

«

»

“

”

. . . . .

31.08.2022

: . . . . .

:

:

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Компьютерные технологии в науке и машиностроительном производстве**

: 15.04.05

-

:

: 1, : 1 2

- ,

|    |              | 1  | 2  |
|----|--------------|----|----|
| 1  | ( )          | 2  | 2  |
| 2  |              | 72 | 72 |
| 3  | , .          | 33 | 30 |
| 4  | , .          | 0  | 0  |
| 5  | , .          | 18 | 18 |
| 6  | , .          | 0  | 0  |
| 7  | , .          | 8  | 2  |
| 8  | , .          | 0  | 1  |
| 9  | , .          | 2  | 2  |
| 10 | , .          | 13 | 10 |
| 11 | , .          | 39 | 42 |
| 12 | ( , ( )/ , ) |    |    |
| 13 |              |    |    |

( ): 15.04.05

-

1045 17.08.2020 . , : 09.09.2020 .

: 1,

( ): 15.04.05 -

, 31.08.2022

- , 6 31.08.2022

:

, . . . . . . . .

:

. . .

## 1.1

|     |                     |
|-----|---------------------|
|     |                     |
| -1. | /                   |
|     | , , , ,             |
| -1. | / .2                |
|     | - , ,               |
| -1. | / .5                |
|     | , , ,               |
| -2. | /                   |
|     | , , , , , - , - , , |
| -2. | / .2                |
|     | - , ,               |
| -2. | / .5                |
|     | ,                   |
| -3. | /                   |
|     | .                   |
| -3. | / .1                |
|     | - ,                 |

**2.**

|  |   |
|--|---|
|  |   |
|  |   |
| <b>ПК-1.В/ПР. 2</b> Знает методы решения научных, технических, организационных проблем конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств                |   |
| CAE , CAE-CAE-   | ; |
| <b>ПК-1.В/ПР. 5</b> Умеет использовать при решении задач САПР, инструментальные системы, языки программирования, системы управления и контроля, системы сбора и обработки данных |   |
| -  | ; |
|  | ; |
| CAE  | ; |

|   |   |
|---|---|
| <b>ПК-2.В/ПР. 2</b> Знает технико-экономические показатели, критерии работоспособности, компоновки современного оборудования с компьютерным управлением, тенденции его развития |   |
|   | ; |
| <b>ПК-2.В/ПР. 5</b> Умеет осуществлять инновационное проектирование, оценивать эффективность инноваций  |   |
| ;   | ; |
|   | ; |
| <b>ПК-3.В/ПР. 1</b> Знает специфику социально-экономического развития и рынка труда в области профессиональной деятельности в своем регионе.                                    |   |
|   | ; |

3.

3.1

|   |   |     |     |   |                        |
|---|---|-----|-----|---|------------------------|
|   |   | „ . | , . |   |                        |
| : 1   |   |     |     |   |                        |
| : APM WinMachine                                    |   |     |     |   |                        |
| 1.<br>APM<br>WinMachine.<br>APM<br>WinMachine.<br>. | 4 | 0   | 2   | -1. / .2<br>, -1. / .<br>5, -2. /<br>.2, -2. /<br>.5, -3. /<br>.1 | APM<br>WinMachine<br>. |

|    |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 2. | . | 6 | 0 | 2 | -1. / .5<br>2, -2. / .<br>.5, -3. /<br>.1 | : 1)<br>; 2)<br>,<br>; 3)<br>; 4)<br>:<br>;<br>;<br>;<br>;<br>; |
|----|---|---|---|---|---|---|

|         |   |   |   |   |   |
|---------|---|---|---|---|---|
| 3.      | 4 | 0 | 2 | -1. / .5<br>, -2. / .<br>2, -2. / .<br>.5, -3. /<br>.1              | 1)<br><br>( )<br>; 2)<br><br>( )<br>; 3)<br><br>; 4)<br><br>;<br>5)<br>.                      |
| : ANSYS |   |   |   |   |   |
| 4.      | 4 | 0 | 2 | -1. / .2<br>, -1. / .<br>5, -2. / .<br>.2, -2. /<br>.5, -3. /<br>.1 | ANSYS<br><br>ANSYS.<br>ANSYS.<br>.  |
| : 2     |   |   |   |   |   |
| : -     |   |   |   |   |   |
| 5.      | 6 | 1 | 4 | -1. / .5<br>, -2. / .<br>2, -2. / .<br>.5, -3. /<br>.1              | : 1)<br><br>( ),<br>3D<br>ANSYS; 2)<br><br>-<br>; 3)<br><br>-<br>; 4)<br><br>; 5)<br><br>( ). |

