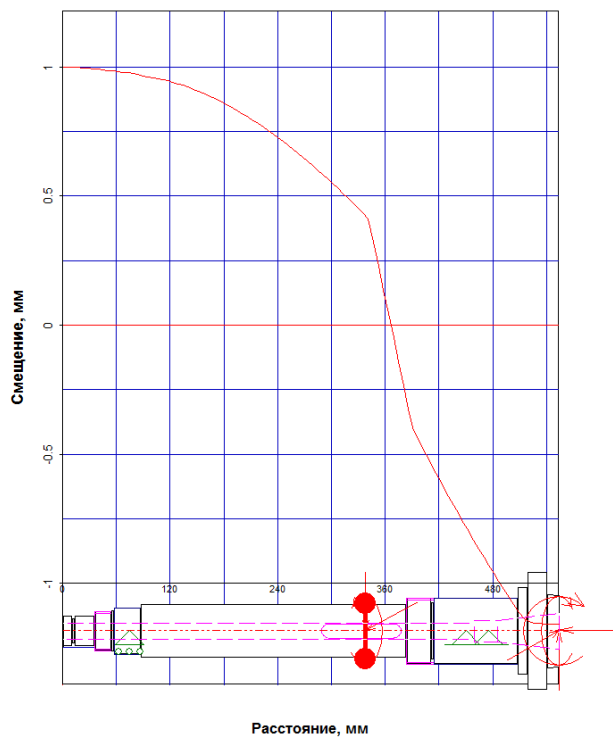


Рисунок 29 – Крутильные колебания (1 форма шпинделя)
(2 форма шпинделя)

Рисунок 30 – Крутильные колебания

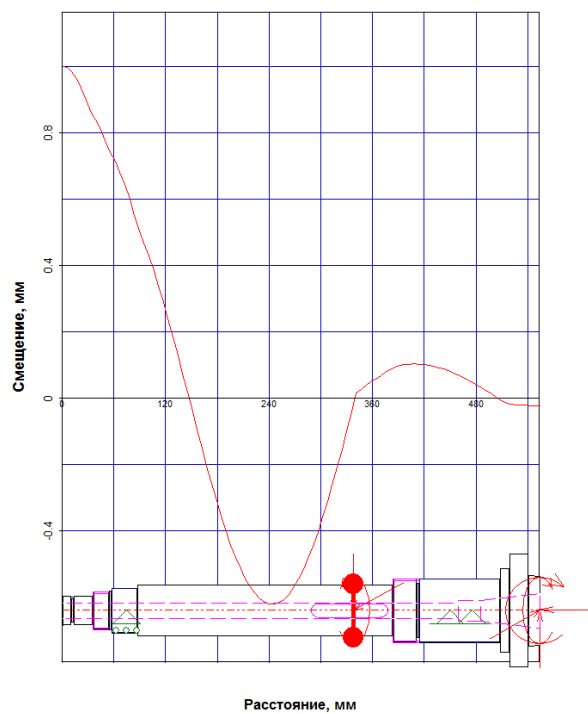


Рисунок 31 – Крутильные колебания (3 форма шпинделя)

Вывод

В данной работе были произведены расчеты составляющих сил резания, расчет зубчатых передач, определены статическая прочность и динамические характеристики шпинделя при помощи

программного продукта *APM Win Machine*. Рассчитана величина коэффициента запаса прочности в различных сечениях шпинделя.

Был выполнен расчет шпинделя, в результате которого получены следующие данные:

коэффициент запаса прочности – 20 ед., биение конца шпинделя - в горизонтальной плоскости 0,00135 мм; в вертикальной плоскости – 0,0004 мм, угол кручения - 0,006°.

Также был выполнен динамический расчет шпинделя и посчитаны частоты, на которых возникают резонансные колебания шпинделя.

Цель работы

Определить величину деформаций и коэффициент запаса прочности шпинделя токарного станка, используя программный продукт Ansys.

Задачи:

1. Построить 3D модель шпинделя в графическом редакторе;
2. Построить расчетную модель;
3. Определить запас прочности;
4. Определить полную деформацию.

