

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Информационные технологии в машиностроительном производстве

: 15.04.05

-

:

: 1, : 12

		1	2
1	()	2	2
2		72	72
3	, .	31	33
4	, .	0	0
5	, .	0	18
6	, .	0	0
7	, .	0	18
8	, .	2	2
9	, .	29	13
10	, .	41	39
11	(, ,)		
12			

(): 15.04.05

-

1485 21.11.2014 ., : 17.12.2014 .

:

(): 15.04.05

-

, 5 20.06.2017

- , 5 21.06.2017

:

,

:

,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОК.3 готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала; в части следующих результатов обучения:	
3.	
4.	
Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; в части следующих результатов обучения:	
5.	
3.	
Компетенция ФГОС: ПК.17 способность использовать научные результаты и известные научные методы и способы для решения новых научных и технических проблем, проблемно-ориентированные методы анализа, синтеза и оптимизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, разрабатывать их алгоритмическое и программное обеспечение; в части следующих результатов обучения:	
2.	
Компетенция ФГОС: ПК.21 способность проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий, включая лабораторные и практические, применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения, обеспечивать научно-исследовательскую работу обучающихся; в части следующих результатов обучения:	
1.	

2.

2.1

	(
--	---	--

.2. 5	
1.о проблемах и тенденциях развития современных САЕ систем, о назначении и особенностях основных САЕ систем, о структуре САЕ- систем	;
.17. 2	
2.знать принципы построения моделей; способы математического описания	;
.21. 1	
3.применять справочную и техническую литературу	;
.2. 3	
4.уметь применять стандартные программные средства в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств	;
.17. 2	
5.знает методы расчета узлов и деталей машин на прочность и жесткость	;

.3. 3	
6.знать особенности создания графических моделей средствами компьютерной графики	;
.3. 4	
7.работы в САЕ системах	;
.2. 3	
8.знает методы оптимального проектирования машин и механизмов	;

3.

3.1

: 2				
:				
5.	6	6	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1) (3D), ANSYS; 2) - ; 3) - ; 4) ; 5) ().
6.	4	4	1, 2, 3, 4, 6, 7	: (DesignModeler); ; (Meshing).
7.	4	4	2, 4, 5, 6, 7	
8.	2	2	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	
:				

9.	2	2	2, 3, 6, 7, 8	TableCurve 2D TableCurve 3D
----	---	---	---------------	-----------------------------

3.2

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

2.	0	3	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	: ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; ; : 1) ; 2) , ; 3) ; 4) ; ; ; ;
3.	0	2	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	: 1) () ; 2) () ; 3) 4) ; ; 5)

ANSYS					
4.	ANSYS. ANSYS.	0	2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	ANSYS

4.

: 1					
1			2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	27	17
<p>3D PowerShape (CAD-): , SolidWorks, SolidEdge, NX, (). ANSYS WinMachine []: [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654.</p>					
2			1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	5	3
<p>]; []: [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166. []: [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654.</p>					
3			1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	18	9
<p>3.2 : []: [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</p>					
: 2					
1			2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	30	11
<p>3D PowerShape (CAD-): , SolidWorks, SolidEdge, NX, (). ANSYS WinMachine TableCurve 2D TableCurve 3D. []: [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654.</p>					
2			2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	5	1

<p>[]: - / . . ; , [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654. -</p>				
3		2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	4	1
<p>[]: - / . . ; , [2017]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654.</p>				

5.

(. 5.1).

5.1

	-
	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 ;

5.2

1		.3; .2; .17; .21;
<p>Формируемые умения: у1. навыками использования при решении задач САПР, инструментальных систем, языков программирования, систем управления и контроля, систем сбора и обработки данных; у2. уметь применять методы компьютерного моделирования машиностроительных производств, математические и кинематические модели; у3. уметь использовать пакеты прикладных программ и компьютерной графики, при решении инженерных и исследовательских задач; у3. уметь использовать при решении поставленных задач программные пакеты для ЭВМ; у4. уметь применять САПР, инструментальные системы, языки программирования при решении инженерных и научных задач</p>		
<p>Краткое описание применения: Обсуждение общих принципов создания математических моделей поведения рассчитываемых изделий и материалов. Особенности проектирования и расчета деталей машин.</p>		

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 1		
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала:</i>	20	40
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654. - []:</small>		
<i>РГЗ:</i>	20	40
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654. - []:</small>		
<i>Зачет:</i>	0	20
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654. - []:</small>		
: 2		
<i>Практические занятия:</i>	15	30
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654. - []:</small>		
<i>РГЗ:</i>	15	30
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654. - []:</small>		
<i>Экзамен:</i>	0	40
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234654. - []:</small>		

6.2

6.2

.3	3.		+	+	+
	4.		+	+	+
.2	5.		+	+	+
	3.		+	+	+
.17	2.		+	+	+

.21	1.	+	+	+
-----	----	---	---	---

1

7.

1. Инженерные основы расчетов деталей машин : [учебник для вузов по направлениям "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" и др.] / Ю. Е. Гуревич [и др.]. - Москва, 2013. - 478 с.
 2. Гулиа Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - СПб., 2010. - 414, [1] с. : ил., схемы
 3. Бушуев В. В. Металлорежущие станки. В 2 т. Т. 1 : учебник / В. В. Бушуев. - М., 2011
 4. Бушуев В. В. Металлорежущие станки. В 2 т. Т. 2 : учебник / В. В. Бушуев. - М., 2011
 5. Присекин В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : [учебник] / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 237 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/prisekin.pdf>
 6. Шаманин А.Ю. Расчеты конструкций методом конечных элементов в ANSYS [Электронный ресурс]: методические рекомендации/ А.Ю. Шаманин— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2012.— 72 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47951.html>.— ЭБС «IPRbooks»
 7. Верхотуркин Е.Ю. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Геометрическое моделирование в САПР»/ Е.Ю. Верхотуркин, В.Н. Пашенко, В.Б. Пясецкий— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2013.— 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31411.html>.— ЭБС «IPRbooks»
 8. Мурашов М.В. Решение задач механики сплошной среды в программном комплексе ANSYS [Электронный ресурс]: методические указания/ М.В. Мурашов, С.Д. Панин— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009.— 40 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31538.html>.— ЭБС «IPRbooks»
-
1. Детали машин и основы конструирования : учебник для бакалавров / [Г. И. Роцин и др.] ; под ред. Г. И. Роцина, Е. А. Самойлова ; Моск. авиац. ин-т, Нац. исслед. ун-т. - Москва, 2012. - 415 с. : ил., табл.
 2. NX Advaced Simulation. Инженерный анализ / Гончаров П. С. [и др.]. - Москва, 2012. - 503 с. : цв. ил., табл. - На обл. авт.: Гончаров П. С., Артамонов И. А., Халитов Т. Ф..
 3. 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://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/tinn.rar>
 4. 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://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/ivlikov.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
 5. Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах / К. А. Басов. - М., 2002. - 223 с. : ил.

6. 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>
7. Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - М., 2003. - 269, [1] с. : ил.
8. Критерии прочности и надежность конструкций / В. Н. Аликин [и др.]. - М., 2005. - 163, [1] с., [8] л. ил. : ил.
9. Автоматизированный расчет станочных приводов : учебное пособие для ФАМ всех форм обучения / С. В. Птицын, В. В. Иванцовский, В. П. Титоренко и др. ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1996. - 97 с. : ил.
10. Черпаков Б. И. Технологическое оборудование машиностроительного производства : учебник / Б. И. Черпаков, Л. И. Вереина. - М., 2010. - 412, [1] с. : ил.
11. Металлорежущие станки : [учебник для машиностроит. вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" / В. Э. Пуш и др.] ; под ред. В. Э. Пуша. - М., 1986. - 575 с.
12. Глубокий В. И. Металлорежущие станки и промышленные роботы. Проектирование приводов станка : учебное пособие по специальности 0501 - "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты / В. И. Глубокий, А. И. Кочергин ; Белорус. политехн. ин-т. - Минск, 1987. - 118, [1] с. : ил., схемы
13. Металлорежущие станки : учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов - "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. Д. Ефремов [и др.] ; под общ. ред. П. И. Ящерицына. - М., 2005. - 553 с. : ил., схемы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8.

8.1

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. 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.
3. 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.

4. 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.
5. Скиба В. Ю. Информационные технологии в машиностроительном производстве [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=vtls000234654. - Загл. с экрана.
6. 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.
7. 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
8. 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
9. 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.
10. Атлас шпиндельных узлов металлорежущих станков : методическое руководство для 3-6 курсов машиностроительного факультета (специальность 0501) всех форм обучения / Новосиб. электротехн. ин-т ; [сост.: С. В. Птицын, Г. М. Лазуткина]. - Новосибирск, 1985. - 37 с. : ил.

8.2

- 1 Ansys Academic Research
- 2 APM WinMachine
- 3 Компас 3D
- 4 SolidWorks
- 5 SolidEdge
- 6 NX
- 7 TableCurve 2D
- 8 TableCurve 3D

9.

1	6	,
2	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 В.В. Янпольский
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Информационные технологии в машиностроительном производстве

Образовательная программа: 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, магистерская программа: Проектирование технологических машин

1. **Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины**

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине *Информационные технологии в машиностроительном производстве* 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)
ОК.3 готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	у3. уметь использовать при решении поставленных задач программные пакеты для ЭВМ	Анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов Модальный анализ Обработка результатов моделирования 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. Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки Расчет передаточных механизмов станочных приводов Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Тепловой анализ	РГЗ	Зачет, Экзамен
ОК.3	у4. уметь применять САПР, инструментальные системы, языки программирования при решении инженерных и научных задач	Анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов Модальный анализ Обработка результатов моделирования 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. Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки Расчет передаточных механизмов станочных приводов Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Тепловой анализ	РГЗ	Зачет, Экзамен

ОПК.2 способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	35. знание пакетов прикладных программ и компьютерной графики	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. Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки	РГЗ	Зачет, Экзамен
ОПК.2	у3. уметь использовать пакеты прикладных программ и компьютерной графики, при решении инженерных и исследовательских задач	Анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов Модальный анализ Обработка результатов моделирования 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. Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки Расчет передаточных механизмов станочных приводов Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Тепловой анализ	РГЗ	Зачет, Экзамен
ПК.17/НИ способность использовать научные результаты и известные научные методы и способы для решения новых научных и технических проблем, проблемно-ориентированные методы анализа, синтеза и оптимизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств, разрабатывать их алгоритмическое и программное обеспечение	у2. уметь применять методы компьютерного моделирования машиностроительных производств, математические и кинематические модели	Анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов Модальный анализ Обработка результатов моделирования 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. Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки Расчет передаточных механизмов станочных приводов Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Тепловой анализ	РГЗ	Зачет, Экзамен

ПК.21/НП способность проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий, включая лабораторные и практические, применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения, обеспечивать научно- исследовательскую работу обучающихся	у1. навыками использования при решении задач САПР, инструментальных систем, языков программирования, систем управления и контроля, систем сбора и обработки данных	Анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов Модальный анализ Обработка результатов моделирования 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. Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки Расчет передаточных механизмов станочных приводов Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов.	РГЗ	Зачет, Экзамен
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----	----------------

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 1 семестре - в форме зачета, в 2 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОК.3, ОПК.2, ПК.17/НИ, ПК.21/НП.

Зачет (1 семестр) 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.

Экзамен (2 семестр) проводится в устной и письменной форме, по билетам. На экзамене студенту выдается билет, содержащий два вопроса. Распределение дидактических единиц по проверяемым компетенциям указано в таблице «Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины». Требования к допуску студентов к сдаче экзамена, состав билета и критерии оценки на экзамене приведены в паспорте экзамена. Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 1 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

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

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОК.3, ОПК.2, ПК.17/НИ, ПК.21/НП, 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 «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 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 «Информационные технологии в машиностроительном
производстве»

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 самостоятельное изучение теоретического материала + оценка за выполнение и защиту РГЗ) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче зачета студент имеет возможность получить оценку не выше E ("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 «Информационные технологии в машиностроительном производстве»

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 прямобоочного 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:
 - 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 самостоятельной работы
по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве»,
1 семестр

1. Методика оценки

Для защиты комплекта заданий на самостоятельное изучение студенту требуется выполнить следующий типовой набор работ: Самостоятельная 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»; Самостоятельная работа № 2: «Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов»; Самостоятельная работа № 3: «Расчет передаточных механизмов станочных приводов»; Самостоятельная работа № 4: «Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия». Распределение заданий самостоятельных занятий по проверяемым компетенциям указано в таблице «Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины».

Выставление оценок за самостоятельные работы осуществляется на основе выполнения и защиты одного типового задания (см. выше). Защита самостоятельной работы в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 5-6 баллов; "хорошо" – 7-8 балла; "отлично" – 9-10 баллов. Максимальное количество баллов, которые можно заработать за выполнение и защиту практических работ составляет 40 баллов.

2. Критерии оценки

Работа считается не выполненной, если студент не освоил практический и теоретический материалы; оценка составляет менее 5 баллов.

*Работа считается выполненной на **пороговом уровне***, если студент освоил практический материал, но не смог обобщить теоретический материал; оценка составляет 5-6 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 7-8 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 9-10 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 САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА** + оценка за выполнение и защиту РГЗ) 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 первой неделе очных занятий каждому студенту 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. Задачей 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

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 $\bar{N}/N_{ном}$	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.

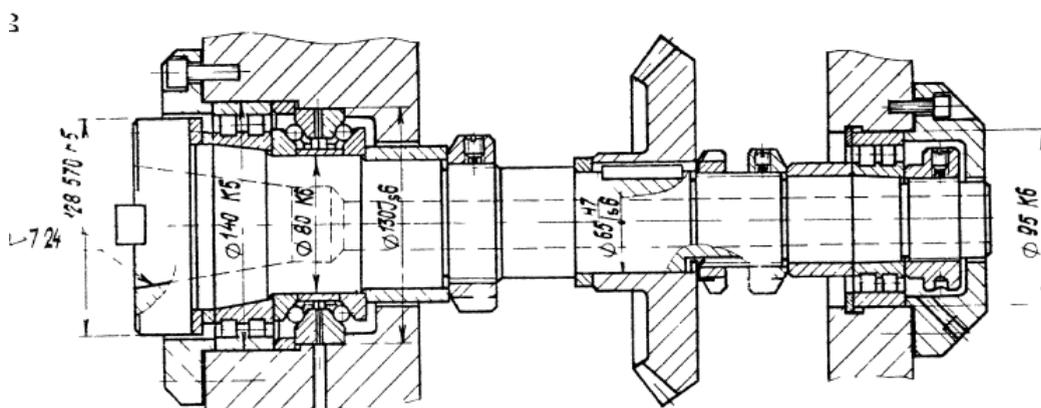


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

Самостоятельная 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»

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.

Самостоятельная работа № 2: «Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов»

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.

Самостоятельная работа № 3: «Расчет передаточных механизмов станочных приводов»

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.

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

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).

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 1 семестр

1. Методика оценки

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.

Выставление оценок за РГЗ осуществляется на основе выполнения и защиты одного типового задания. Защита расчетно-графического задания в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 20...26 баллов; "хорошо" – 27...33 баллов; "отлично" – 34...40 баллов.

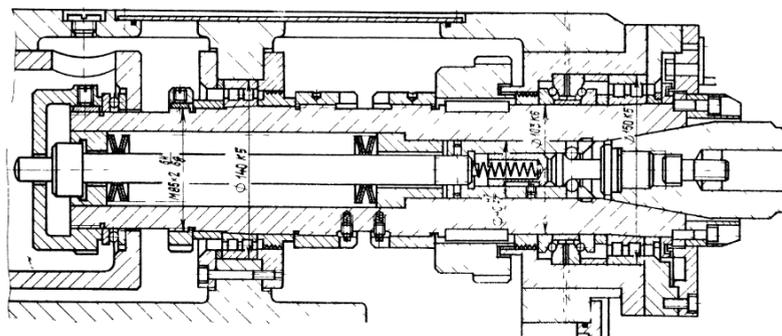


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

2. Критерии оценки

Работа считается не выполненной, если студент не освоил теоретический материал и не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет менее 18 баллов.

Работа считается выполненной на пороговом уровне, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 18...20 баллов.

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 своей точки зрения в отношении рациональности принятых режимных параметров сварки, оценка составляет 21...22 баллов

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, привёл достаточно чёткую аргументацию своей точки зрения по всем разделам, оценка составляет 23...24 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) 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 самостоятельное изучение теоретического материала + **ОЦЕНКА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТУ РГЗ**) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При передаче 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. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Рекомендуемая структура и пример выполненного расчетно-графического задания

1. Исходные данные:

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 $\bar{N}/N_{\text{ном}}$	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.

Задание:

1. Построить 3D модели трех различных шпинделей в графическом редакторе;
2. Построить их расчетные модели;
3. Определить запас прочности каждого шпинделя;
4. Определить полную деформацию каждого шпинделя;
5. Произвести выборку оптимального варианта конструкции шпинделя.

2. Основная часть работы:

Проведение математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструктивных элементов привода технологического оборудования с использованием сертифицированных комплексов APM WinMachine и ANSYS. Представление результатов расчета НДС материала при действии технологической нагрузки.

3. Выводы.

4. Список использованной литературы

Для выполнения задания студенты имеют доступ к современному компьютерному оборудованию, на котором установлены программные конечно-элементные комплексы APM WinMachine и ANSYS. Контроль выполнения РГЗ проводится в семестре на каждом практическом занятии.