|    |   |   |   |   |  |   |
|----|---|---|---|---|--|---|
| 6. | - | 4 | 0 | 2 | -1. / .2<br>, -1. / .<br>5, -2. / .<br>.5, -3. /<br>.1 | :<br><br>(DesignModeler);<br>;<br>-<br>(Meshing). |
| 7. |   | 4 | 0 | 2 | -1. / .5<br>, -2. / .<br>5                             |   |
| 8. |   | 2 | 0 | 2 | -1. / .5<br>, -2. / .<br>2, -2. / .<br>.5, -3. /<br>.1 |   |
| :  |   |   |   |   |  |   |
| 9. |   | 2 | 0 | 2 | -1. / .5<br>, -2. / .<br>2, -2. / .<br>.5, -3. /<br>.1 | TableCurve 2D<br>TableCurve 3D                    |

3.1

3.2

|   |  |  |            |
|---|--|--|------------|
|   |  |  | ( )        |
| 1 |  |  | :<br><br>- |

3.2

3.3

|     |   |  |    |    |
|-----|---|--|----|----|
|     |   |  |    |    |
| : 1 |   |  |    |    |
| 1   | / | -1. / .5,<br>-2. / .2, -<br>2. / .5, -3.<br>/ .1 | 29 | 11 |

|   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| <p>3D (CAD- ): , SolidWorks, SolidEdge, NX, PowerShape . . ( ).</p> <p>- ( ).</p> <p>ANSYS WinMachine</p> <p>[ ]:</p> <p>[2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a>. -</p> <p>[ ]:</p> <p>- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166</a>. -</p> <p>[ ]:</p> <p>- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947</a>. -</p> <p>[ ]:</p> <p>[2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909</a>. -</p> |   |  |  |   |
| 2   |   | <p>-1. / .2,</p> <p>-1. / .5, -</p> <p>2. / .2, -2. 5</p> <p>/ .5, -3. /</p> <p>.1</p> |  | 1 |
| <p>[ ]:</p> <p>[2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a>. -</p> <p>[ ]:</p> <p>- : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166</a>. -</p> <p>/ . . . . - ; [ . . . . , . . . . ]. -</p> <p>, 2016. - 19, [1] . : .. -</p> <p><a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</a></p> <p>[ ]:</p> <p>; . . . . - . - , [2017]. -</p> <p><a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947</a>. -</p>                       |   |  |  |   |
| 3   |   | <p>-1. / .2,</p> <p>-1. / .5, -</p> <p>2. / .2, -2. 5</p> <p>/ .5, -3. /</p> <p>.1</p> |  | 1 |
| <p>[ ]:</p> <p>[2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a>.</p>   |   |  |  |   |
| : 2   |   |  |  |   |
| 1   | / | <p>-1. / .5,</p> <p>-2. / .2, -</p> <p>2. / .5, -3. 27</p> <p>/ .1</p>                 |  | 8 |



|   |  |   |    |   |
|---|--|---|----|---|
| <p>3D (CAD- ): , SolidWorks, SolidEdge, NX, PowerShape . . ( ) . ( ) . - ( ) . . ANSYS WinMachine . TableCurve 2D TableCurve 3D. [ ]: / . . ; . . - . - , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166</a>. - [ ]: / . . ; . . - . - , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a>. - [ ]: / . . ; . . - . - , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909</a>. - [ ]: / . . ; . . - . - , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947</a>. -</p>  |  |   |    |   |
| 2   |  | -1. / .2,<br>-1. / .5, -<br>2. / .2, -2. /<br>.5, -3. /<br>.1 | 5  | 1 |
| <p>, . . , . . [ ]: / . . ; . . - . - , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a>. - [ ]: / . . ; . . - . - , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166</a>. - : / . . - ; [ . . . , . . ] . - , 2016. - 19, [1] .: . - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042</a> [ ]: / . . ; . . - . - , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947</a>. - [ ]: / . . ; . . - . - , [2017]. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909</a>. -</p> |  |   |    |   |
| 3   |  | -1. / .2,<br>-1. / .5, -<br>2. / .2, -2. /<br>.5, -3. /<br>.1 | 10 | 1 |

];

[

]:

, [2017]. - : [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000234166](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166). -

[

]:

, [2017]. - : [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000234723](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723).