3D модель шпинделя создаем в среде *SolidEdge*.

После запуска *Ansys Workbench*, добавляем в рабочую область проекта модуль *Static Structural*, который определяет набор параметров, необходимых для проведения статического анализа (см. рисунок 3).

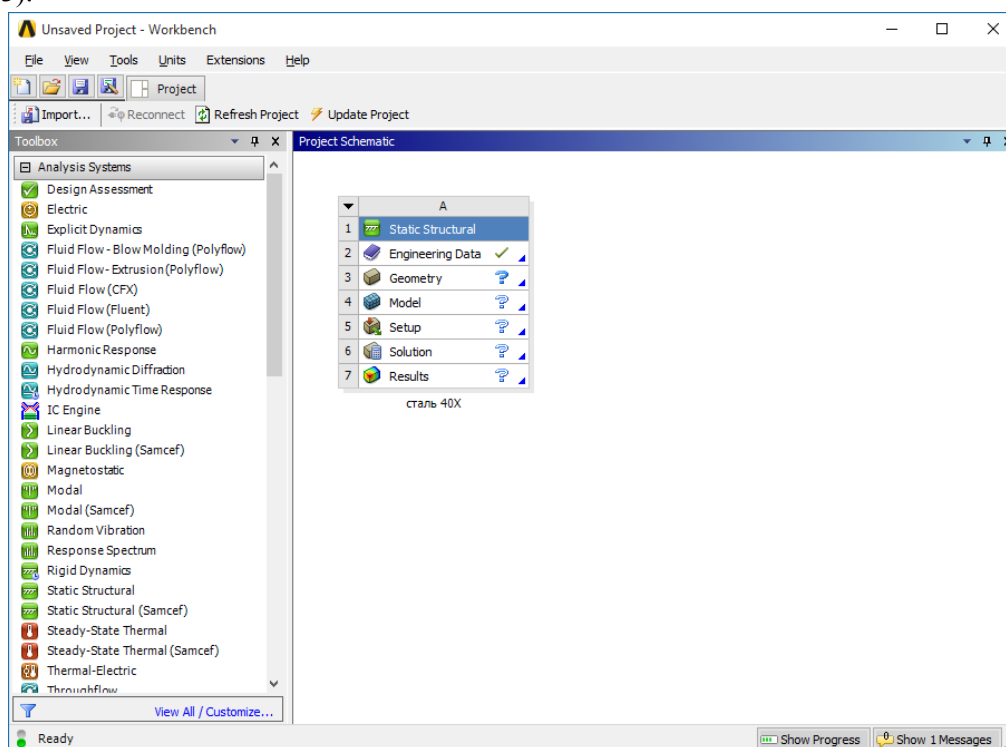


Рисунок 3 – Модуль Static Structural

Начинаем с подраздела «*Engineering Data*»

Указываем материал шпинделя, а также необходимые характеристики (см. рисунок 4).