Пример выполненной работы:

Исходные данные

Материалы [3]:

1. Сталь 40Х, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³;
2. Сталь 45, $\sigma_{0,2} = 275$ МПа, $\rho = 7826$ кг/м³;
3. Сталь 38ХА, $\sigma_{0,2} = 490$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³;

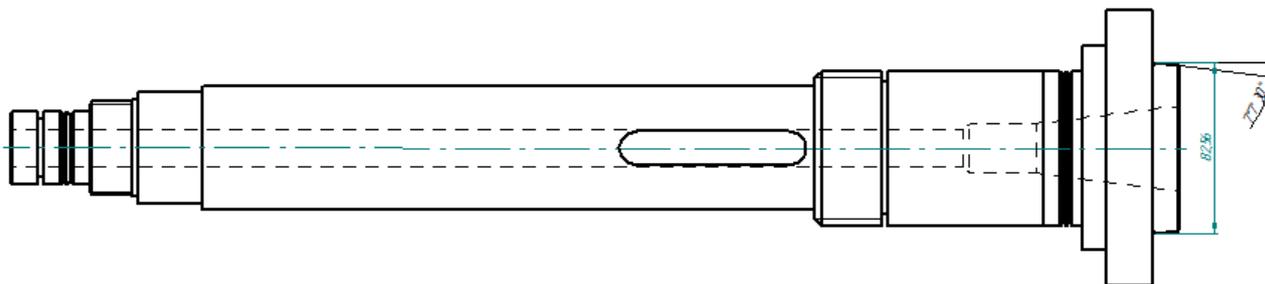


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

Таблица 1

Исходные данные для расчета сил резания

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:

$$V_p = \frac{C_v}{T m t^{x_s} s^y} K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,98 = 142,57 \text{ м/мин.}$$

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:

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

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

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

Также, воспользуемся расчетами, выполненными в *APM Win Machine* ранее (см. рисунок 2).

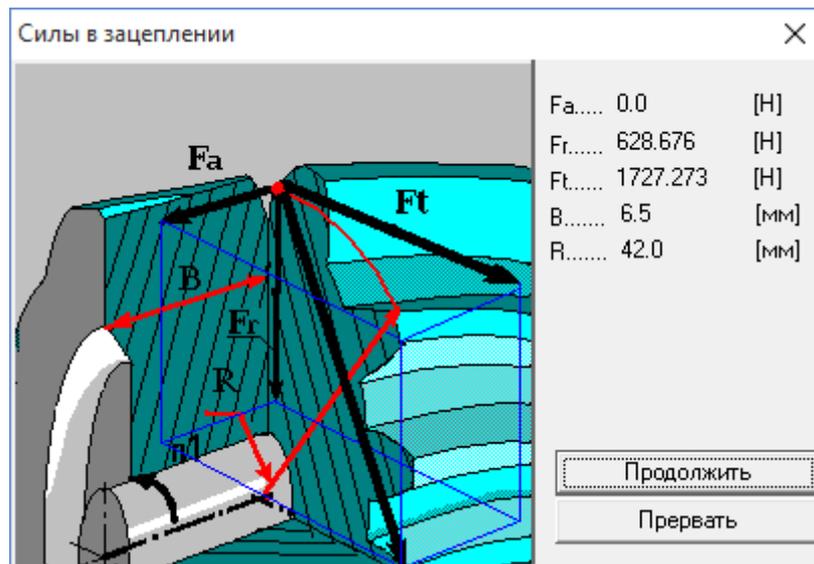


Рисунок 2 – Силы в зацеплении

2 Определение коэффициента запаса прочности и полной деформации

1 шпindelь (Сталь 40X, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³)

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).

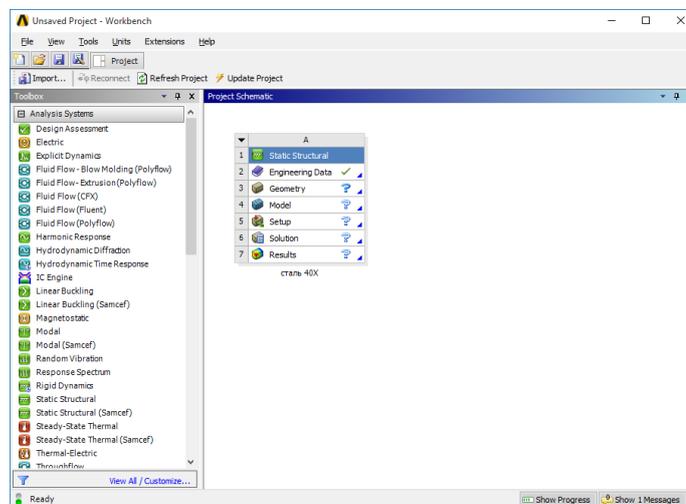


Рисунок 3 – Модуль Static Structural

Начинаем с подраздела «*Engineering Data*»

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

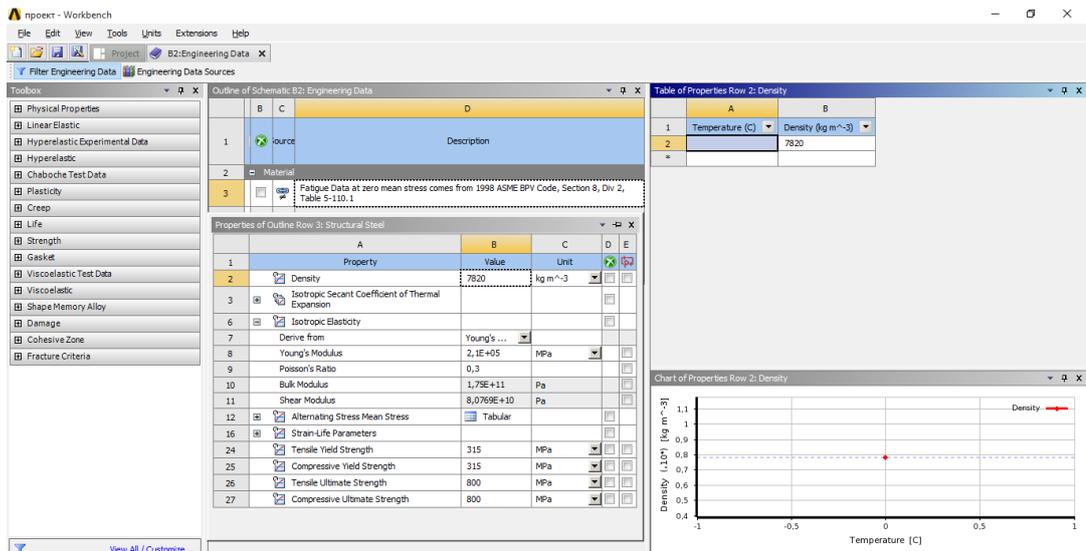


Рисунок 4 – Характеристики материала

Далее, с помощью *DistguModeler* импортируем модель шпинделя в комплекс *Ansys* (см. рисунок 5).

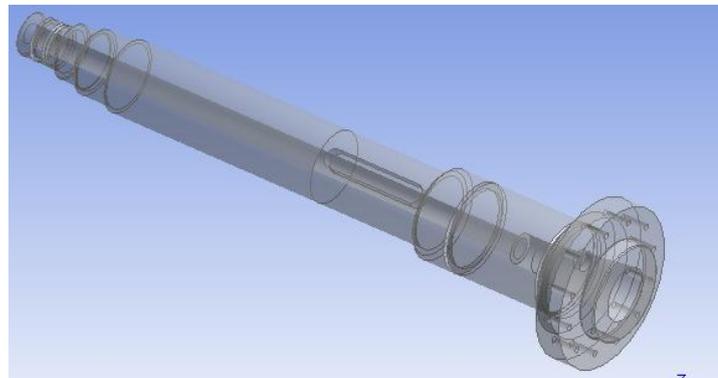


Рисунок 5 – 3D модель шпинделя

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).

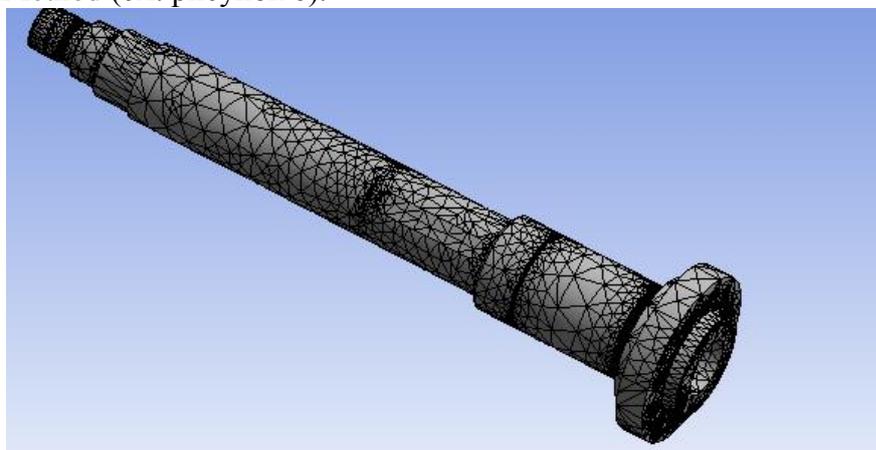


Рисунок 6 – Конечно-элементная сетка

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).

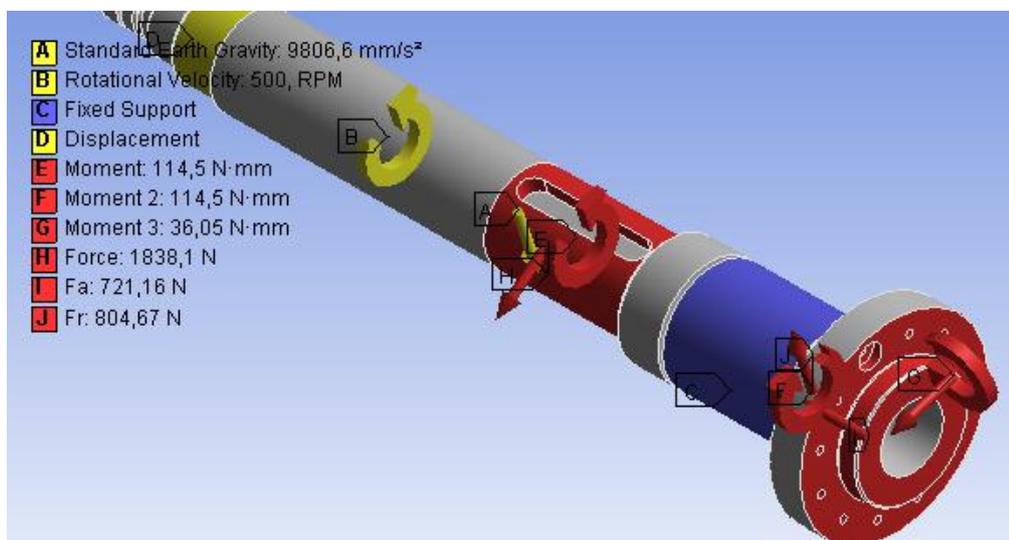


Рисунок 7 – Простановка сил и моментов, действующих на шпиндель

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).

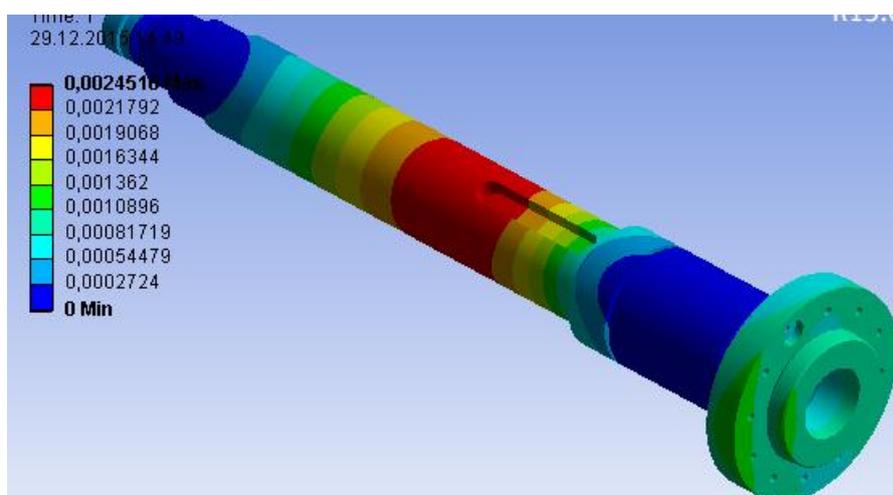


Рисунок 8 – Общие деформации шпинделя

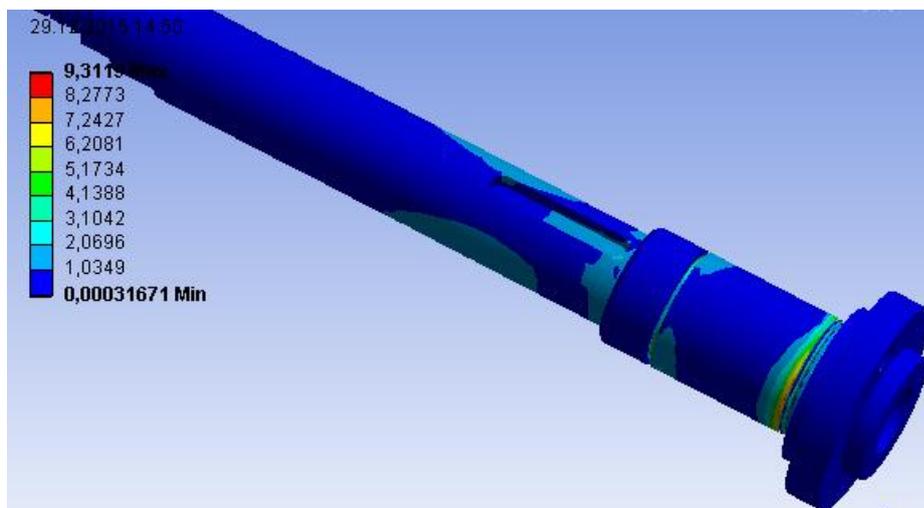


Рисунок 9 – Эквивалентные деформации шпинделя

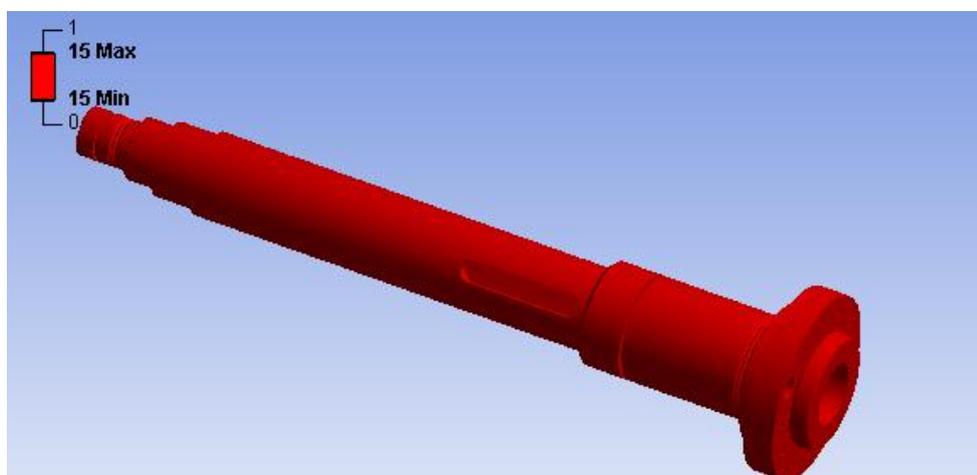


Рисунок 10 – Запас прочности шпинделя

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

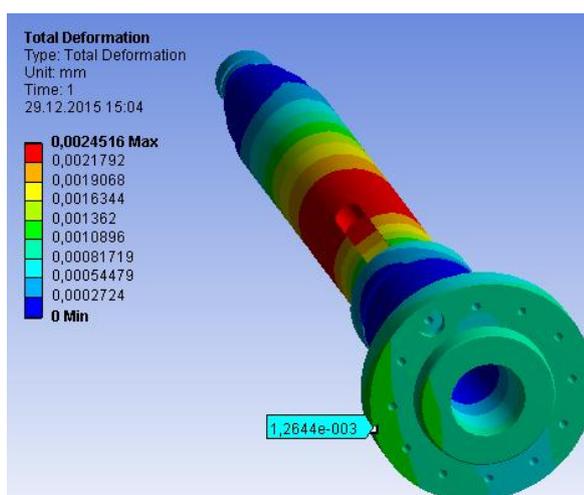


Рисунок 11 – Измерение максимального отклонения

В результате, для 1 шпинделя (Сталь 40Х, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³) имеем:

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0012644 мм.

1 шпindel (Сталь 45, $\sigma_{0,2} = 275$ МПа, $\rho = 7826$ кг/м³), (рисунок 12).

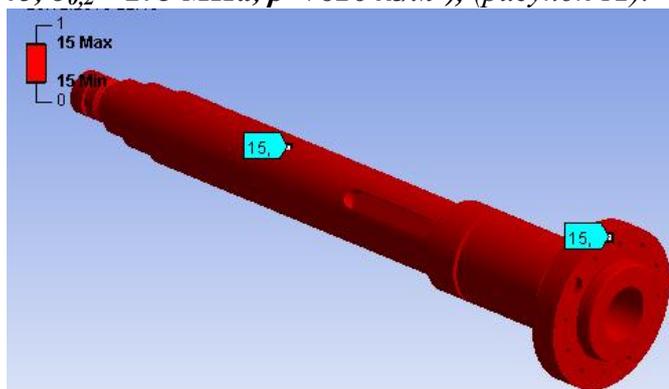


Рисунок 12 – Запас прочности шпинделя

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0013204 мм.

1 шпindel (Сталь 38ХА, $\sigma_{0,2} = 490$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³), (рисунок 13).

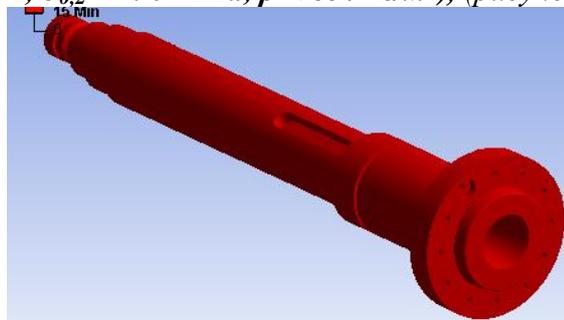


Рисунок 13 – Запас прочности шпинделя

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0013517 мм.