[

]:

, [2017]. - : [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000233947](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947).

[

]:

, [2017]. - : [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000233909](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909). -

(3.4).

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

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  |   |
| 1   |  | -1. /                      -2. /<br>-3. / |
| <p><b>Формируемые умения:</b> 1. Знает специфику социально-экономического развития и рынка труда в области профессиональной деятельности в своем регионе.; 2. Знает методы решения научных, технических, организационных проблем конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств; 2. Знает технико-экономические показатели, критерии работоспособности, компоновки современного оборудования с компьютерным управлением, тенденции его развития; 5. Умеет использовать при решении задач САПР, инструментальные системы, языки программирования, системы управления и контроля, системы сбора и обработки данных; 5. Умеет осуществлять инновационное проектирование, оценивать эффективность инноваций</p> |  |   |
| <p><b>Краткое описание применения:</b> Обсуждение общих принципов создания математических моделей поведения рассчитываемых изделий и материалов. Особенности проектирования и расчета деталей машин.</p>  |  |   |

#### 4.

( ),

-  
15-

ECTS.

. 4.1.

4.1

|  |    |    |
|--|----|----|
|  | .  |    |
| <b>: 1</b>   |    |    |
| <i>Практические занятия:</i>   | 20 | 40 |
| " / . . . . . ; . . . . . - - , [2017]. - : [ ]:<br><a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a> . - ." |    |    |
| <i>РГЗ/Реферат:</i>  | 20 | 40 |
| " / . . . . . ; . . . . . - - , [2017]. - : [ ]:<br><a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a> . - ." |    |    |
| <i>Зачет:</i>  | 10 | 20 |
| " / . . . . . ; . . . . . - - , [2017]. - : [ ]:<br><a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a> . - ." |    |    |
| <b>: 2</b>   |    |    |
| <i>Практические занятия:</i>   | 20 | 40 |
| " / . . . . . ; . . . . . - - , [2017]. - : [ ]:<br><a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a> . - ." |    |    |
| <i>РГЗ/Реферат:</i>  | 20 | 40 |
| " / . . . . . ; . . . . . - - , [2017]. - : [ ]:<br><a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723</a> . - ." |    |    |
| <i>Зачет:</i>  | 10 | 20 |

4.2

4.2

|              |                |   |   |
|--------------|----------------|---|---|
|              |                |   |   |
|              |                | / |   |
| <b>-1. /</b> | -1. / 2. , , - | + | + |
|              | -1. / 5. , , , | + | + |
| <b>-2. /</b> | -2. / 2. - , , | + | + |
|              | -2. / 5. ,     | + | + |
| <b>-3. /</b> | -3. / 1. -     | + | + |

## 5.

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

1. Тинников Д. В. Автоматизированное проектирование деталей сложной геометрии с использованием программного продукта PowerSHAPE : [справочное пособие] / Д. В. Тинников, В. В. Иванцовский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000069943](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000069943)
2. Ивликов С. Ю. Основы конечно-элементного моделирования в системе ANSYS : учебное пособие / С. Ю. Ивликов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 66, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000077935](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000077935). - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Madenci E. The Finite Element Method and Applications in Engineering Using Ansys® [electronic resource] // by Erdogan Madenci, Ibrahim Guven. - Boston, MA :, 2006. : v.: digital // Springer e-books. - Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-28290-9>

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

## 6.

## 6.1

1. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина]. - Новосибирск, 2016. - 19, [1] с. : табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000234042](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042)
2. Скиба В. Ю. Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Ю. Скиба ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000233909](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233909). - Загл. с экрана.
3. Скиба В. Ю. Системы компьютерной поддержки инженерных решений [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. Ю. Скиба ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2017]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000233947](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233947). - Загл. с экрана.
4. 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](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234166). - Загл. с экрана.
5. Скиба В. Ю. Компьютерные технологии в науке и 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=vtls000234723](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234723). - 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](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](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](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](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155592). - Загл. с экрана.