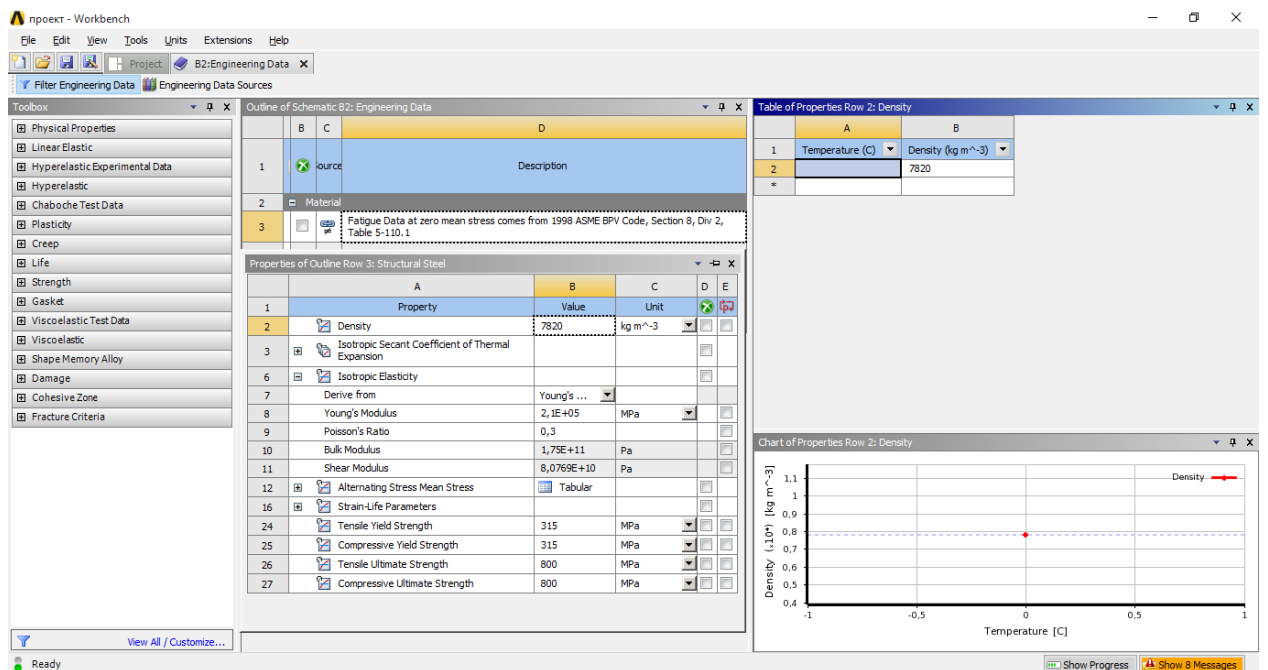


Рисунок 4 – Характеристики материала

Далее импортируем модель шпинделя в комплекс *Ansys* (см. рисунок 5).

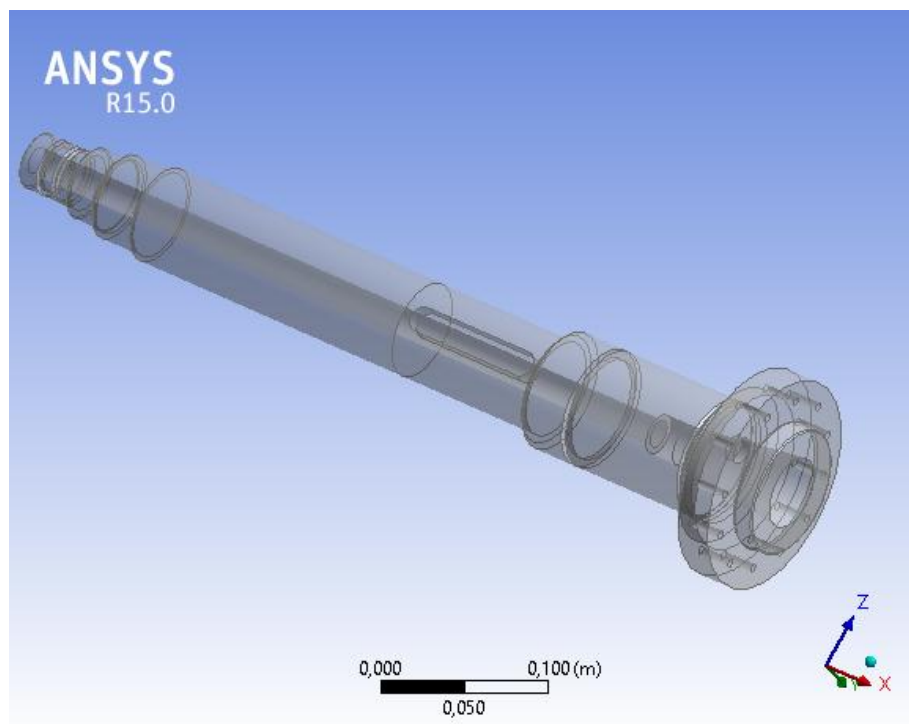


Рисунок 5 – 3D модель шпинделя

Далее, работаем с подразделом «*Model*»

Генерация конечно-элементной сетки

В разделе дерева математической модели «*Model*» осуществляем построение конечной элементарной сетки. Обозначаем предпочтительный метод разбиения сетки - *HexDominantMethod* (см. рисунок 6).