Для остальных шпинделей проводим аналогичные действия. В результате расчетов производим оценку коэффициента запаса прочности и отклонения переднего конца шпинделя.

Для удобства восприятия, сведем все полученные данные в таблицу.

Таблица 2

Результаты расчета

		Шпindel 1 (Ø 82,56)	Шпindel 2 (Ø 72,65)	Шпindel 3 (Ø 92,47)
Сталь 40Х	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0012644	0,0012217	0,0012338
Сталь 45	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0013204	0,0012217	0,0012977
Сталь 38ХА	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0013517	0,0012966	0,0013243

3 Определение оптимального варианта

Произведя все необходимые расчеты, воспользуемся программным продуктом *Table Curve 3D* для построения графика получившихся значений и зависимостей.

Полученные при расчете данные вносим в таблицу (см. рисунок 14).

XYZ#	Ex	X	Y	Z	Weights
1	<input type="checkbox"/>	315	72.65	0.0012217	1
2	<input type="checkbox"/>	315	82.56	0.0012644	1
3	<input type="checkbox"/>	315	92.47	0.0012338	1
4	<input type="checkbox"/>	275	72.65	0.0012217	1
5	<input type="checkbox"/>	275	82.56	0.0013204	1
6	<input type="checkbox"/>	275	92.47	0.0012977	1
7	<input type="checkbox"/>	490	72.65	0.0012966	1
8	<input type="checkbox"/>	490	82.56	0.0013517	1
9	<input type="checkbox"/>	490	92.47	0.0013243	1
10	<input type="checkbox"/>				

Рисунок 14 – Ввод данных

Коэффициент X ($\sigma_{0,2}$) – предел текучести стали;

Коэффициент Y (D) – диаметры переднего конца шпинделя;

Коэффициент Z (δ) – отклонение переднего конца шпинделя.

Далее, получаем график (см. рисунок 15) и зависимость.

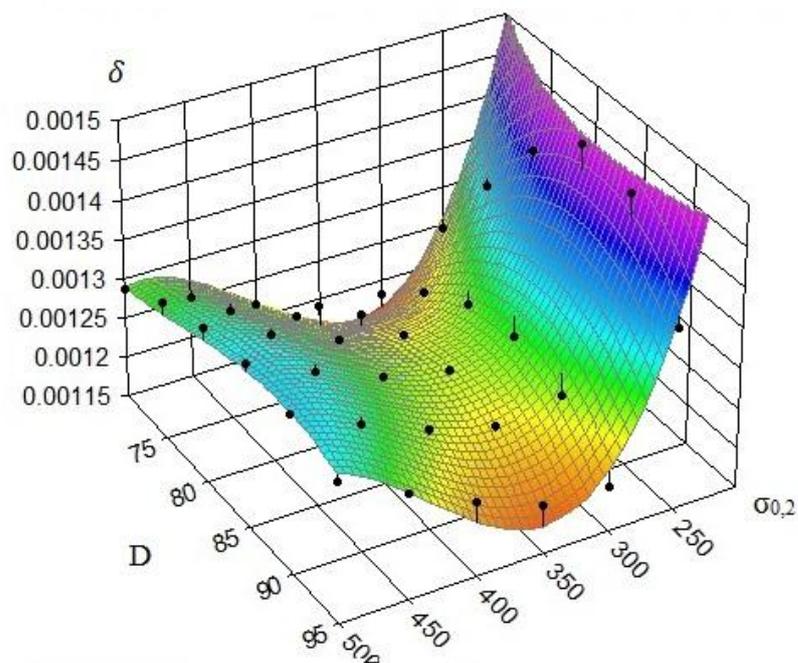


Рисунок 15 – Графическое отображение результатов

$$\delta = 0.017 + 1.63 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{0,2} + 6.068 \cdot 10^{-5} \cdot D + 5.797 \cdot 10^{-8} \cdot \sigma_{0,2}^2 + 1.219 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 - 6.149 \cdot 10^{-7} \cdot \sigma_{0,2} \cdot D - 5.964 \cdot 10^{-11} \cdot \sigma_{0,2}^3 - 1.102 \cdot 10^{-8} \cdot D^3 + 2.689 \cdot \sigma_{0,2} \cdot D^2 + 2.089 \cdot 10^{-10} \cdot \sigma_{0,2}^2 \cdot D$$

После этого необходимо произвести анализ и оценку для того, чтобы выбрать наиболее выгодный вариант с экономической точки зрения и обеспечения точности (см. рисунок 16).

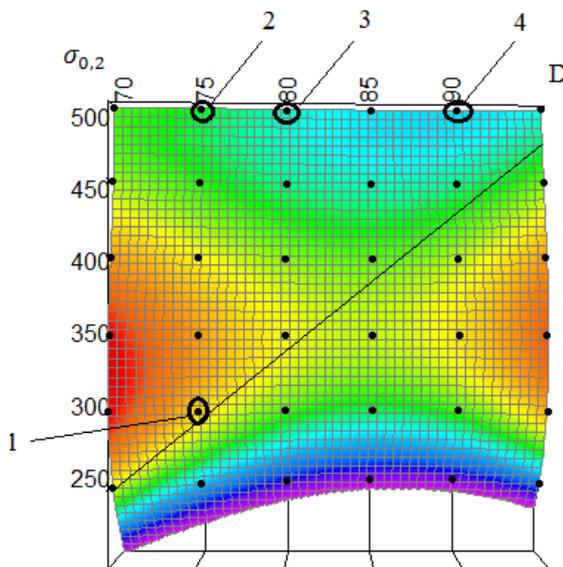


Рисунок 16 – Анализ результатов

На данном графике область, находящаяся слева до линии, соответствует допустимому отклонению переднего конца шпинделя.

Точки, указывающие наиболее благоприятные сочетания физико-механических характеристик и типоразмеров шпинделя:

- 1. 40X (27,9 руб/кг) – D = 72 мм;
- 2. 38XA (97 руб/кг) – D = 72 мм;
- 3. 38XA (97 руб/кг) – D = 82 мм;
- 4. 38XA (97 руб/кг) – D = 92 мм.

Из графика видно, что необходимым условиям деформации отвечают шпиндели, изготовленные из стали 38XA, а также шпиндель D = 72 мм из стали 40X.

Можно сделать вывод, что наиболее оптимальным вариантом является шпиндель из стали 40X (точка 1), так как данный материал имеет самую низкую стоимость.

Вывод

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

Расчеты показали, что все шпиндели проходят по запасу прочности. Также построили график, исходя из полученных отклонений шпинделя, диаметров и физико-механических свойств материалов, используя программный продукт Table Curve 3D.

Произведя анализ графика, определили, что наиболее выгодным шпинделем по экономической, прочностной и точностной характеристике является шпиндель из стали 40X, с D = 72 мм, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³.

Список литературы

1. Басов К. А. ANSYS для конструкторов. [Электронный ресурс] / Басов К. А. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>– Загл. с экрана.

2. Арестова, О. Н. АРМ WinMachine[Электронный ресурс] / О. Н. Арестова – Режим доступа:
http://apm.ru/produkti/programmnie_kompleksi/sistema_rascheta_proektirovaniya_obektov_mas_hinostroeniya/– Загл. с экрана.

Объем пояснительной записки 20-25 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 – 210 x 297 мм. На титульном листе должны быть указаны дисциплина, номер и наименование темы РГЗ, фамилия, имя и группа студента. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному на рисунке 1. Основные составляющие РГЗ: содержание, введение, основная часть, заключение, список использованной литературы. Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 1,5 см, внизу – 2,0 см, справа – 3,0 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки должны быть сделаны в векторном графическом редакторе (Компас, AutoCAD, CorelDraw, и т.п.) и могут быть расположены на отдельной странице. Подрисуночная подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. Список использованной литературы оформляется по ГОСТ.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 1
семестр

1. Методика оценки

Студент допускается к сдаче экзамена при условии, что он выполнил и защитил все практические работы и расчетно-графическое задание, и набрал не менее 30 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 экзамене осуществляется на основе выполнения и защиты двух вопросов. Оценивание ответа на вопросы осуществляется в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 10-13 балл; "хорошо" – 14-17 баллов; "отлично" – 18-20 баллов. Всего за два вопроса студент может получить максимум 40 баллов.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет МТФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном
производстве»

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 20 баллов.

*Защита считается состоявшейся на **пороговом уровне***, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 20-26 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 27-34 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 35-40 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 экзамена студент не набирает 20 баллов или с учетом сдачи экзамена его суммарный рейтинг (**ОЦЕНКА НА ЭКЗАМЕНЕ** + оценка за выполнение практических работ + оценка за выполнение и защиту РГЗ) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче экзамена студент имеет возможность получить оценку не выше E ("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 экзаменационные баллы 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 «Информационные технологии в машиностроительном производстве»

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:
 - 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 «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 2 семестр

1. Методика оценки

Для защиты пяти практических работ студентам предлагается выполнить следующий типовой набор заданий: Практическая работа № 1: «Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов»; Практическая работа № 2: «Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки»; Практические работы № 3: «Тепловой анализ»; Практическая работа № 4: «Модальный анализ»; Практическая работа № 5: «Обработка результатов моделирования». 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" – 3-3,9 балл; "хорошо" – 4-4,9 балла; "отлично" – 5-6 баллов. Максимальное количество баллов, которые можно заработать за выполнение и защиту практических работ составляет 30 баллов.

2. Критерии оценки

Работа считается не выполненной, если студент не освоил практический и теоретический материалы; оценка составляет менее 3 баллов.

Работа считается выполненной на пороговом уровне, если студент освоил практический материал, но не смог обобщить теоретический материал; оценка составляет 3-3,9 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 4-4,9 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 5-6 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 экзамена студент не набирает 20 баллов или с учетом сдачи экзамена его суммарный рейтинг (оценка на экзамене + **ОЦЕНКА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ** + оценка за выполнение и защиту РГЗ) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче экзамена студент имеет возможность получить оценку не выше E ("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. Задачей 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

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 $\bar{N}/N_{ном}$	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.

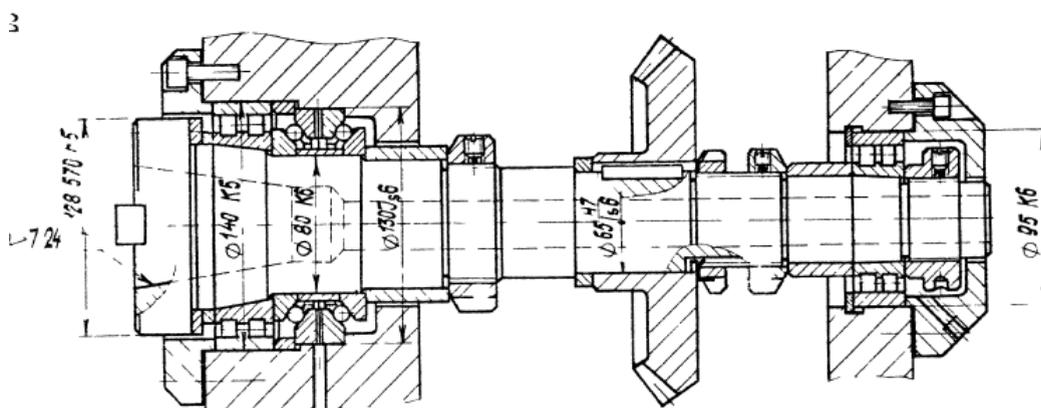


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

Практическая работа № 1: «Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов»

Задание:

Студенты выполняют групповые задания по построению проектов в программном комплексе ANSYS. Студенты выполняют групповые задания по построению проектов для выполнения статистического анализа напряженного состояния материала: 1) разработка математической модели (препроцессинг), построение 3D модели объекта и импорт 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 № 2: «Преппроцессинг и генерация конечно-элементной сетки»

Задание:

Занимаются подготовкой модели к расчету: транслирование в препроцессор геометрической модели рассчитываемого объекта (работа в DesignModeler); задание контактных поверхностей; генерация конечно-элементной сетки (Meshing).

Практические работы № 3: «Тепловой анализ»

Задание:

Студенты занимаются стационарным тепловым анализом.

Практическая работа № 4: «Модальный анализ»

Задание:

Анализ свободных механических колебаний.

Практическая работа № 5: «Обработка результатов моделирования»

Задание:

Статистическая обработка результатов моделирования в программных комплексах TableCurve 2D и TableCurve 3D.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 2 семестр

1. Методика оценки

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.

Выставление оценок за РГЗ осуществляется на основе выполнения и защиты одного типового задания. Защита расчетно-графического задания в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 15...20 баллов; "хорошо" – 21...25 баллов; "отлично" – 26...30 баллов.

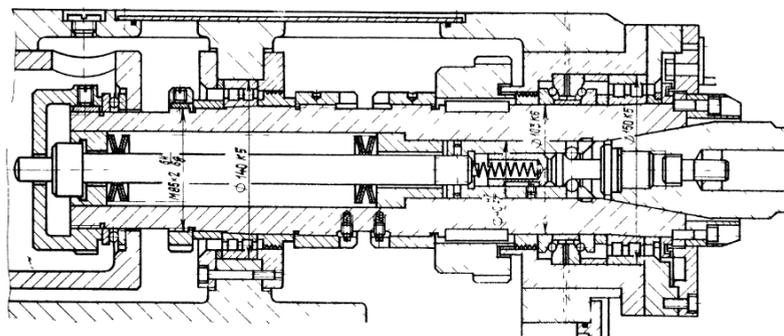


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

2. Критерии оценки

Работа считается не выполненной, если студент не освоил теоретический материал и не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет менее 15 баллов.

Работа считается выполненной на пороговом уровне, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 15...20 баллов.

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 своей точки зрения в отношении рациональности принятых режимных параметров сварки, оценка составляет 21...25 баллов

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, привёл достаточно чёткую аргументацию своей точки зрения по всем разделам, оценка составляет 26...30 баллов.

3. Шкала оценки

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

Если в результате сдачи экзамена студент не набирает 20 баллов или с учетом сдачи экзамена его суммарный рейтинг (оценка на экзамене + оценка за выполнение практических работ + **ОЦЕНКА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТУ РГЗ**) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче экзамена 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. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Рекомендуемая структура и пример выполненного расчетно-графического задания

1. Исходные данные:

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 $\bar{N}/N_{\text{ном}}$	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.

Задание:

1. Построить 3D модели трех различных шпинделей в графическом редакторе;
2. Построить их расчетные модели;
3. Определить запас прочности каждого шпинделя;
4. Определить полную деформацию каждого шпинделя;
5. Произвести выборку оптимального варианта конструкции шпинделя.

2. Основная часть работы:

Проведение математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструктивных элементов привода технологического оборудования с использованием сертифицированных комплексов APM WinMachine и ANSYS. Представление результатов расчета НДС материала при действии технологической нагрузки.

3. Выводы.

4. Список использованной литературы

Для выполнения задания студенты имеют доступ к современному компьютерному оборудованию, на котором установлены программные конечно-элементные комплексы APM WinMachine и ANSYS. Контроль выполнения РГЗ проводится в семестре на каждом практическом занятии.

Пример выполненной работы:

Исходные данные

Материалы [3]:

1. Сталь 40Х, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³;
2. Сталь 45, $\sigma_{0,2} = 275$ МПа, $\rho = 7826$ кг/м³;
3. Сталь 38ХА, $\sigma_{0,2} = 490$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³;

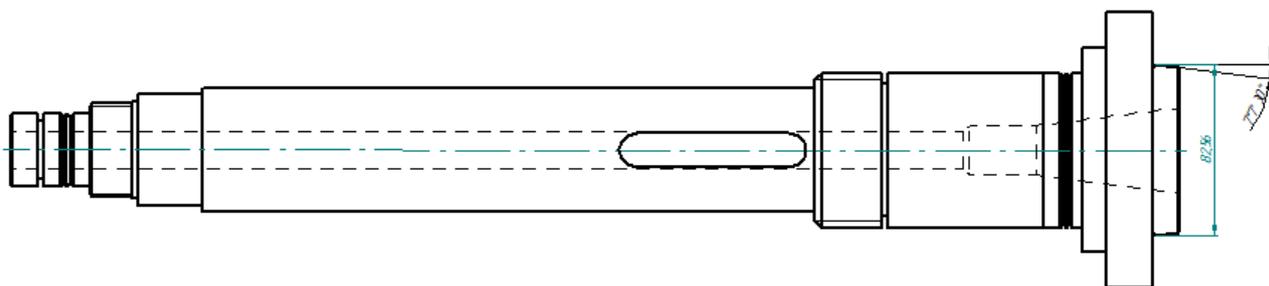


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

Таблица 1

Исходные данные для расчета сил резания

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:

$$V_p = \frac{C_v}{Tm t^x s^y} K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,98 = 142,57 \text{ м/мин.}$$

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:

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

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

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

Также, воспользуемся расчетами, выполненными в *APM Win Machine* ранее (см. рисунок 2).

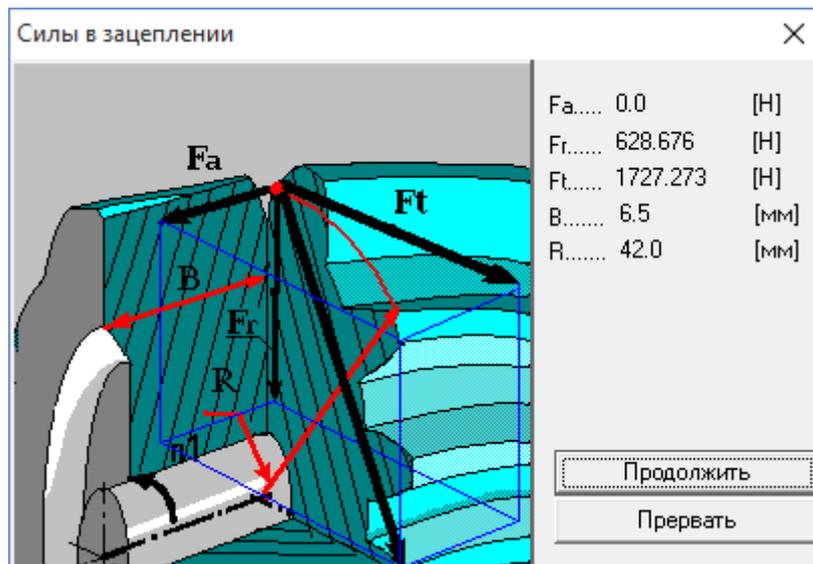


Рисунок 2 – Силы в зацеплении

2 Определение коэффициента запаса прочности и полной деформации

1 шпindelь (Сталь 40X, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³)

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).