## 6.2

- 1 набор инструментов инженерного моделирования ANSYS Ansys Academic Research
- 2 комплексное ПО для автоматизированного расчета и проектирования в машиностроении и строительстве ООО НПП "Модель" APM WinMachine
- 3 Трехмерное моделирование объектов АСКОН Компас 3D
- 4 Система трехмерного моделирования SolidWorks, Waltham, Massachusetts, USA SolidWorks
- 5 Система автоматизированного проектирования Siemens PLM Software SolidEdge
- 6 CAD/CAM/CAE пакет программного обеспечения для промышленных предприятий ООО "Сименс Продакт Лайфсайкл Менеджмент Софтвр (РУ)" NX
- 7 Статистическая обработка экспериментальных данных TableCurve 2D
- 8 Статистическая обработка экспериментальных данных TableCurve 3D

## 6.3

## 7.

|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   |   |
| 1 | 6 | , |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  |  |
| 1 | BenQ W1200 DLP 1800 ANSI<br>1080P( .5, .250) |  |



## 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Компьютерные технологии в науке и машиностроительном производстве представлена в Таблице. Совокупность результатов обучения по дисциплине соотнесена с уровнями сформированности компетенций и соотнесенными с ними индикаторами. Индикаторы достижения компетенций измеряемы с помощью средств текущей и промежуточной аттестации по дисциплине Компьютерные технологии в науке и машиностроительном производстве.

Таблица

| Формируемые компетенции  | Индикаторы компетенций  | Темы   | Этапы оценки результатов обучения и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций |  |
|--|---|--|--|--|
|  |   |  | Мероприятия текущего контроля (контрольная работа, курсовой проект, РГЗ(Р), реферат и др.) | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)                            |
| ПК-1.В/ПР Способен выполнять разработку функциональной, логической, технической и экономической организации машиностроительных производств, их элементов, технического, алгоритмического и программного обеспечения на основе современных методов, средств и технологий проектирования и автоматизации | 2. Знает методы решения научных, технических, организационных проблем и конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств              | 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 (1 семестр) – вопросы 1-30<br>Зачет (2 семестр) – вопросы 1-30 |
| ПК-1.В/ПР  | 5. Умеет использовать при решении задач САПР, инструментальные системы, языки программирования, системы управления и контроля, системы сбора и обработки данных | 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 | РГЗ  | Зачет (1 семестр) – вопросы 1-30<br>Зачет (2 семестр) – вопросы 1-30 |

|   |  |  |     |  |
|---|--|--|-----|--|
|   |  | типовых элементов станочных приводов. Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов<br>Тепловой анализ  |     |  |
| ПК-2.В/ПР Способен участвовать в разработке проектов, формулировать их цели и задачи с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных и прочих параметров, разрабатывать обобщенные варианты решения проектных задач и выбирать оптимальные решения, разрабатывать технические задания на создание новых и модернизацию существующих машиностроительных изделий, устройств, средств и систем конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств, проводить технические расчеты по выполняемым проектам, технико-экономическому и функционально-стоимостному анализу эффективности проектируемых машиностроительных производств, средствам и системам оснащения, проводить оценку инновационного потенциала выполняемых проектов и их риски | 2. Знает технико-экономические показатели, критерии работоспособности, компоновки современного оборудования с компьютерным управлением, тенденции его развития | 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. Расчет передаточных механизмов станочных приводов Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов. Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов | РГЗ | Зачет (1 семестр) – вопросы 1-30<br><br>Зачет (2 семестр) – вопросы 1-30 |
| ПК-2.В/ПР   | 5. Умеет осуществлять инновационное проектирование, оценивать эффективность инноваций  | РГЗ  | РГЗ | Зачет (1 семестр) – вопросы 1-30<br><br>Зачет (2 семестр) – вопросы 1-30 |
| ПК-3.В/ПР Способен осуществлять   | 1. Знает специфику социально-  | Модальный анализ Обработка результатов моделирования   | РГЗ | Зачет (1 семестр) – вопросы 1-30   |



|  |  |   |  |                                  |
|--|--|---|--|----------------------------------|
| профессиональную деятельность с учетом региональных особенностей и потребностей работодателей. | экономического развития и рынка труда в области профессиональной деятельности в своем регионе. | 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. Статистический анализ напряженного состояния конструктивных элементов станочных приводов. |  | Зачет (2 семестр) – вопросы 1-30 |
|--|--|---|--|----------------------------------|

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций по дисциплине

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

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).