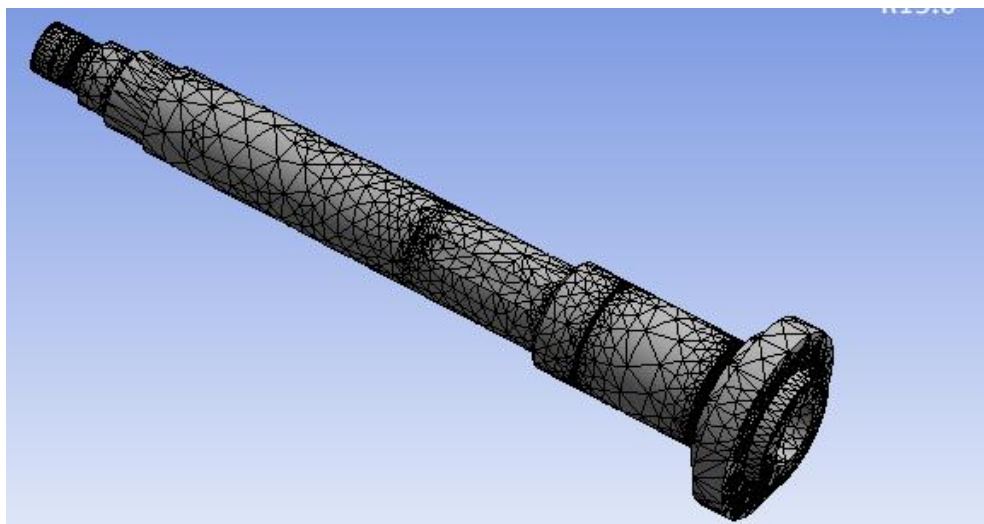


Рисунок 6 – Конечно-элементная сетка

Далее переходим в подраздел «*Static Structural*».

С помощью меню *Inertial* назначаем инерционные нагрузки: скорость вращения шпинделя.

Используя раздел *Supports* расставляем граничные условия, определяющие закрепление детали (подшипники, подвижные и неподвижные).

В разделе *Loads* задаем конструкционные нагрузки: силы и моменты.

С помощью команды *Moment* нагружаем деталь заданными моментами.

Командой *Force* нагружаем деталь действующими на нее силами.

Полностью нагрузив и закрепив шпиндель, мы имеем конечную модель, готовую для проведения расчетов (см. рисунок 7).