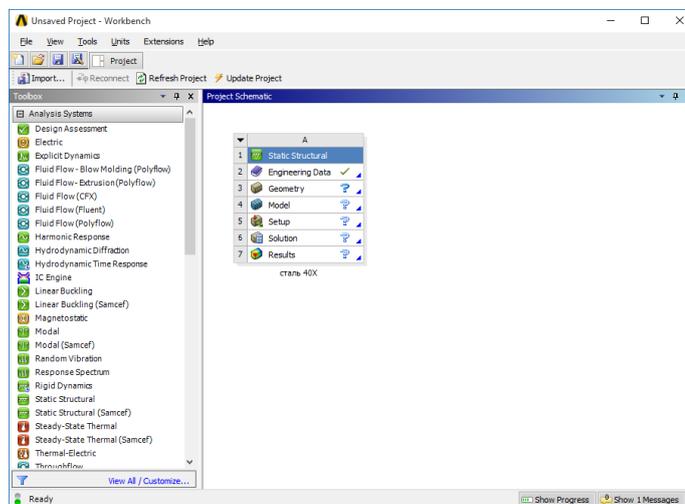


Рисунок 3 – Модуль Static Structural

Начинаем с подраздела «*Engineering Data*»

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

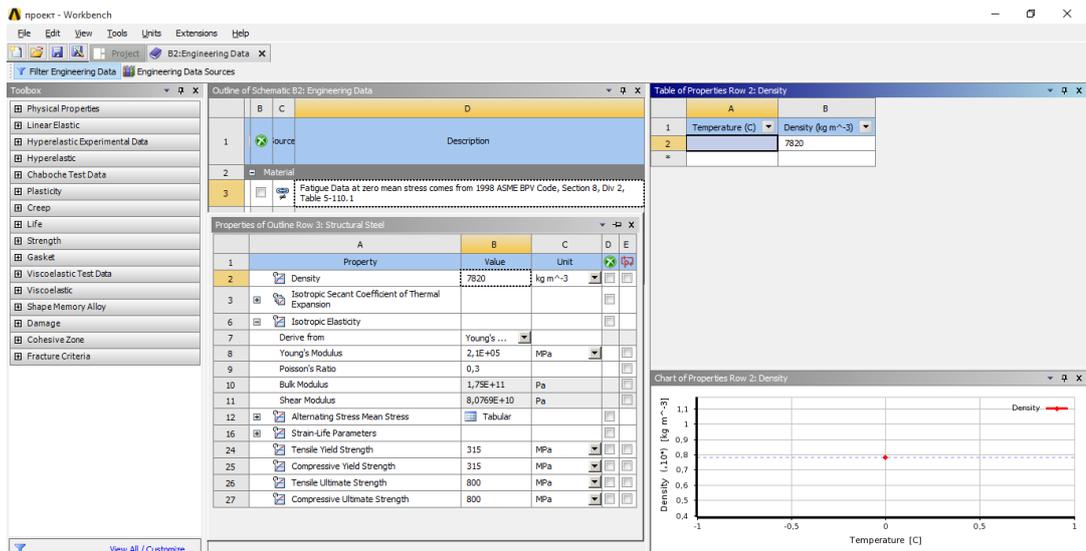


Рисунок 4 – Характеристики материала

Далее, с помощью *DistguModeler* импортируем модель шпинделя в комплекс *Ansys* (см. рисунок 5).

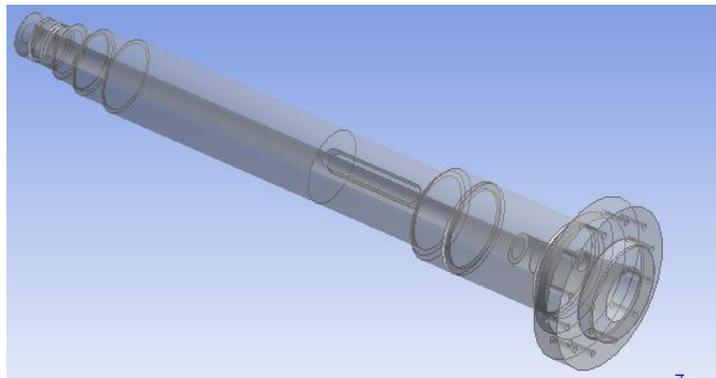


Рисунок 5 – 3D модель шпинделя

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).

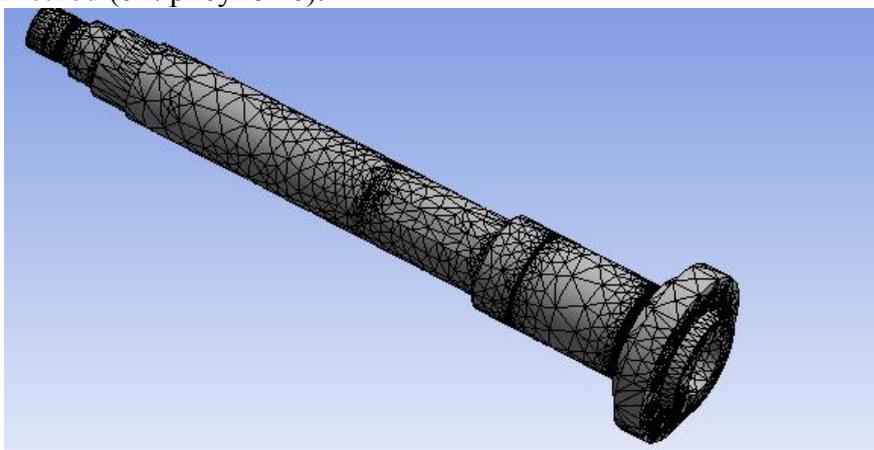


Рисунок 6 – Конечно-элементная сетка

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).

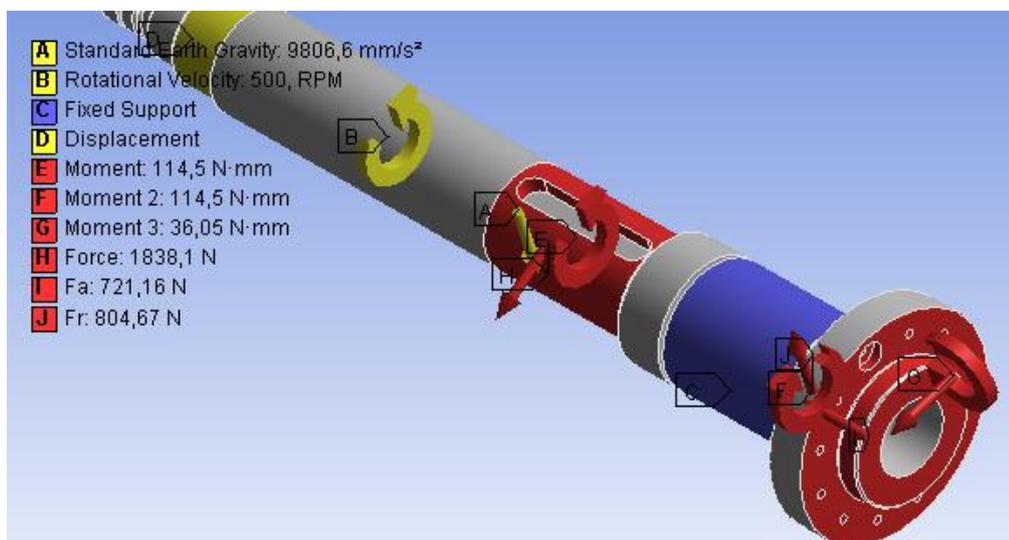


Рисунок 7 – Простановка сил и моментов, действующих на шпиндель

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).

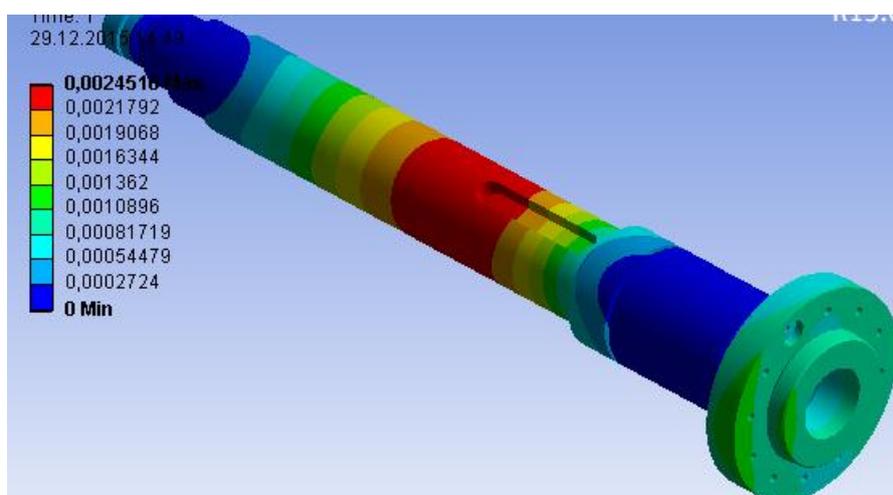


Рисунок 8 – Общие деформации шпинделя

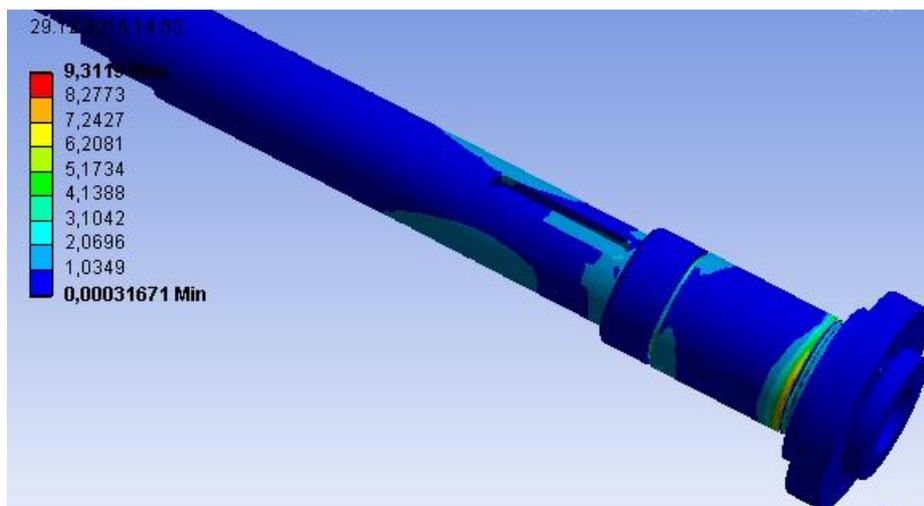


Рисунок 9 – Эквивалентные деформации шпинделя

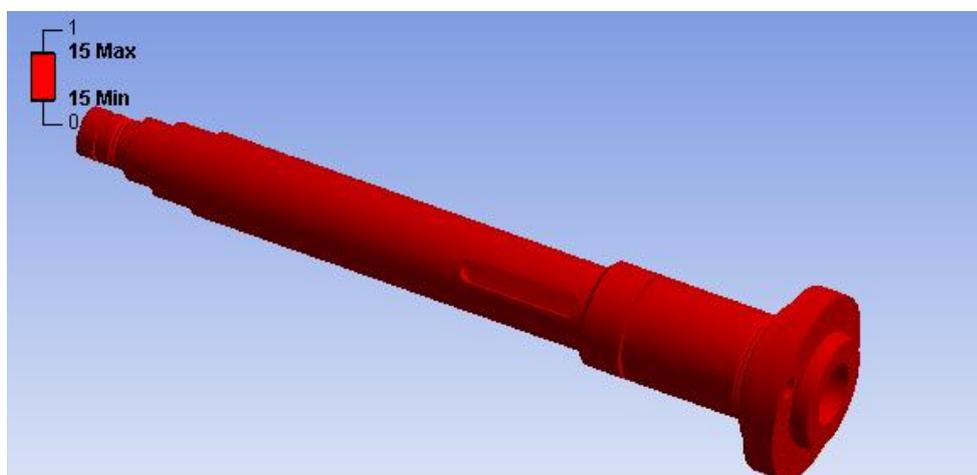


Рисунок 10 – Запас прочности шпинделя

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

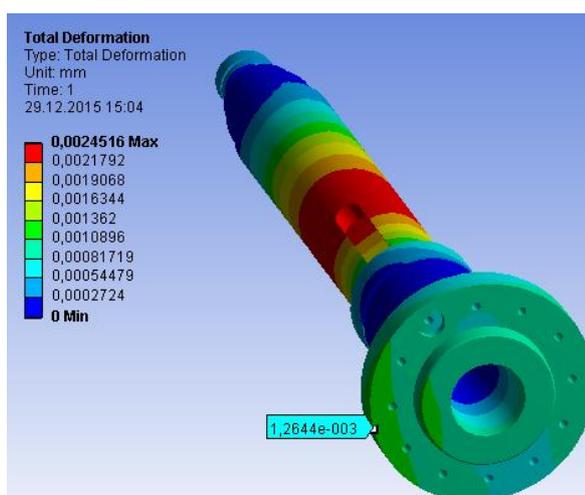


Рисунок 11 – Измерение максимального отклонения

В результате, для 1 шпинделя (Сталь 40Х, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³) имеем:

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0012644 мм.

1 шпindel (Сталь 45, $\sigma_{0,2} = 275 \text{ МПа}$, $\rho = 7826 \text{ кг/м}^3$), (рисунок 12).

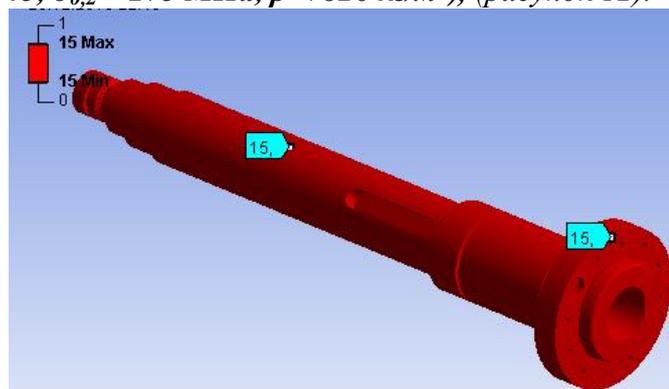


Рисунок 12 – Запас прочности шпинделя

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0013204 мм.

1 шпindel (Сталь 38ХА, $\sigma_{0,2} = 490 \text{ МПа}$, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$), (рисунок 13).

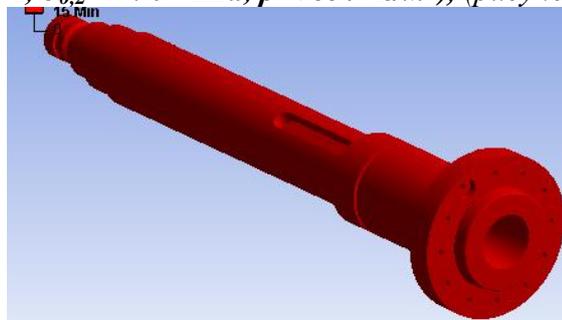


Рисунок 13 – Запас прочности шпинделя

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0013517 мм.

Для остальных шпинделей проводим аналогичные действия. В результате расчетов производим оценку коэффициента запаса прочности и отклонения переднего конца шпинделя.

Для удобства восприятия, сведем все полученные данные в таблицу.

Таблица 2

Результаты расчета

		Шпindel 1 ($\varnothing 82,56$)	Шпindel 2 ($\varnothing 72,65$)	Шпindel 3 ($\varnothing 92,47$)
Сталь 40Х	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0012644	0,0012217	0,0012338
Сталь 45	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0013204	0,0012217	0,0012977
Сталь 38ХА	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0013517	0,0012966	0,0013243

3 Определение оптимального варианта

Произведя все необходимые расчеты, воспользуемся программным продуктом *Table Curve 3D* для построения графика получившихся значений и зависимостей.

Полученные при расчете данные вносим в таблицу (см. рисунок 14).

XYZ#	Ex	X	Y	Z	Weights
1	<input type="checkbox"/>	315	72.65	0.0012217	1
2	<input type="checkbox"/>	315	82.56	0.0012644	1
3	<input type="checkbox"/>	315	92.47	0.0012338	1
4	<input type="checkbox"/>	275	72.65	0.0012217	1
5	<input type="checkbox"/>	275	82.56	0.0013204	1
6	<input type="checkbox"/>	275	92.47	0.0012977	1
7	<input type="checkbox"/>	490	72.65	0.0012966	1
8	<input type="checkbox"/>	490	82.56	0.0013517	1
9	<input type="checkbox"/>	490	92.47	0.0013243	1
10	<input type="checkbox"/>				

Рисунок 14 – Ввод данных

Коэффициент X ($\sigma_{0,2}$) – предел текучести стали;

Коэффициент Y (D) – диаметры переднего конца шпинделя;

Коэффициент Z (δ) – отклонение переднего конца шпинделя.

Далее, получаем график (см. рисунок 15) и зависимость.