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 1 семестре - в форме зачета, в 2 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-1.В/ПР, ПК-2.В/ПР, ПК-3.В/ПР и соотнесенных с ними индикаторов. (см. таблицу раздела 1).

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.

Зачет (2 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.

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

На основании критериев, приведенных в п. 3, осуществляется оценка уровней достигнутых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ПК-1.В/ПР, ПК-2.В/ПР, ПК-3.В/ПР, закрепленных за дисциплиной.

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

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

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

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

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

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

**Паспорт зачета**

по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и 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 «Компьютерные технологии в науке и 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 выполнение практических работ + 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 «Компьютерные технологии в науке и 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 модуль 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 расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и 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.

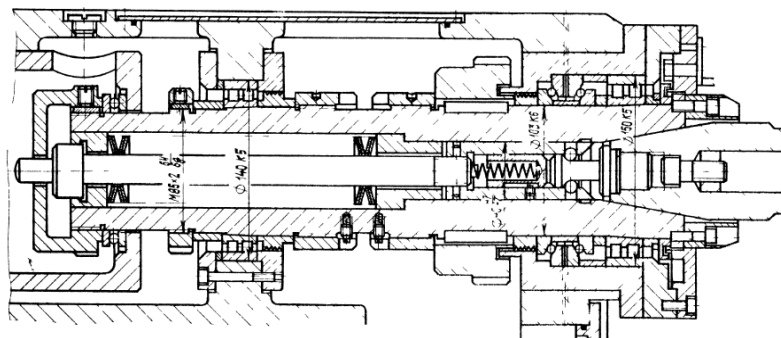


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

### 2. Критерии оценки

*Работа считается **не выполненной***, если студент не освоил теоретический материал и не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет менее 20 баллов.

*Работа считается выполненной на **пороговом уровне***, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 20...26 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 27...33 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 34...40 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 выполнение практических работ + **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.

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, $10^3 \text{ мин}^{-1}$ | 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, $10^3 \text{ ч}$      | 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, $10^3 \text{ мин}^{-1}$ | 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, $10^3 \text{ ч}$      | 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  $\phi$  геометрического ряда частот вращения привода с дискретным регулированием, причем значение потери скорости, отмеченное звездочкой, присуще большему  $\phi$  (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/м<sup>3</sup>;
2. Сталь 45,  $\sigma_{0,2} = 275$  МПа,  $\rho = 7826$  кг/м<sup>3</sup>;
3. Сталь 38ХА,  $\sigma_{0,2} = 490$  МПа,  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>;

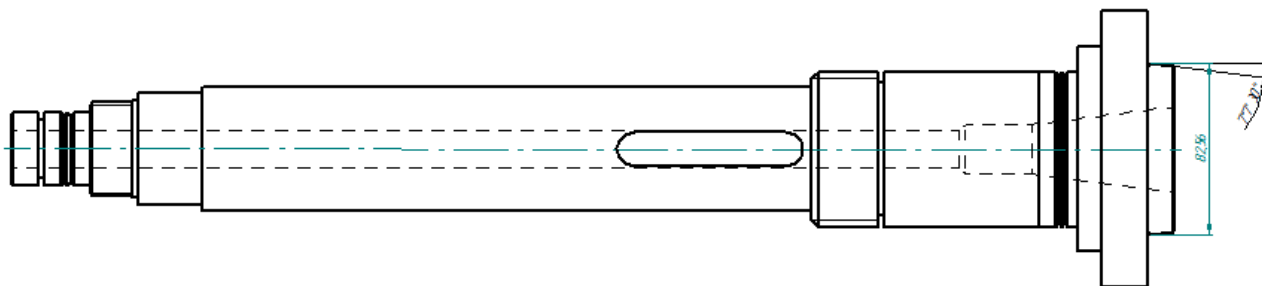


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

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:

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

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).