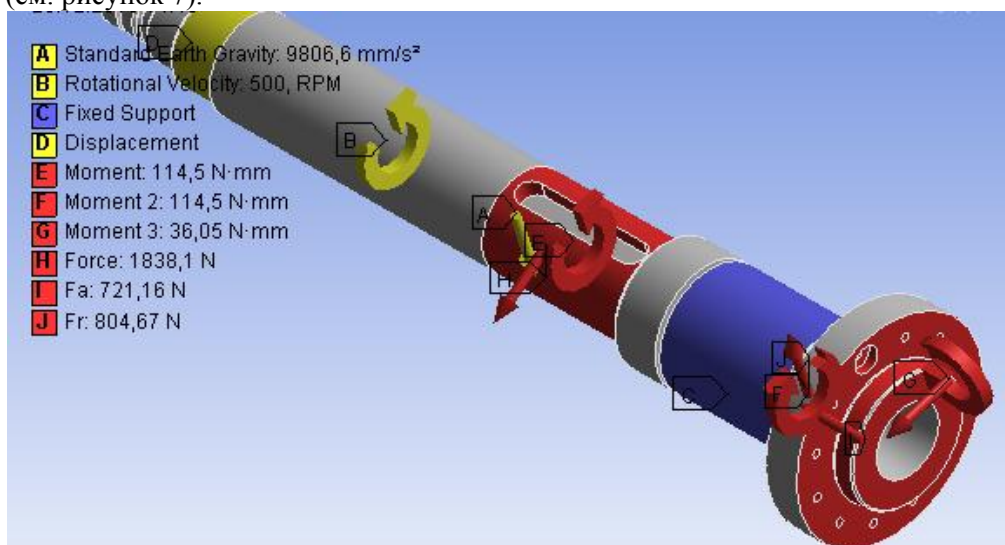


Рисунок 7 – Простановка сил и моментов, действующих на шпиндель

После того, как мы указали необходимые данные, можно произвести расчет. Определяем результат наших вычислений (*Total Deformation*, *Equivalent Stress*) в разделе «*Solution*», а также *Safety Factor* в разделе «*Stress Tool*» (см. рисунки 8-10).