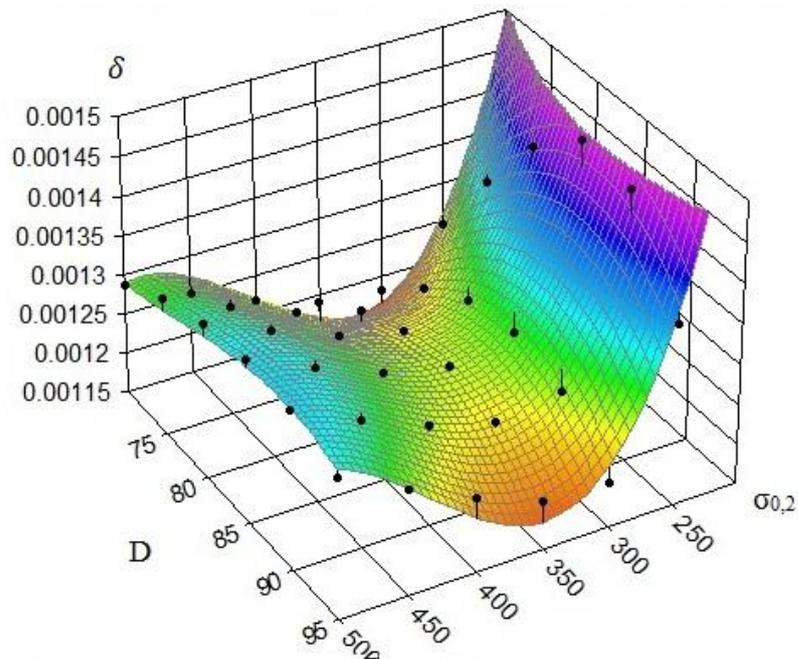


Рисунок 15 – Графическое отображение результатов

$$\delta = 0.017 + 1.63 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{0,2} + 6.068 \cdot 10^{-5} \cdot D + 5.797 \cdot 10^{-8} \cdot \sigma_{0,2}^2 + 1.219 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 - 6.149 \cdot 10^{-7} \cdot \sigma_{0,2} \cdot D - 5.964 \cdot 10^{-11} \cdot \sigma_{0,2}^3 - 1.102 \cdot 10^{-8} \cdot D^3 + 2.689 \cdot \sigma_{0,2} \cdot D^2 + 2.089 \cdot 10^{-10} \cdot \sigma_{0,2}^2 \cdot D$$

После этого необходимо произвести анализ и оценку для того, чтобы выбрать наиболее выгодный вариант с экономической точки зрения и обеспечения точности (см. рисунок 16).

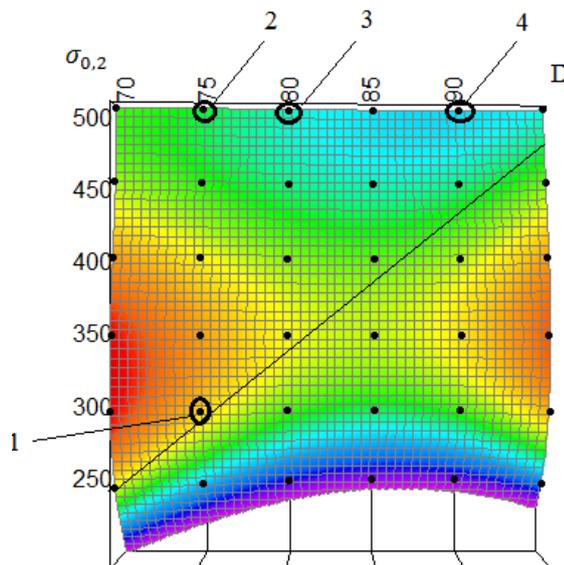


Рисунок 16 – Анализ результатов

На данном графике область, находящаяся слева до линии, соответствует допустимому отклонению переднего конца шпинделя.

Точки, указывающие наиболее благоприятные сочетания физико-механических характеристик и типоразмеров шпинделя:

- 1. 40X (27,9 руб/кг) – D = 72 мм;
- 2. 38XA (97 руб/кг) – D = 72 мм;
- 3. 38XA (97 руб/кг) – D = 82 мм;
- 4. 38XA (97 руб/кг) – D = 92 мм.

Из графика видно, что необходимым условиям деформации отвечают шпиндели, изготовленные из стали 38XA, а также шпиндель D = 72 мм из стали 40X.

Можно сделать вывод, что наиболее оптимальным вариантом является шпиндель из стали 40X (точка 1), так как данный материал имеет самую низкую стоимость.

Вывод

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

Расчеты показали, что все шпиндели проходят по запасу прочности. Также построили график, исходя из полученных отклонений шпинделя, диаметров и физико-механических свойств материалов, используя программный продукт Table Curve 3D.

Произведя анализ графика, определили, что наиболее выгодным шпинделем по экономической, прочностной и точностной характеристике является шпиндель из стали 40X, с D = 72 мм, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³.

Список литературы

1. Басов К. А. ANSYS для конструкторов. [Электронный ресурс] / Басов К. А. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>– Загл. с экрана.

2. Арестова, О. Н. АРМ WinMachine[Электронный ресурс] / О. Н. Арестова – Режим доступа:
http://apm.ru/produkti/programmnie_kompleksi/sistema_rascheta_proektirovaniya_obektov_mas_hinostroeniya/– Загл. с экрана.

Объем пояснительной записки 20-25 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 – 210 x 297 мм. На титульном листе должны быть указаны дисциплина, номер и наименование темы РГЗ, фамилия, имя и группа студента. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному на рисунке 1. Основные составляющие РГЗ: содержание, введение, основная часть, заключение, список использованной литературы. Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 1,5 см, внизу – 2,0 см, справа – 3,0 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки должны быть сделаны в векторном графическом редакторе (Компас, AutoCAD, CorelDraw, и т.п.) и могут быть расположены на отдельной странице. Подрисуночная подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. Список использованной литературы оформляется по ГОСТ.

Паспорт зачета

по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 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 «Информационные технологии в машиностроительном
производстве»

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 самостоятельное изучение теоретического материала + оценка за выполнение и защиту РГЗ) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче зачета студент имеет возможность получить оценку не выше E ("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 «Информационные технологии в машиностроительном производстве»

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 прямобоочного 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:
 - 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 самостоятельной работы
по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве»,
1 семестр

1. Методика оценки

Для защиты комплекта заданий на самостоятельное изучение студенту требуется выполнить следующий типовой набор работ: Самостоятельная 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»; Самостоятельная работа № 2: «Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов»; Самостоятельная работа № 3: «Расчет передаточных механизмов станочных приводов»; Самостоятельная работа № 4: «Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия». Распределение заданий самостоятельных занятий по проверяемым компетенциям указано в таблице «Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины».

Выставление оценок за самостоятельные работы осуществляется на основе выполнения и защиты одного типового задания (см. выше). Защита самостоятельной работы в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 5-6 баллов; "хорошо" – 7-8 балла; "отлично" – 9-10 баллов. Максимальное количество баллов, которые можно заработать за выполнение и защиту практических работ составляет 40 баллов.

2. Критерии оценки

Работа считается не выполненной, если студент не освоил практический и теоретический материалы; оценка составляет менее 5 баллов.

*Работа считается выполненной на **пороговом уровне***, если студент освоил практический материал, но не смог обобщить теоретический материал; оценка составляет 5-6 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 7-8 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 9-10 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 САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА** + оценка за выполнение и защиту РГЗ) 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 первой неделе очных занятий каждому студенту 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. Задачей 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

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 $\bar{N}/N_{ном}$	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.

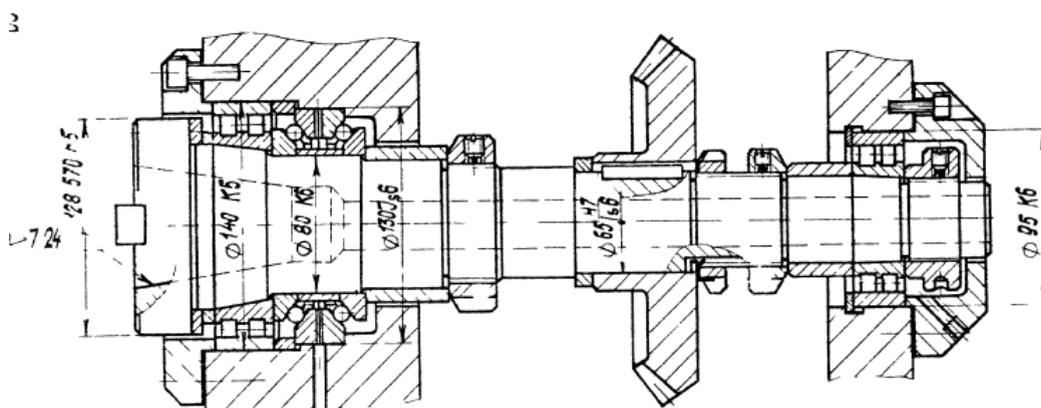


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

Самостоятельная 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»

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*.

Самостоятельная работа № 2: «Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов»

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.

Самостоятельная работа № 3: «Расчет передаточных механизмов станочных приводов»

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.

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

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).

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 1 семестр

1. Методика оценки

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.

Выставление оценок за РГЗ осуществляется на основе выполнения и защиты одного типового задания. Защита расчетно-графического задания в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 20...26 баллов; "хорошо" – 27...33 баллов; "отлично" – 34...40 баллов.

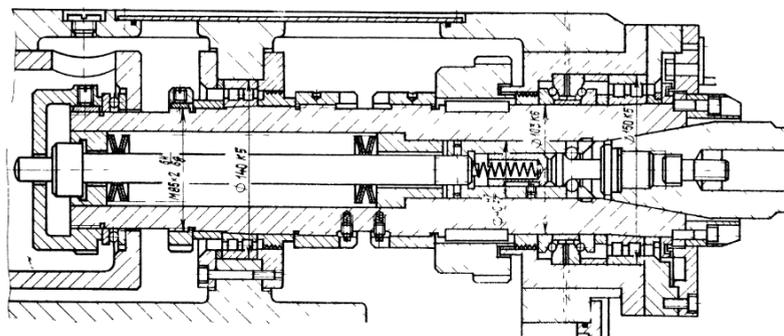


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

2. Критерии оценки

Работа считается не выполненной, если студент не освоил теоретический материал и не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет менее 18 баллов.

Работа считается выполненной на пороговом уровне, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 18...20 баллов.

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 своей точки зрения в отношении рациональности принятых режимных параметров сварки, оценка составляет 21...22 баллов

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, привёл достаточно чёткую аргументацию своей точки зрения по всем разделам, оценка составляет 23...24 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) 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 самостоятельное изучение теоретического материала + **ОЦЕНКА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТУ РГЗ**) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При передаче 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 расчетно-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. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Рекомендуемая структура и пример выполненного расчетно-графического задания

1. Исходные данные:

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 $\bar{N}/N_{\text{ном}}$	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.

Задание:

1. Построить 3D модели трех различных шпинделей в графическом редакторе;
2. Построить их расчетные модели;
3. Определить запас прочности каждого шпинделя;
4. Определить полную деформацию каждого шпинделя;
5. Произвести выборку оптимального варианта конструкции шпинделя.

2. Основная часть работы:

Проведение математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструктивных элементов привода технологического оборудования с использованием сертифицированных комплексов APM WinMachine и ANSYS. Представление результатов расчета НДС материала при действии технологической нагрузки.

3. Выводы.

4. Список использованной литературы

Для выполнения задания студенты имеют доступ к современному компьютерному оборудованию, на котором установлены программные конечно-элементные комплексы APM WinMachine и ANSYS. Контроль выполнения РГЗ проводится в семестре на каждом практическом занятии.

Пример выполненной работы:

Исходные данные

Материалы [3]:

1. Сталь 40Х, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³;
2. Сталь 45, $\sigma_{0,2} = 275$ МПа, $\rho = 7826$ кг/м³;
3. Сталь 38ХА, $\sigma_{0,2} = 490$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³;

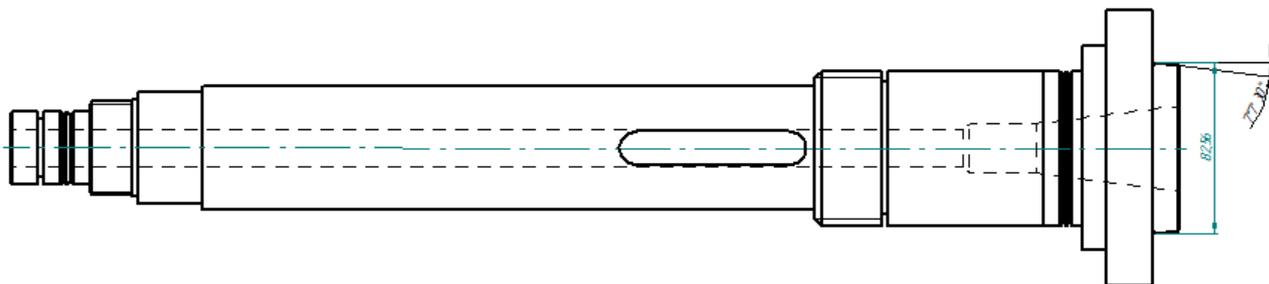


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

Таблица 1

Исходные данные для расчета сил резания

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:

$$V_p = \frac{C_v}{T m t^{x_s} s^y} K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,98 = 142,57 \text{ м/мин.}$$

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:

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

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

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

Также, воспользуемся расчетами, выполненными в *APM Win Machine* ранее (см. рисунок 2).

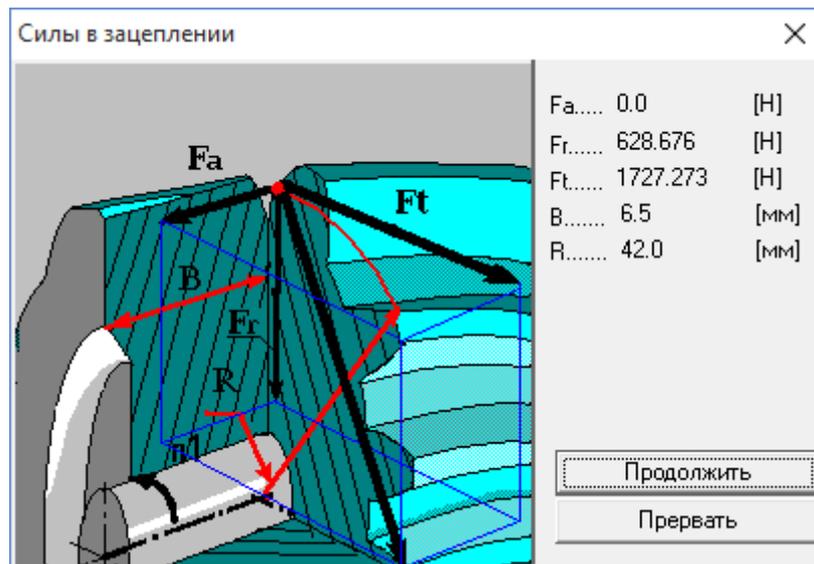


Рисунок 2 – Силы в зацеплении

2 Определение коэффициента запаса прочности и полной деформации

1 шпindelь (Сталь 40X, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³)

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).

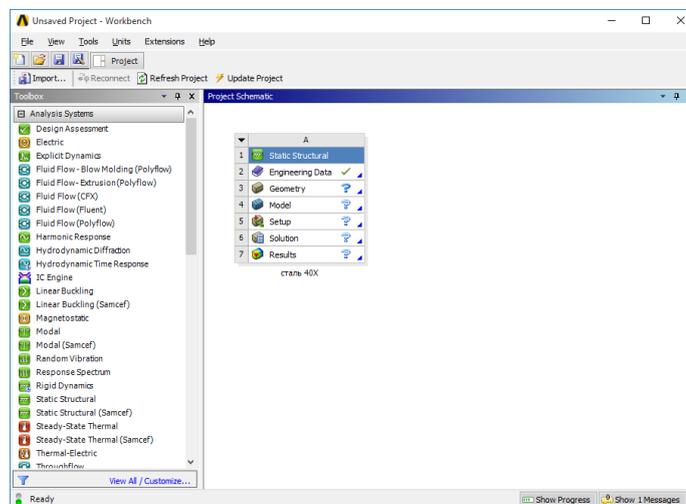


Рисунок 3 – Модуль Static Structural

Начинаем с подраздела «*Engineering Data*»

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

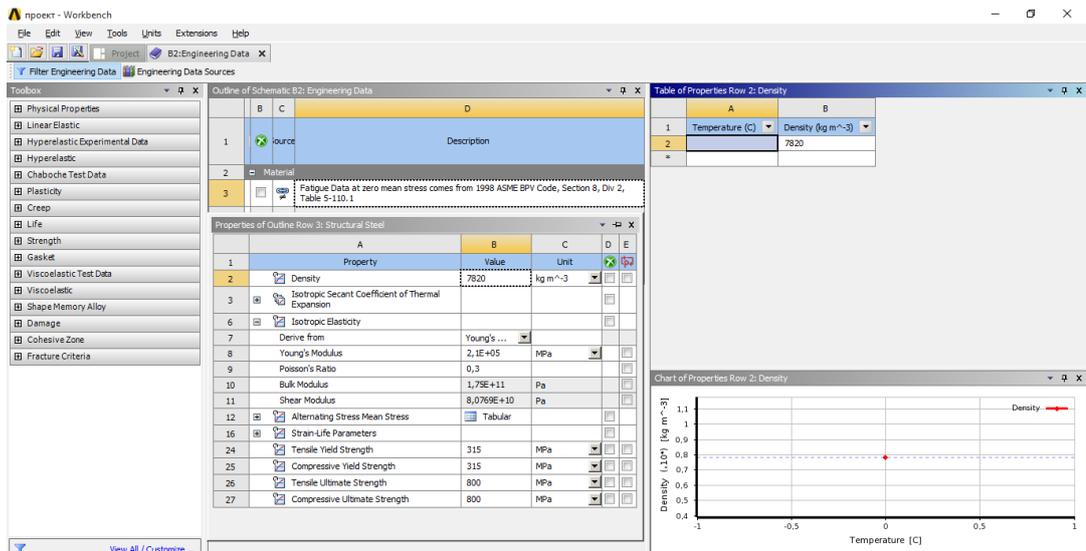


Рисунок 4 – Характеристики материала

Далее, с помощью *DistguModeler* импортируем модель шпинделя в комплекс *Ansys* (см. рисунок 5).