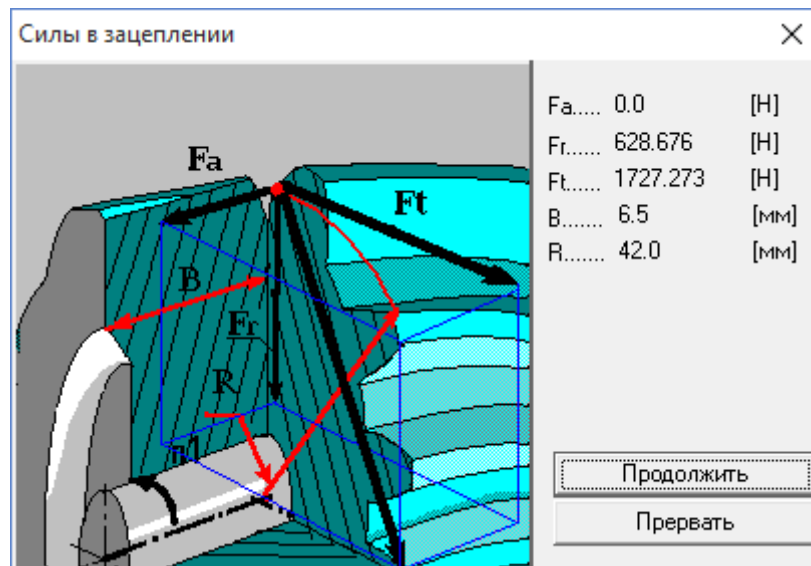


Рисунок 2 – Силы в зацеплении

## 2 Определение коэффициента запаса прочности и полной деформации

### 1 шпиндель (Сталь 40X, $\sigma_{0.2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м<sup>3</sup>)

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).

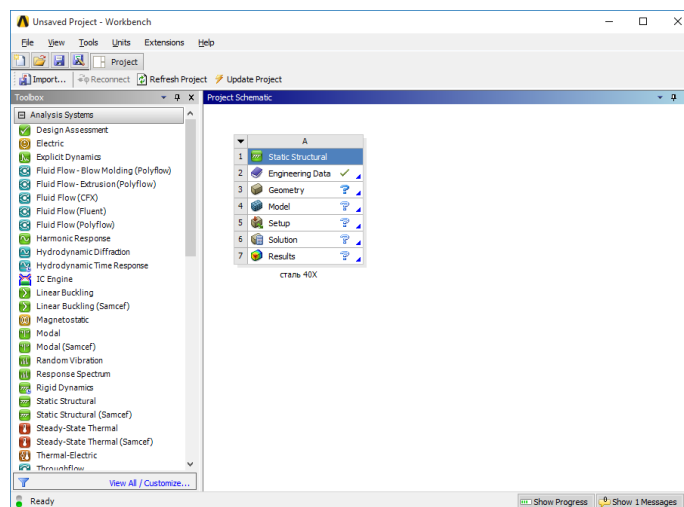


Рисунок 3 – Модуль Static Structural

Начинаем с подраздела «*Engineering Data*»