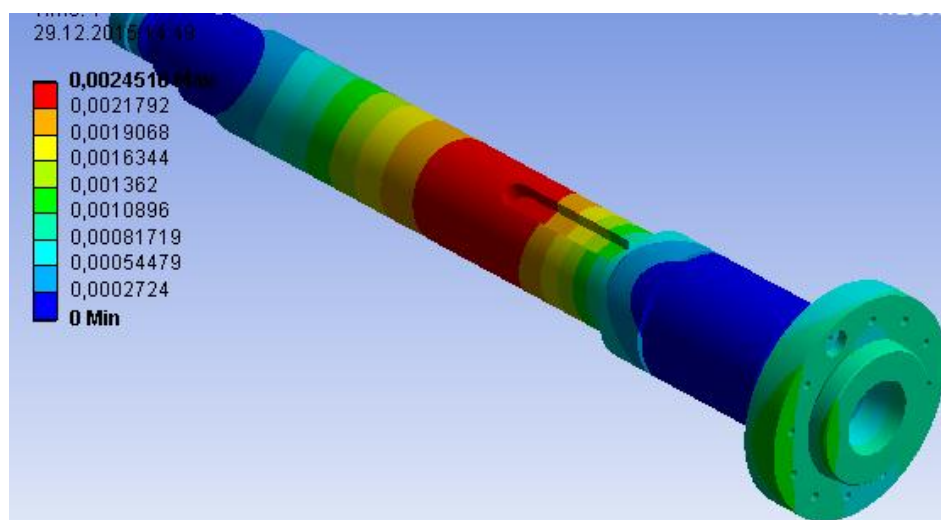


Рисунок 8 – Общие деформации шпинделя

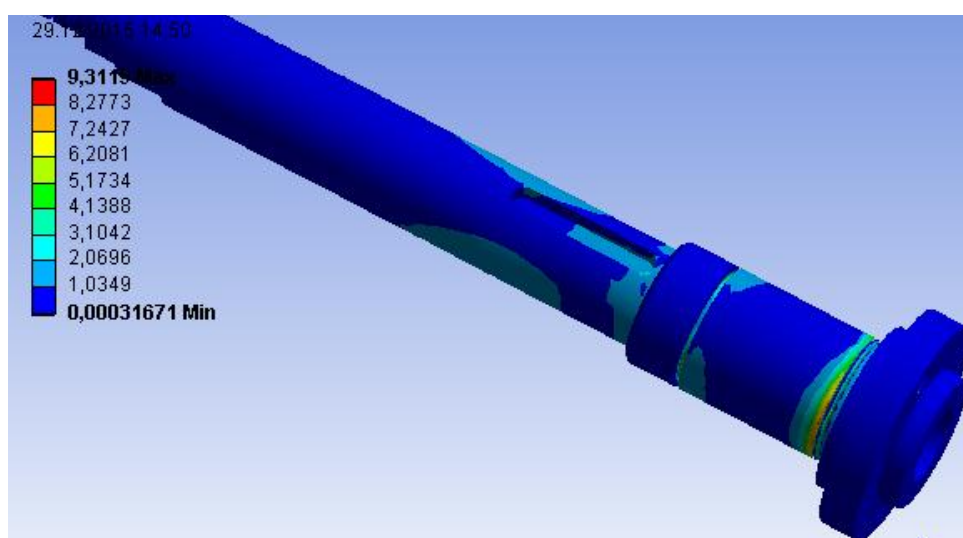


Рисунок 9 – Эквивалентные деформации шпинделя

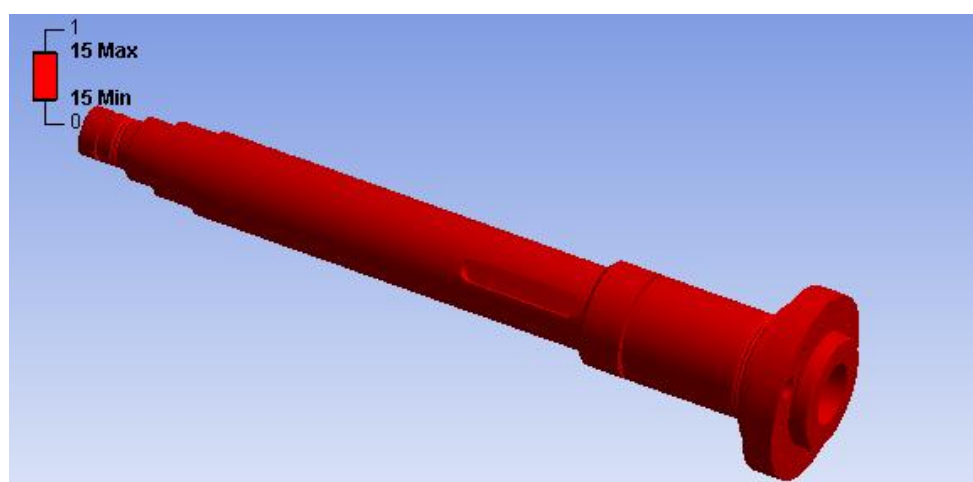


Рисунок 10 – Запас прочности шпинделя

После проведения расчетов необходимо определить отклонение зеркала шпинделя. Для этого производим замер наибольшего значения на зеркале шпинделя (см. рисунок 11).

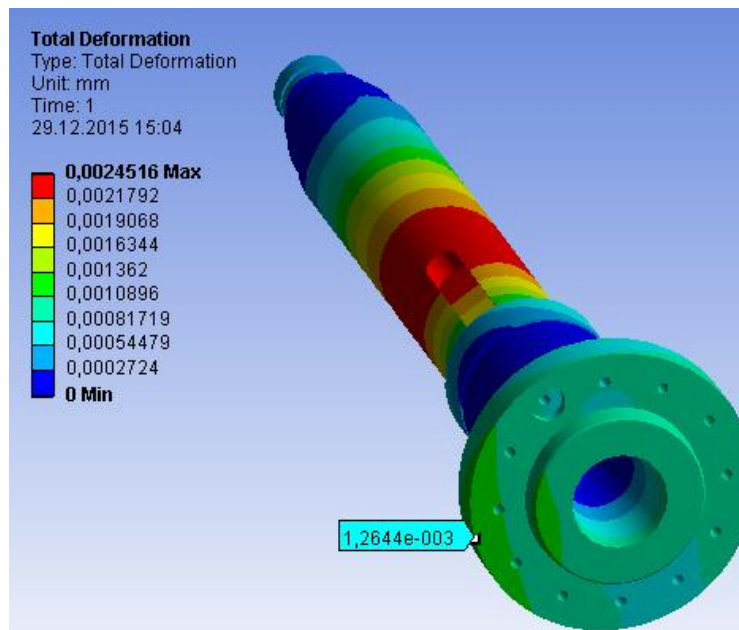


Рисунок 11 – Измерение максимального отклонения

Вывод

В данной работе был проведен расчет на определение общей деформации и коэффициента запаса прочности, с помощью программного продукта *Ansys*.

Исходя из расчетов делаем вывод, что данный шпиндель выдерживает нагрузки, возникающие в процессе резания и зубчатого зацепления, так как коэффициент запаса прочности равен 15.

Отклонение зеркала шпинделя составляет 0,0012644 мм.