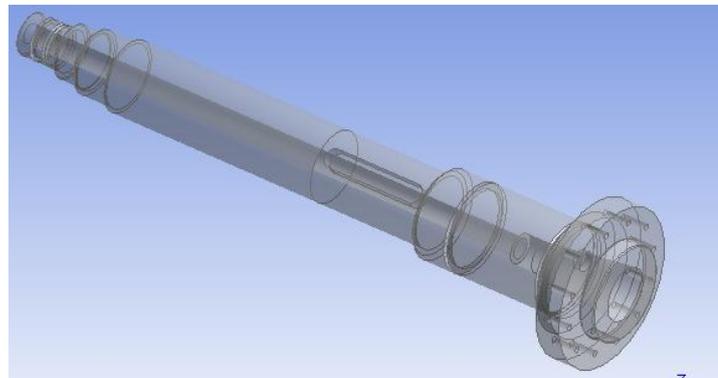


Рисунок 5 – 3D модель шпинделя

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).

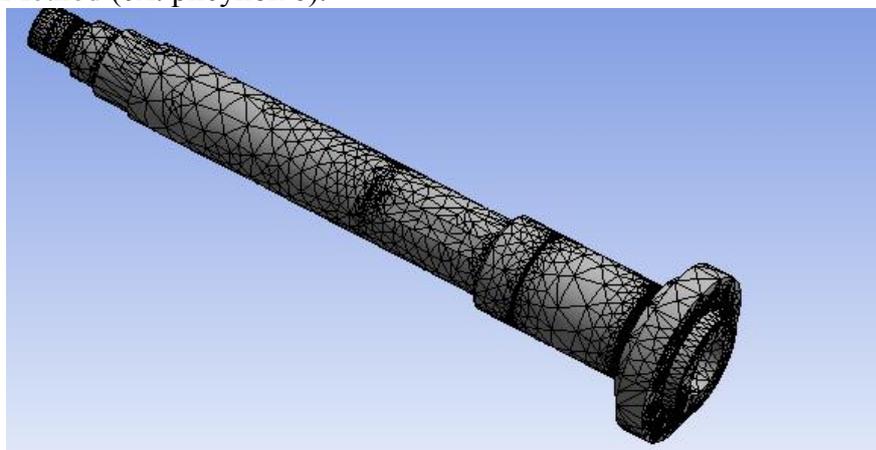


Рисунок 6 – Конечно-элементная сетка

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).

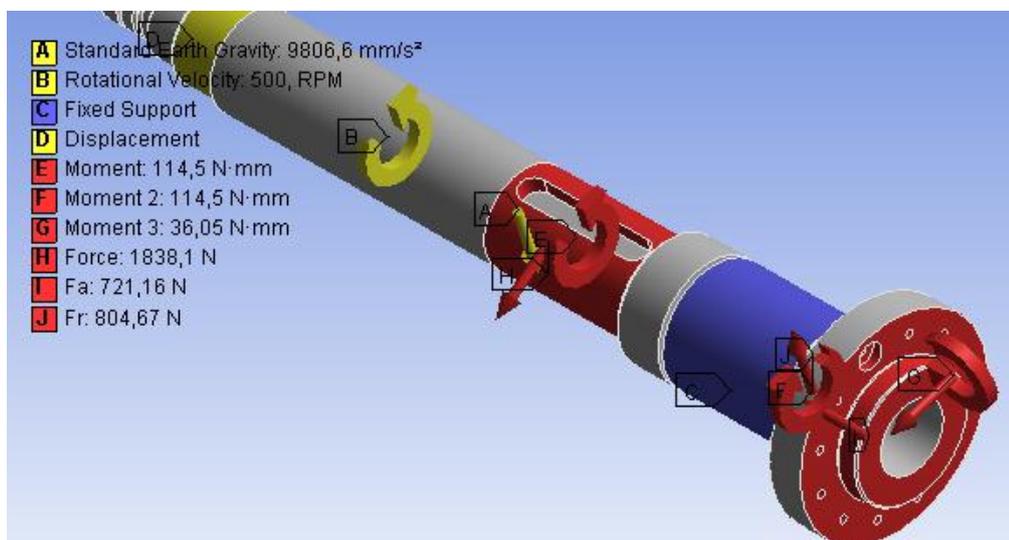


Рисунок 7 – Простановка сил и моментов, действующих на шпиндель

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).

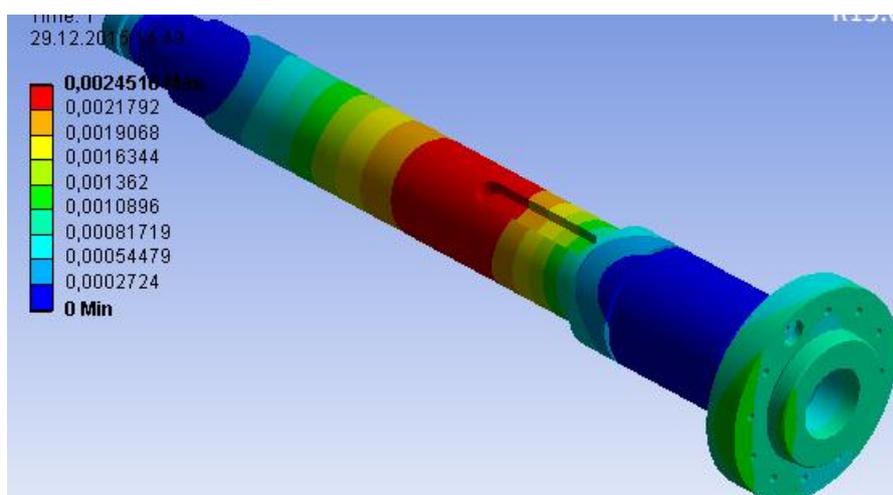


Рисунок 8 – Общие деформации шпинделя

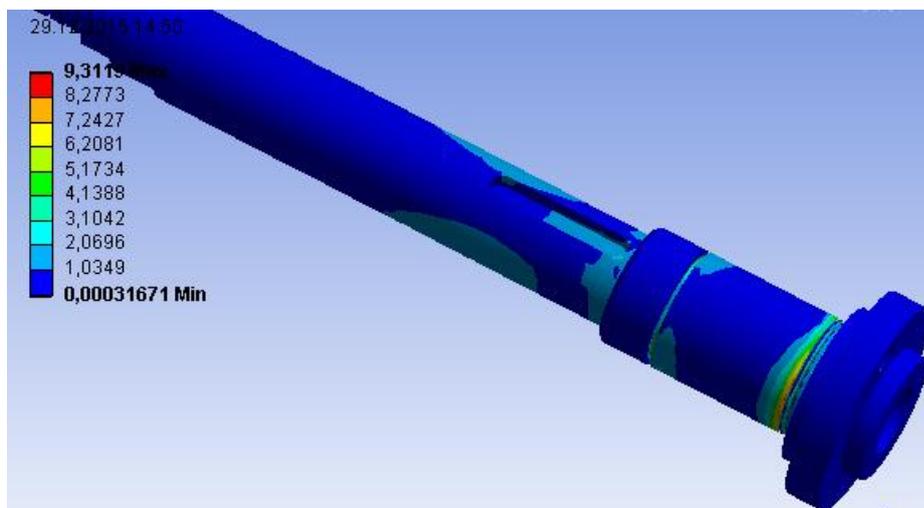


Рисунок 9 – Эквивалентные деформации шпинделя

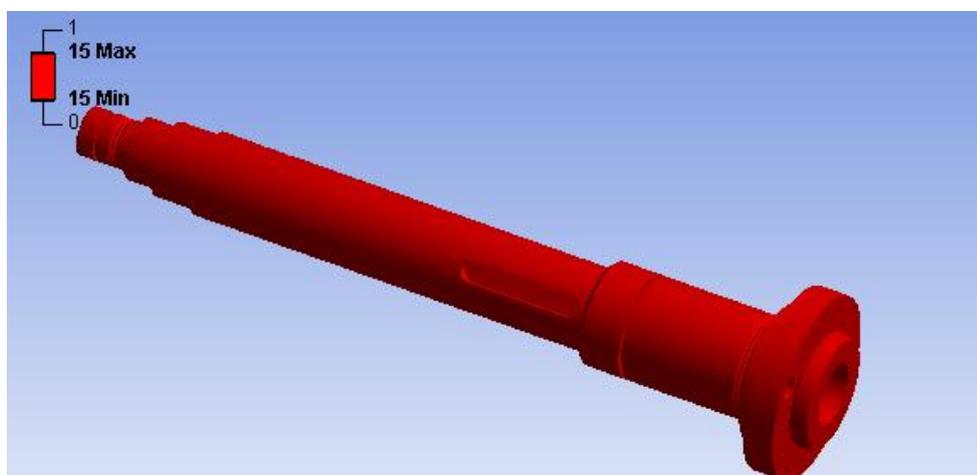


Рисунок 10 – Запас прочности шпинделя

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

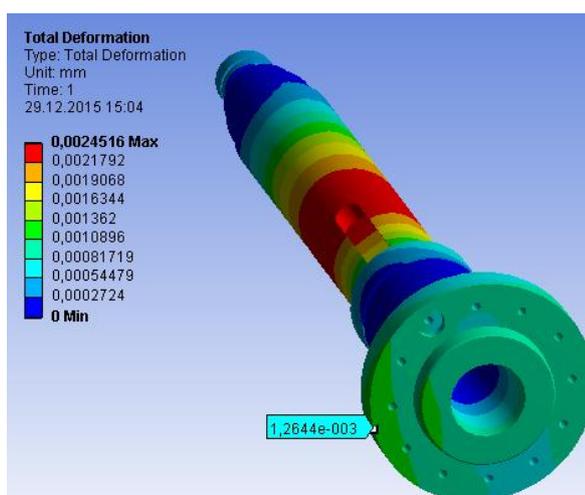


Рисунок 11 – Измерение максимального отклонения

В результате, для 1 шпинделя (Сталь 40Х, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³) имеем:

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0012644 мм.

1 шпindel (Сталь 45, $\sigma_{0,2} = 275$ МПа, $\rho = 7826$ кг/м³), (рисунок 12).

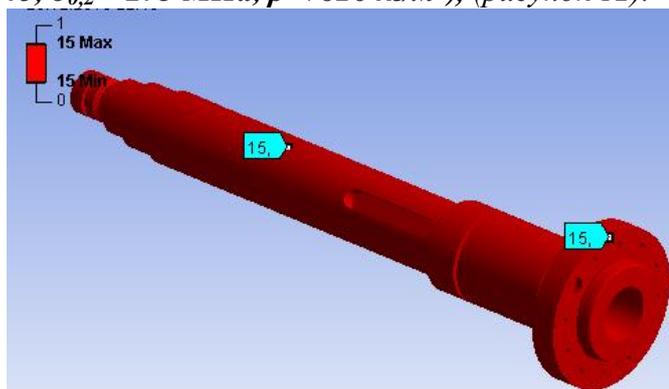


Рисунок 12 – Запас прочности шпинделя

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0013204 мм.

1 шпindel (Сталь 38ХА, $\sigma_{0,2} = 490$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³), (рисунок 13).

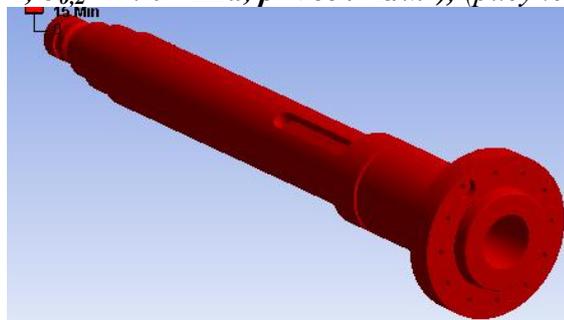


Рисунок 13 – Запас прочности шпинделя

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0013517 мм.

Для остальных шпинделей проводим аналогичные действия. В результате расчетов производим оценку коэффициента запаса прочности и отклонения переднего конца шпинделя.

Для удобства восприятия, сведем все полученные данные в таблицу.

Таблица 2

Результаты расчета

		Шпindel 1 (Ø 82,56)	Шпindel 2 (Ø 72,65)	Шпindel 3 (Ø 92,47)
Сталь 40Х	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0012644	0,0012217	0,0012338
Сталь 45	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0013204	0,0012217	0,0012977
Сталь 38ХА	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0013517	0,0012966	0,0013243

3 Определение оптимального варианта

Произведя все необходимые расчеты, воспользуемся программным продуктом *Table Curve 3D* для построения графика получившихся значений и зависимостей.

Полученные при расчете данные вносим в таблицу (см. рисунок 14).

XYZ#	Ex	X	Y	Z	Weights
1	<input type="checkbox"/>	315	72.65	0.0012217	1
2	<input type="checkbox"/>	315	82.56	0.0012644	1
3	<input type="checkbox"/>	315	92.47	0.0012338	1
4	<input type="checkbox"/>	275	72.65	0.0012217	1
5	<input type="checkbox"/>	275	82.56	0.0013204	1
6	<input type="checkbox"/>	275	92.47	0.0012977	1
7	<input type="checkbox"/>	490	72.65	0.0012966	1
8	<input type="checkbox"/>	490	82.56	0.0013517	1
9	<input type="checkbox"/>	490	92.47	0.0013243	1
10	<input type="checkbox"/>				

Рисунок 14 – Ввод данных

Коэффициент X ($\sigma_{0,2}$) – предел текучести стали;

Коэффициент Y (D) – диаметры переднего конца шпинделя;

Коэффициент Z (δ) – отклонение переднего конца шпинделя.

Далее, получаем график (см. рисунок 15) и зависимость.

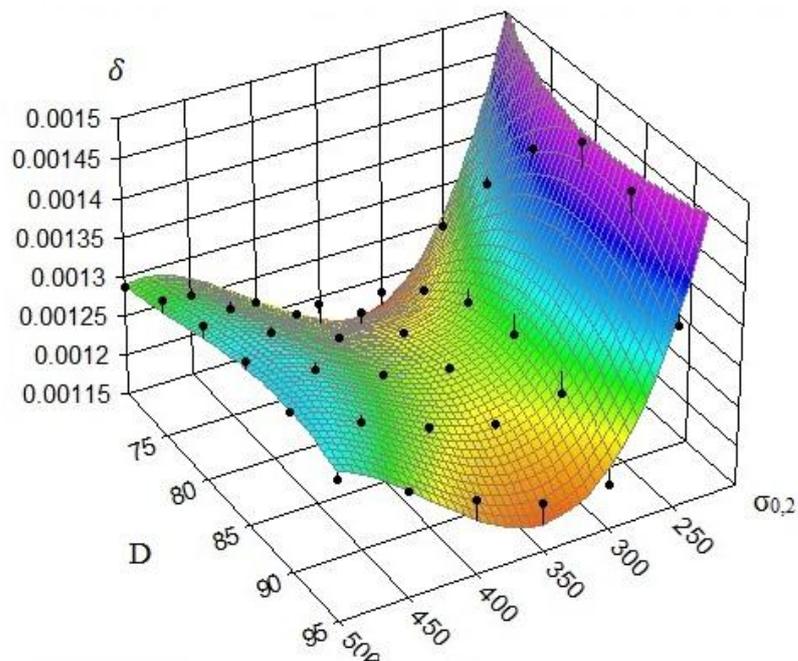


Рисунок 15 – Графическое отображение результатов

$$\delta = 0.017 + 1.63 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{0,2} + 6.068 \cdot 10^{-5} \cdot D + 5.797 \cdot 10^{-8} \cdot \sigma_{0,2}^2 + 1.219 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 - 6.149 \cdot 10^{-7} \cdot \sigma_{0,2} \cdot D - 5.964 \cdot 10^{-11} \cdot \sigma_{0,2}^3 - 1.102 \cdot 10^{-8} \cdot D^3 + 2.689 \cdot \sigma_{0,2} \cdot D^2 + 2.089 \cdot 10^{-10} \cdot \sigma_{0,2}^2 \cdot D$$

После этого необходимо произвести анализ и оценку для того, чтобы выбрать наиболее выгодный вариант с экономической точки зрения и обеспечения точности (см. рисунок 16).

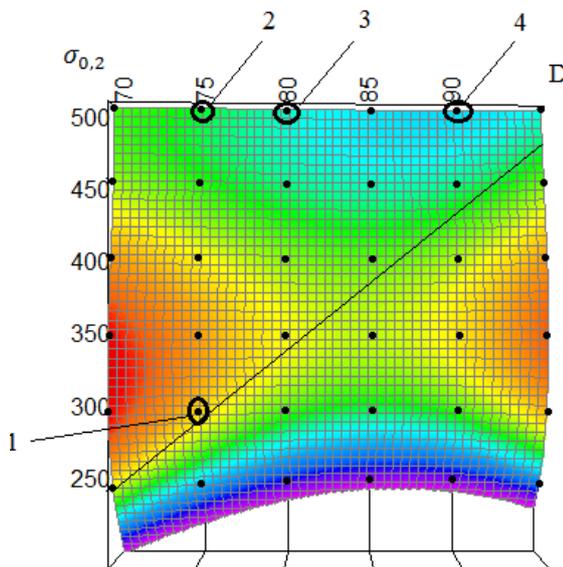


Рисунок 16 – Анализ результатов

На данном графике область, находящаяся слева до линии, соответствует допустимому отклонению переднего конца шпинделя.

Точки, указывающие наиболее благоприятные сочетания физико-механических характеристик и типоразмеров шпинделя:

- 1. 40X (27,9 руб/кг) – D = 72 мм;
- 2. 38XA (97 руб/кг) – D = 72 мм;
- 3. 38XA (97 руб/кг) – D = 82 мм;
- 4. 38XA (97 руб/кг) – D = 92 мм.

Из графика видно, что необходимым условиям деформации отвечают шпиндели, изготовленные из стали 38XA, а также шпиндель D = 72 мм из стали 40X.