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

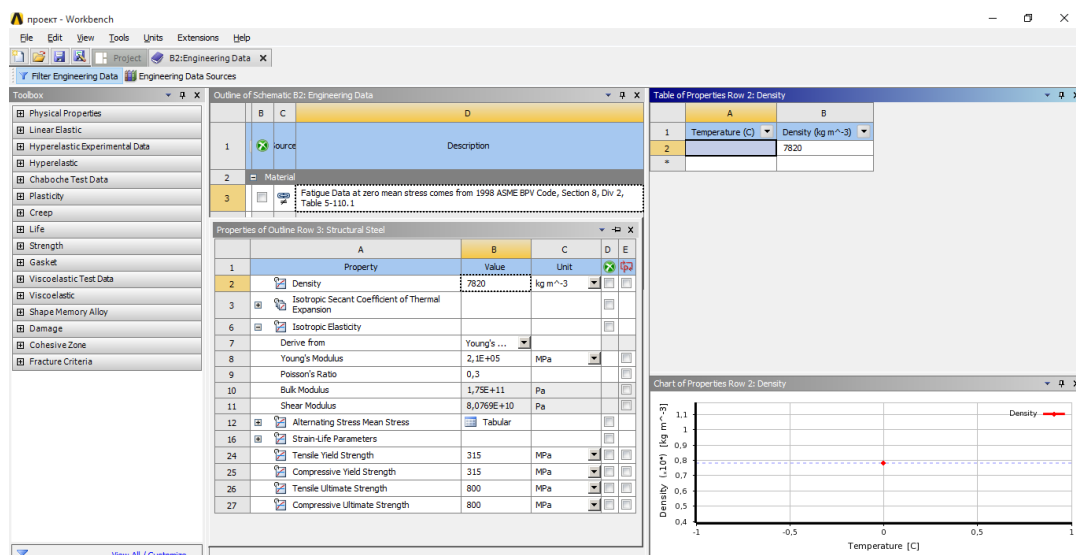


Рисунок 4 – Характеристики материала

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

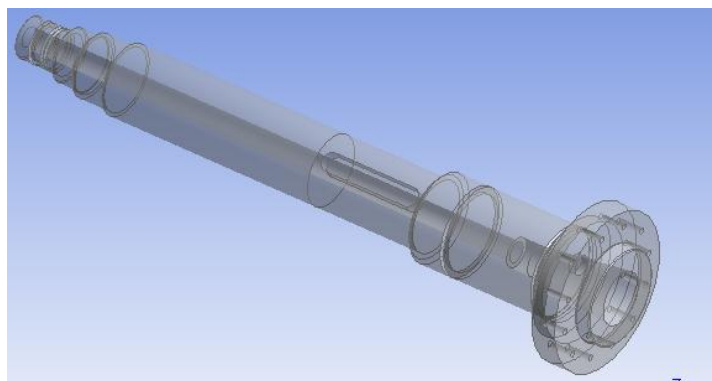


Рисунок 5 – 3D модель шпинделя

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).

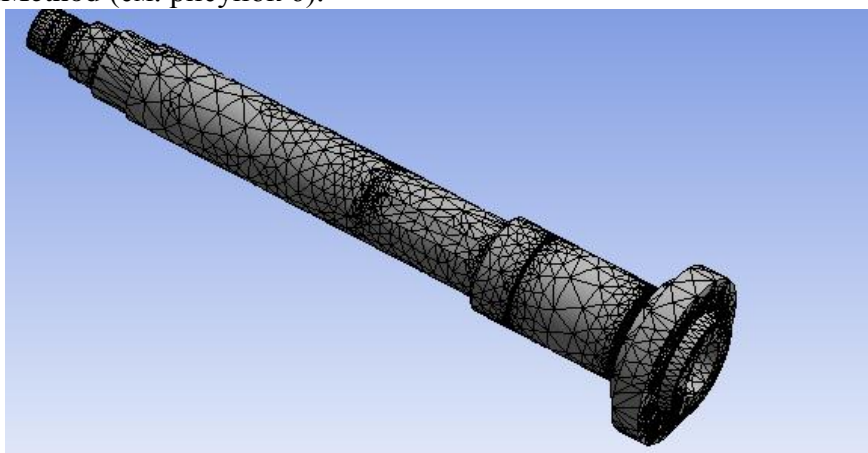


Рисунок 6 – Конечно-элементная сетка

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).