Можно сделать вывод, что наиболее оптимальным вариантом является шпиндель из стали 40X (точка 1), так как данный материал имеет самую низкую стоимость.

Вывод

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

Расчеты показали, что все шпиндели проходят по запасу прочности. Также построили график, исходя из полученных отклонений шпинделя, диаметров и физико-механических свойств материалов, используя программный продукт Table Curve 3D.

Произведя анализ графика, определили, что наиболее выгодным шпинделем по экономической, прочностной и точностной характеристике является шпиндель из стали 40X, с D = 72 мм, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³.

Список литературы

1. Басов К. А. ANSYS для конструкторов. [Электронный ресурс] / Басов К. А. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>– Загл. с экрана.

2. Арестова, О. Н. АРМ WinMachine[Электронный ресурс] / О. Н. Арестова – Режим доступа: http://apm.ru/produkti/programmnie_kompleksi/sistema_rascheta_proektirovaniya_obektov_mas_hinostroeniya/– Загл. с экрана.

Объем пояснительной записки 20-25 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 – 210 x 297 мм. На титульном листе должны быть указаны дисциплина, номер и наименование темы РГЗ, фамилия, имя и группа студента. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному на рисунке 1. Основные составляющие РГЗ: содержание, введение, основная часть, заключение, список использованной литературы. Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 1,5 см, внизу – 2,0 см, справа – 3,0 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки должны быть сделаны в векторном графическом редакторе (Компас, AutoCAD, CorelDraw, и т.п.) и могут быть расположены на отдельной странице. Подрисуночная подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. Список использованной литературы оформляется по ГОСТ.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 1
семестр

1. Методика оценки

Студент допускается к сдаче экзамена при условии, что он выполнил и защитил все практические работы и расчетно-графическое задание, и набрал не менее 30 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 экзамене осуществляется на основе выполнения и защиты двух вопросов. Оценивание ответа на вопросы осуществляется в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 10-13 балл; "хорошо" – 14-17 баллов; "отлично" – 18-20 баллов. Всего за два вопроса студент может получить максимум 40 баллов.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет МТФ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном
производстве»

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 20 баллов.

*Защита считается состоявшейся на **пороговом уровне***, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 20-26 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 27-34 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 35-40 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 экзамена студент не набирает 20 баллов или с учетом сдачи экзамена его суммарный рейтинг (**ОЦЕНКА НА ЭКЗАМЕНЕ** + оценка за выполнение практических работ + оценка за выполнение и защиту РГЗ) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче экзамена студент имеет возможность получить оценку не выше E ("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 экзаменационные баллы 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 «Информационные технологии в машиностроительном производстве»

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:
 - 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 «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 2 семестр

1. Методика оценки

Для защиты пяти практических работ студентам предлагается выполнить следующий типовой набор заданий: Практическая работа № 1: «Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов»; Практическая работа № 2: «Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки»; Практические работы № 3: «Тепловой анализ»; Практическая работа № 4: «Модальный анализ»; Практическая работа № 5: «Обработка результатов моделирования». 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" – 3-3,9 балл; "хорошо" – 4-4,9 балла; "отлично" – 5-6 баллов. Максимальное количество баллов, которые можно заработать за выполнение и защиту практических работ составляет 30 баллов.

2. Критерии оценки

Работа считается не выполненной, если студент не освоил практический и теоретический материалы; оценка составляет менее 3 баллов.

Работа считается выполненной на пороговом уровне, если студент освоил практический материал, но не смог обобщить теоретический материал; оценка составляет 3-3,9 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 4-4,9 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 5-6 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 экзамена студент не набирает 20 баллов или с учетом сдачи экзамена его суммарный рейтинг (оценка на экзамене + **ОЦЕНКА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ** + оценка за выполнение и защиту РГЗ) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче экзамена 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. Задачей 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

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 $\bar{N}/N_{ном}$	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.

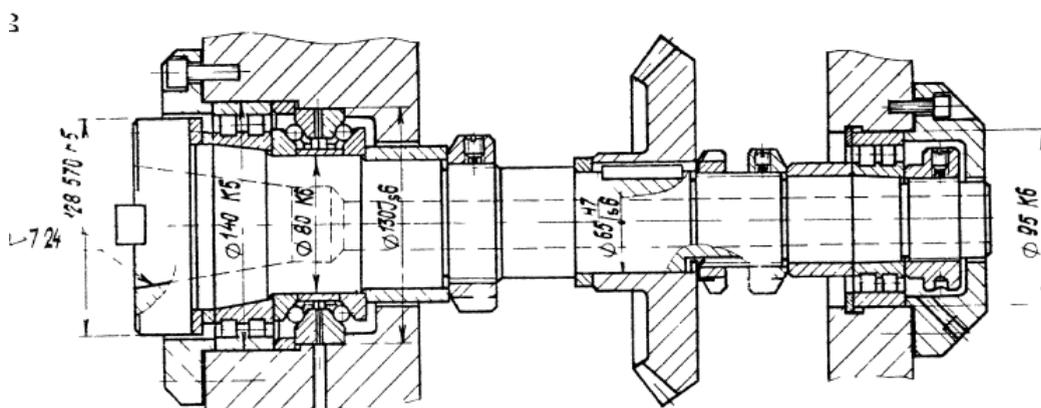


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

Практическая работа № 1: «Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов»

Задание:

Студенты выполняют групповые задания по построению проектов в программном комплексе ANSYS. Студенты выполняют групповые задания по построению проектов для выполнения статистического анализа напряженного состояния материала: 1) разработка математической модели (препроцессинг), построение 3D модели объекта и импорт 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 № 2: «Преппроцессинг и генерация конечно-элементной сетки»

Задание:

Занимаются подготовкой модели к расчету: транслирование в препроцессор геометрической модели рассчитываемого объекта (работа в DesignModeler); задание контактных поверхностей; генерация конечно-элементной сетки (Meshing).

Практические работы № 3: «Тепловой анализ»

Задание:

Студенты занимаются стационарным тепловым анализом.

Практическая работа № 4: «Модальный анализ»

Задание:

Анализ свободных механических колебаний.

Практическая работа № 5: «Обработка результатов моделирования»

Задание:

Статистическая обработка результатов моделирования в программных комплексах TableCurve 2D и TableCurve 3D.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Информационные технологии в машиностроительном производстве», 2 семестр

1. Методика оценки

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.

Выставление оценок за РГЗ осуществляется на основе выполнения и защиты одного типового задания. Защита расчетно-графического задания в соответствии с уровнем знаний: "удовлетворительно" – 15...20 баллов; "хорошо" – 21...25 баллов; "отлично" – 26...30 баллов.

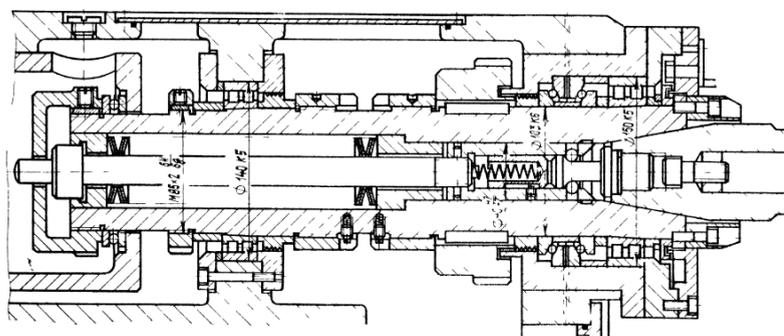


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

2. Критерии оценки

Работа считается не выполненной, если студент не освоил теоретический материал и не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет менее 15 баллов.

Работа считается выполненной на пороговом уровне, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 15...20 баллов.

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 своей точки зрения в отношении рациональности принятых режимных параметров сварки, оценка составляет 21...25 баллов

Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если студент смог обобщить практический и теоретический материал, привёл достаточно чёткую аргументацию своей точки зрения по всем разделам, оценка составляет 26...30 баллов.

3. Шкала оценки

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

Если в результате сдачи экзамена студент не набирает 20 баллов или с учетом сдачи экзамена его суммарный рейтинг (оценка на экзамене + оценка за выполнение практических работ + **ОЦЕНКА ЗА ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТУ РГЗ**) не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "неудовлетворительно" (FX) с возможностью пересдачи.

При пересдаче экзамена 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. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Рекомендуемая структура и пример выполненного расчетно-графического задания

1. Исходные данные:

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 $\bar{N}/N_{\text{ном}}$	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.

Задание:

1. Построить 3D модели трех различных шпинделей в графическом редакторе;
2. Построить их расчетные модели;
3. Определить запас прочности каждого шпинделя;
4. Определить полную деформацию каждого шпинделя;
5. Произвести выборку оптимального варианта конструкции шпинделя.

2. Основная часть работы:

Проведение математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструктивных элементов привода технологического оборудования с использованием сертифицированных комплексов APM WinMachine и ANSYS. Представление результатов расчета НДС материала при действии технологической нагрузки.

3. Выводы.

4. Список использованной литературы

Для выполнения задания студенты имеют доступ к современному компьютерному оборудованию, на котором установлены программные конечно-элементные комплексы APM WinMachine и ANSYS. Контроль выполнения РГЗ проводится в семестре на каждом практическом занятии.

Пример выполненной работы:

Исходные данные

Материалы [3]:

1. Сталь 40Х, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³;
2. Сталь 45, $\sigma_{0,2} = 275$ МПа, $\rho = 7826$ кг/м³;
3. Сталь 38ХА, $\sigma_{0,2} = 490$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³;

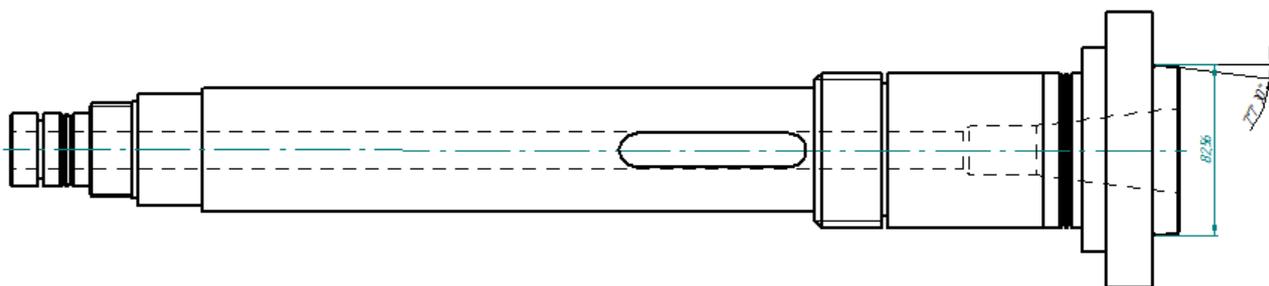


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

Таблица 1

Исходные данные для расчета сил резания

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:

$$V_p = \frac{C_v}{Tm t^x s^y} K_v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,98 = 142,57 \text{ м/мин.}$$

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:

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

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

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

Также, воспользуемся расчетами, выполненными в *APM Win Machine* ранее (см. рисунок 2).

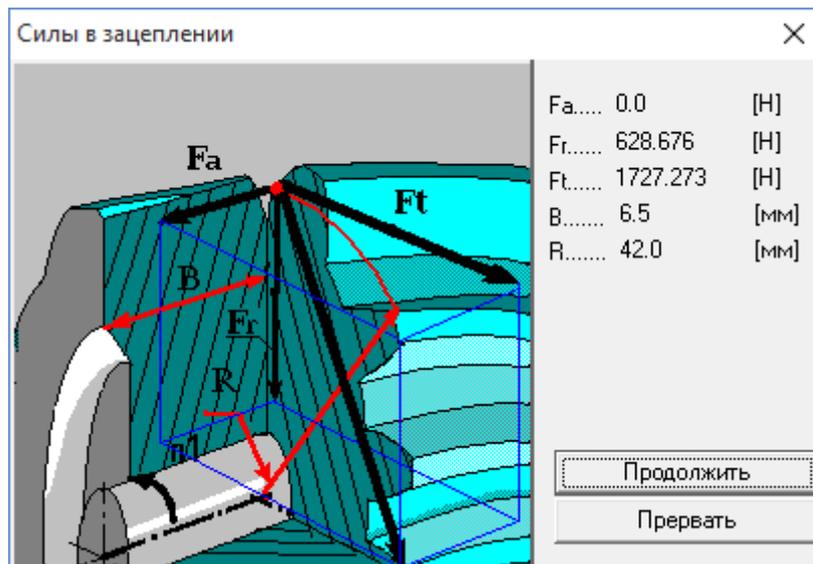


Рисунок 2 – Силы в зацеплении

2 Определение коэффициента запаса прочности и полной деформации

1 шпindelь (Сталь 40X, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³)

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).

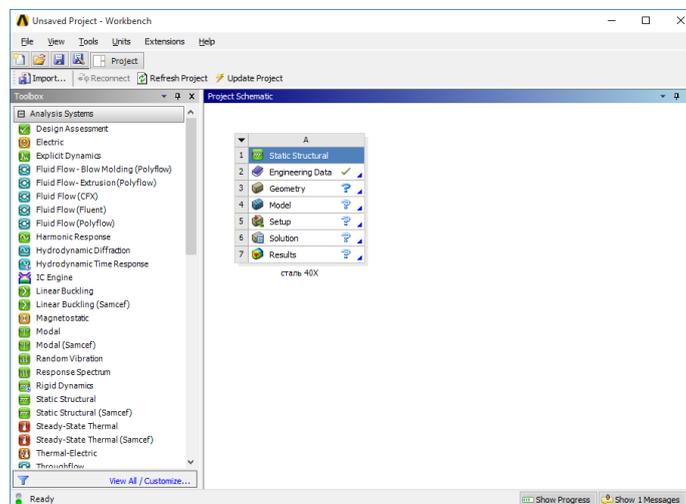


Рисунок 3 – Модуль Static Structural

Начинаем с подраздела «*Engineering Data*»

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

4).

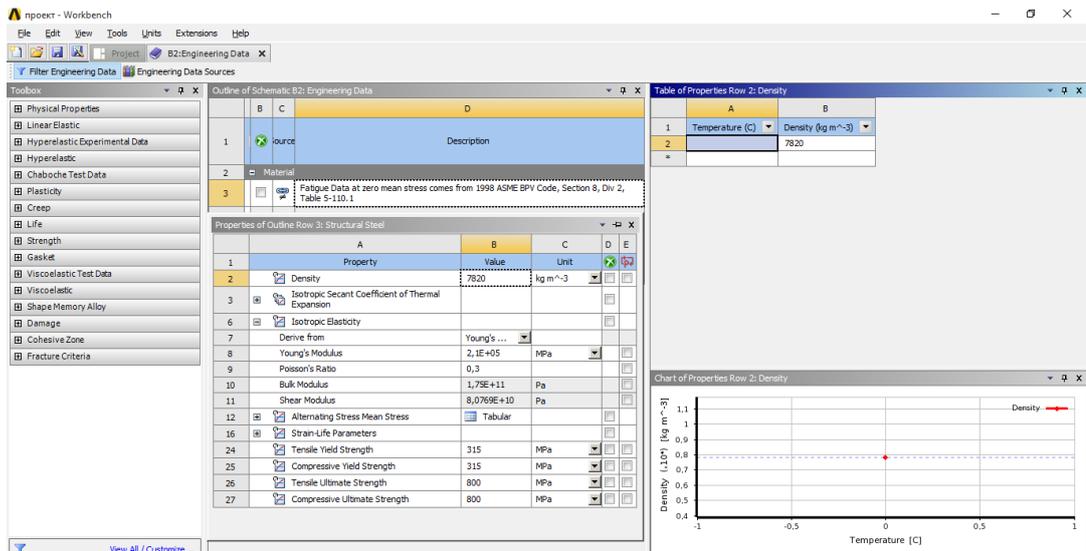


Рисунок 4 – Характеристики материала

Далее, с помощью *DistguModeler* импортируем модель шпинделя в комплекс *Ansys* (см. рисунок 5).

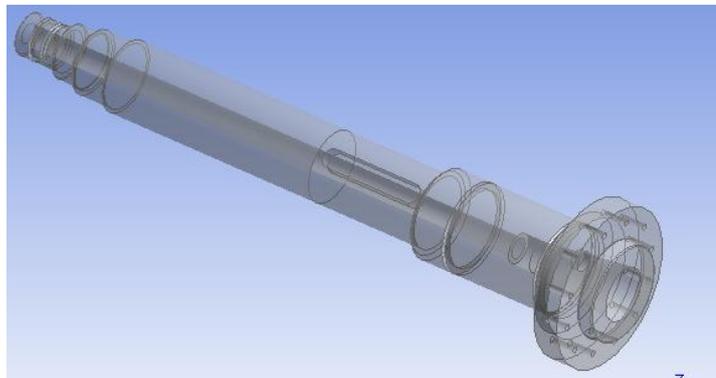


Рисунок 5 – 3D модель шпинделя

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).

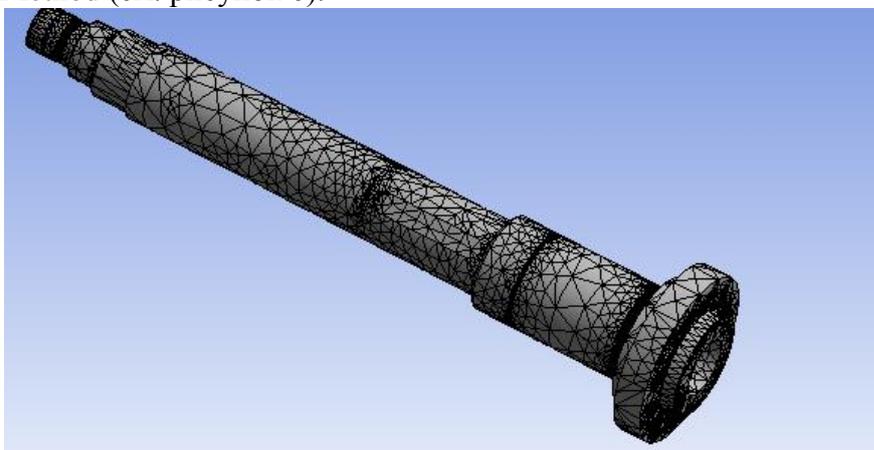


Рисунок 6 – Конечно-элементная сетка

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).

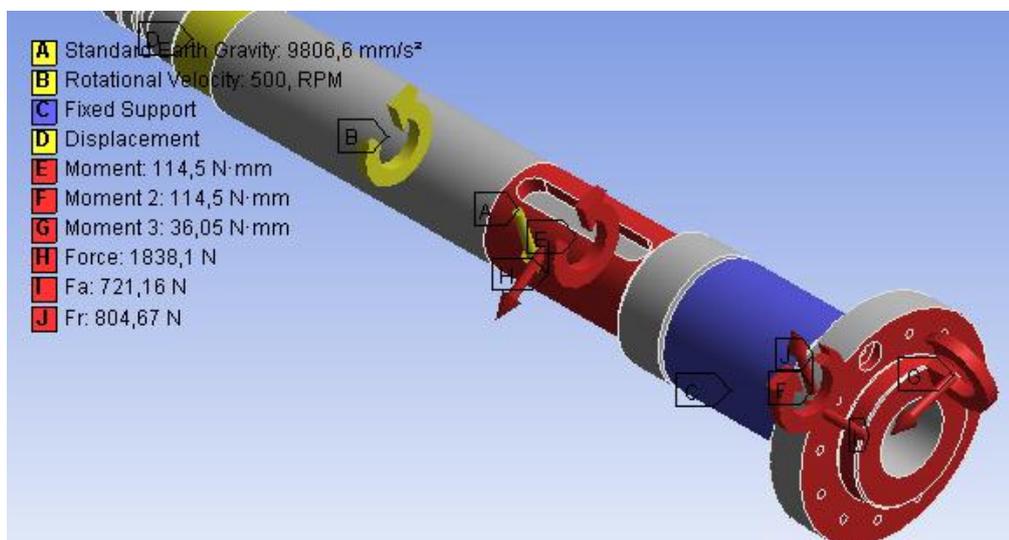


Рисунок 7 – Простановка сил и моментов, действующих на шпиндель

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).

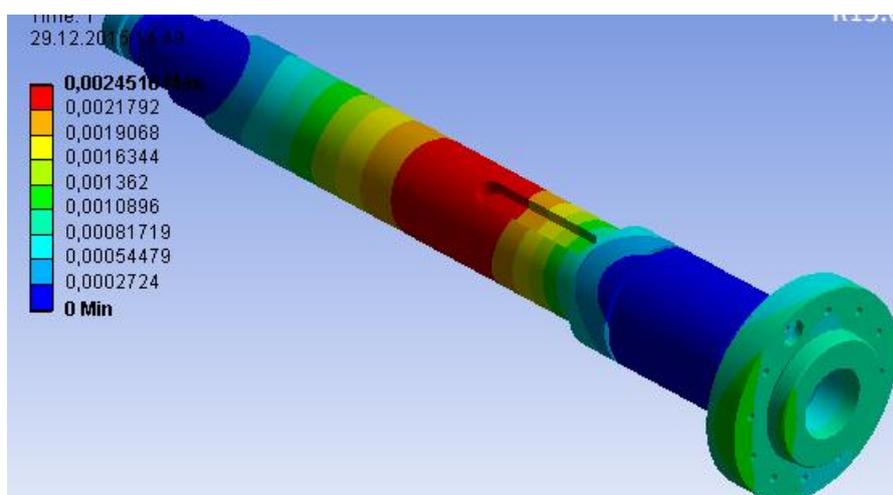


Рисунок 8 – Общие деформации шпинделя

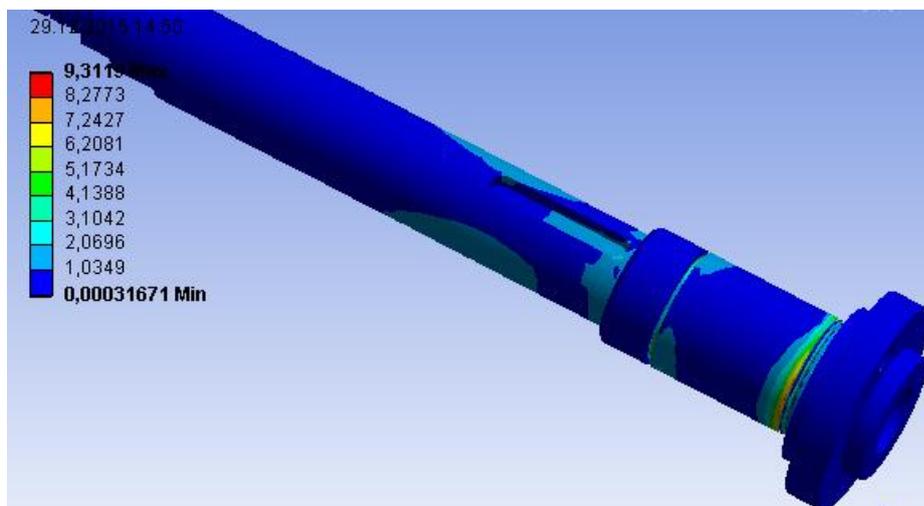


Рисунок 9 – Эквивалентные деформации шпинделя

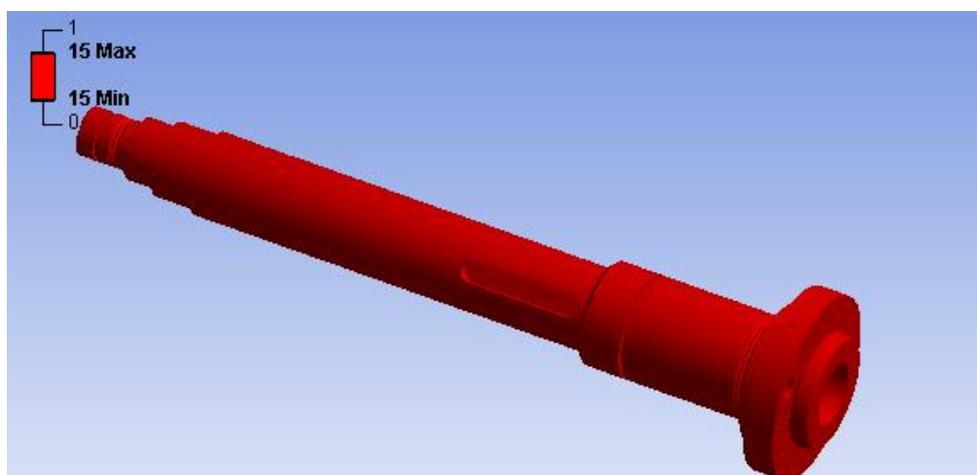


Рисунок 10 – Запас прочности шпинделя

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

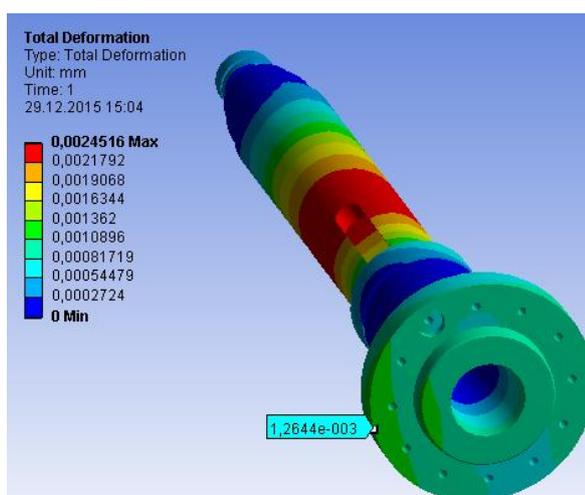


Рисунок 11 – Измерение максимального отклонения

В результате, для 1 шпинделя (Сталь 40Х, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³) имеем:

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0012644 мм.

1 шпindel (Сталь 45, $\sigma_{0,2} = 275 \text{ МПа}$, $\rho = 7826 \text{ кг/м}^3$), (рисунок 12).

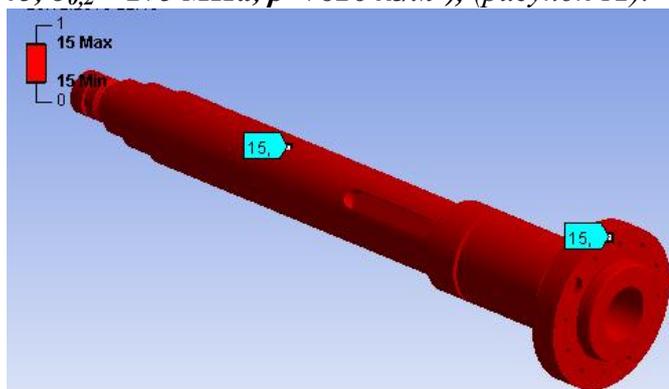


Рисунок 12 – Запас прочности шпинделя

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0013204 мм.

1 шпindel (Сталь 38ХА, $\sigma_{0,2} = 490 \text{ МПа}$, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$), (рисунок 13).

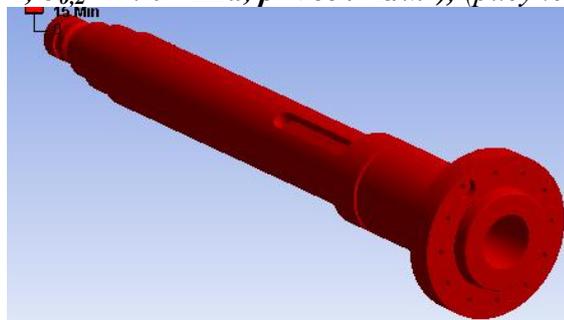


Рисунок 13 – Запас прочности шпинделя

- Коэффициент запаса прочности шпинделя – 15;
- Отклонение переднего конца шпинделя – 0,0013517 мм.

Для остальных шпинделей проводим аналогичные действия. В результате расчетов производим оценку коэффициента запаса прочности и отклонения переднего конца шпинделя.

Для удобства восприятия, сведем все полученные данные в таблицу.

Таблица 2

Результаты расчета

		Шпindel 1 ($\varnothing 82,56$)	Шпindel 2 ($\varnothing 72,65$)	Шпindel 3 ($\varnothing 92,47$)
Сталь 40Х	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0012644	0,0012217	0,0012338
Сталь 45	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0013204	0,0012217	0,0012977
Сталь 38ХА	Коэффициент запаса прочности	15	15	15
	Отклонение переднего конца шпинделя, мм	0,0013517	0,0012966	0,0013243

3 Определение оптимального варианта

Произведя все необходимые расчеты, воспользуемся программным продуктом *Table Curve 3D* для построения графика получившихся значений и зависимостей.

Полученные при расчете данные вносим в таблицу (см. рисунок 14).

XYZ#	Ex	X	Y	Z	Weights
1	<input type="checkbox"/>	315	72.65	0.0012217	1
2	<input type="checkbox"/>	315	82.56	0.0012644	1
3	<input type="checkbox"/>	315	92.47	0.0012338	1
4	<input type="checkbox"/>	275	72.65	0.0012217	1
5	<input type="checkbox"/>	275	82.56	0.0013204	1
6	<input type="checkbox"/>	275	92.47	0.0012977	1
7	<input type="checkbox"/>	490	72.65	0.0012966	1
8	<input type="checkbox"/>	490	82.56	0.0013517	1
9	<input type="checkbox"/>	490	92.47	0.0013243	1
10	<input type="checkbox"/>				

Рисунок 14 – Ввод данных

Коэффициент X ($\sigma_{0,2}$) — предел текучести стали;

Коэффициент Y (D) — диаметры переднего конца шпинделя;

Коэффициент Z (δ) — отклонение переднего конца шпинделя.

Далее, получаем график (см. рисунок 15) и зависимость.

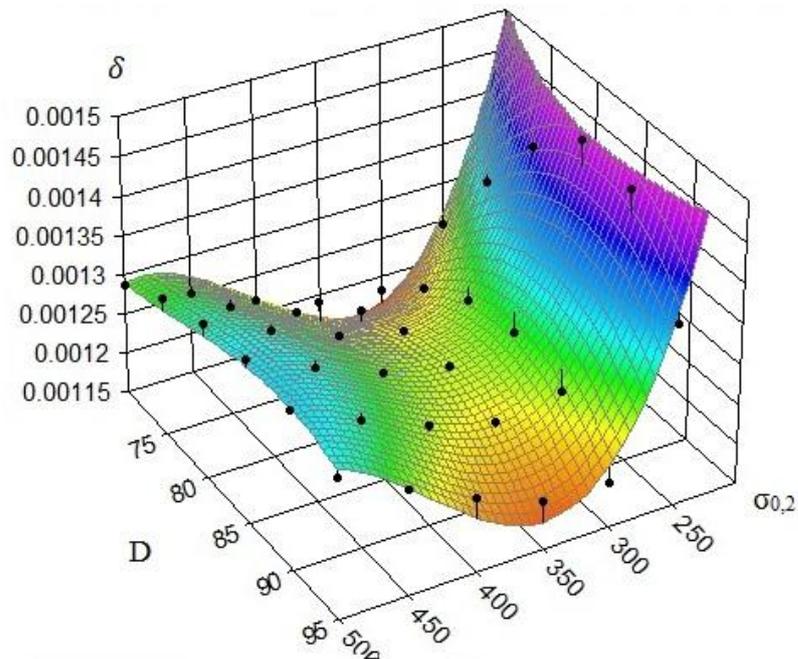


Рисунок 15 – Графическое отображение результатов

$$\delta = 0.017 + 1.63 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{0,2} + 6.068 \cdot 10^{-5} \cdot D + 5.797 \cdot 10^{-8} \cdot \sigma_{0,2}^2 + 1.219 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 - 6.149 \cdot 10^{-7} \cdot \sigma_{0,2} \cdot D - 5.964 \cdot 10^{-11} \cdot \sigma_{0,2}^3 - 1.102 \cdot 10^{-8} \cdot D^3 + 2.689 \cdot \sigma_{0,2} \cdot D^2 + 2.089 \cdot 10^{-10} \cdot \sigma_{0,2}^2 \cdot D$$

После этого необходимо произвести анализ и оценку для того, чтобы выбрать наиболее выгодный вариант с экономической точки зрения и обеспечения точности (см. рисунок 16).

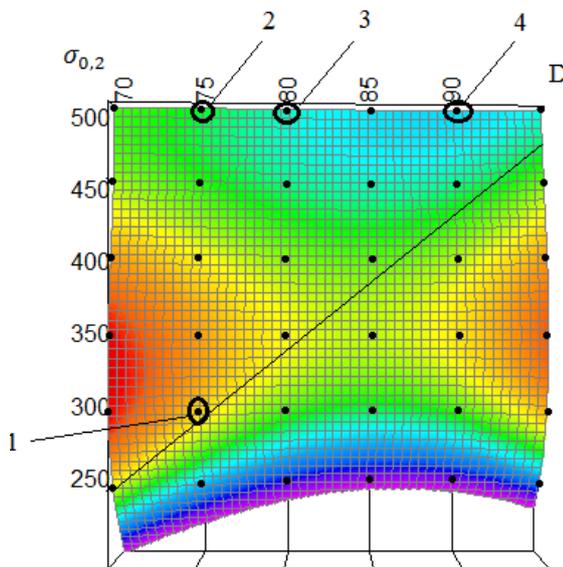


Рисунок 16 – Анализ результатов

На данном графике область, находящаяся слева до линии, соответствует допустимому отклонению переднего конца шпинделя.

Точки, указывающие наиболее благоприятные сочетания физико-механических характеристик и типоразмеров шпинделя:

- 1. 40X (27,9 руб/кг) – D = 72 мм;
- 2. 38XA (97 руб/кг) – D = 72 мм;
- 3. 38XA (97 руб/кг) – D = 82 мм;
- 4. 38XA (97 руб/кг) – D = 92 мм.

Из графика видно, что необходимым условиям деформации отвечают шпиндели, изготовленные из стали 38XA, а также шпиндель D = 72 мм из стали 40X.

Можно сделать вывод, что наиболее оптимальным вариантом является шпиндель из стали 40X (точка 1), так как данный материал имеет самую низкую стоимость.

Вывод

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

Расчеты показали, что все шпиндели проходят по запасу прочности. Также построили график, исходя из полученных отклонений шпинделя, диаметров и физико-механических свойств материалов, используя программный продукт Table Curve 3D.

Произведя анализ графика, определили, что наиболее выгодным шпинделем по экономической, прочностной и точностной характеристике является шпиндель из стали 40X, с D = 72 мм, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м³.

Список литературы

1. Басов К. А. ANSYS для конструкторов. [Электронный ресурс] / Басов К. А. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ANSYS>– Загл. с экрана.

2. Арестова, О. Н. АРМ WinMachine[Электронный ресурс] / О. Н. Арестова – Режим доступа: http://apm.ru/produkti/programmnie_kompleksi/sistema_rascheta_proektirovaniya_obektov_mas_hinostroeniya/– Загл. с экрана.

Объем пояснительной записки 20-25 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 – 210 x 297 мм. На титульном листе должны быть указаны дисциплина, номер и наименование темы РГЗ, фамилия, имя и группа студента. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному на рисунке 1. Основные составляющие РГЗ: содержание, введение, основная часть, заключение, список использованной литературы. Брошюровка работы должна быть книжной; поля: сверху – 2,0 см, слева – 1,5 см, внизу – 2,0 см, справа – 3,0 см. Шрифт набора текста должен быть 12-14 пунктов. Межстрочный интервал полуторный. Текст должен иллюстрироваться схемами, графиками, рисунками, таблицами. Рисунки должны быть сделаны в векторном графическом редакторе (Компас, AutoCAD, CorelDraw, и т.п.) и могут быть расположены на отдельной странице. Подрисуночная подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. Список использованной литературы оформляется по ГОСТ.