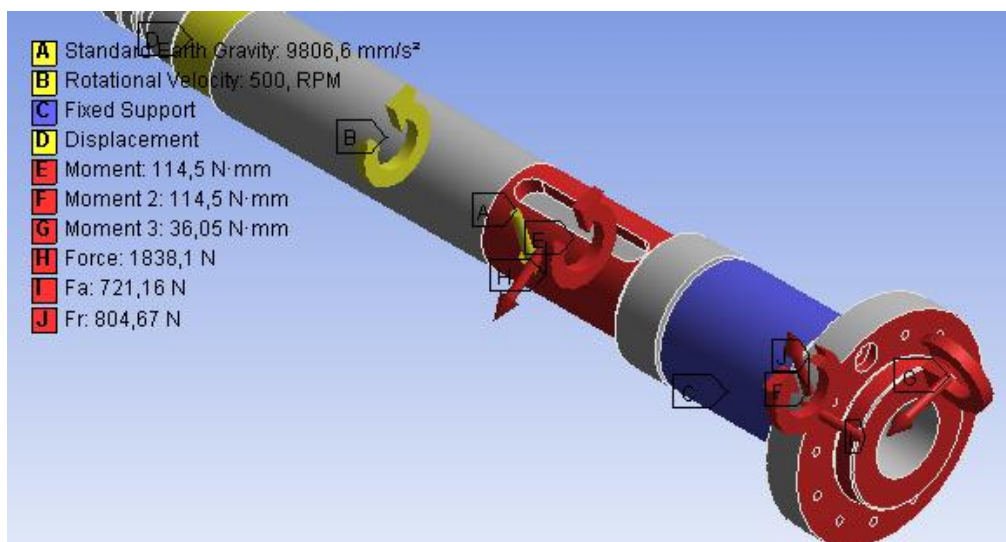


Рисунок 7 – Простановка сил и моментов, действующих на шпиндель

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).

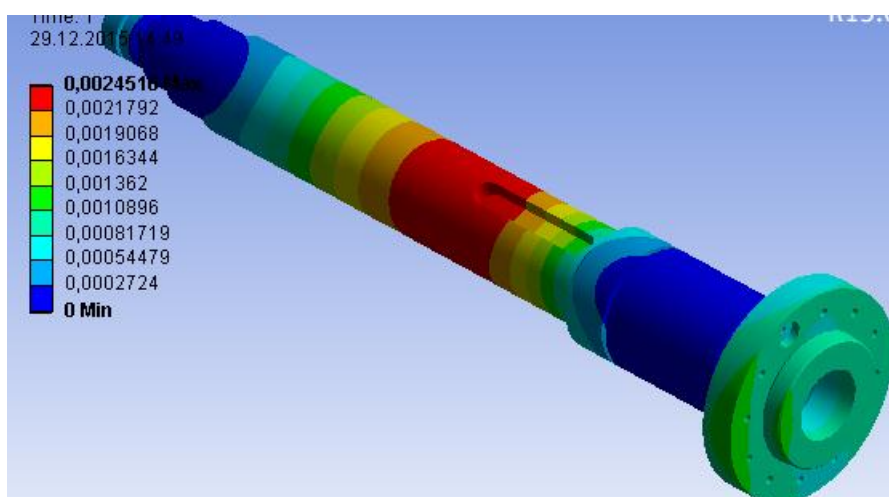


Рисунок 8 – Общие деформации шпинделя

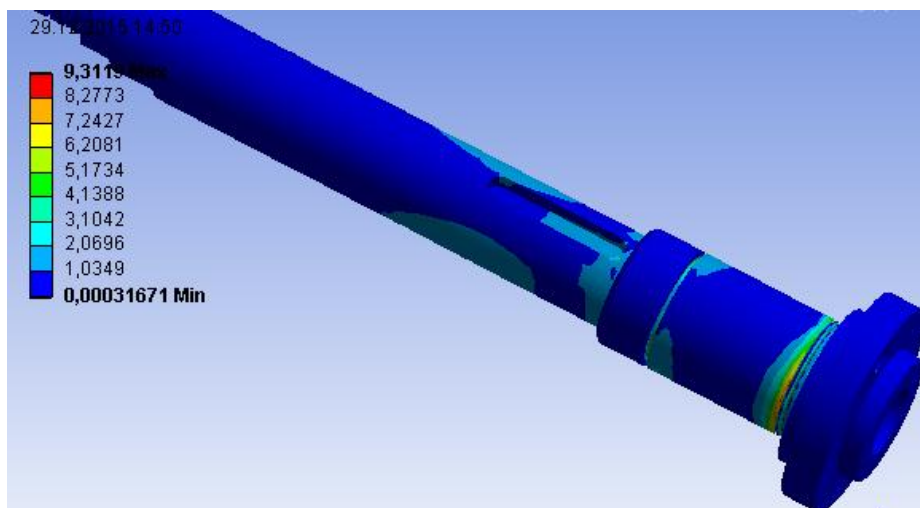


Рисунок 9 – Эквивалентные деформации шпинделя

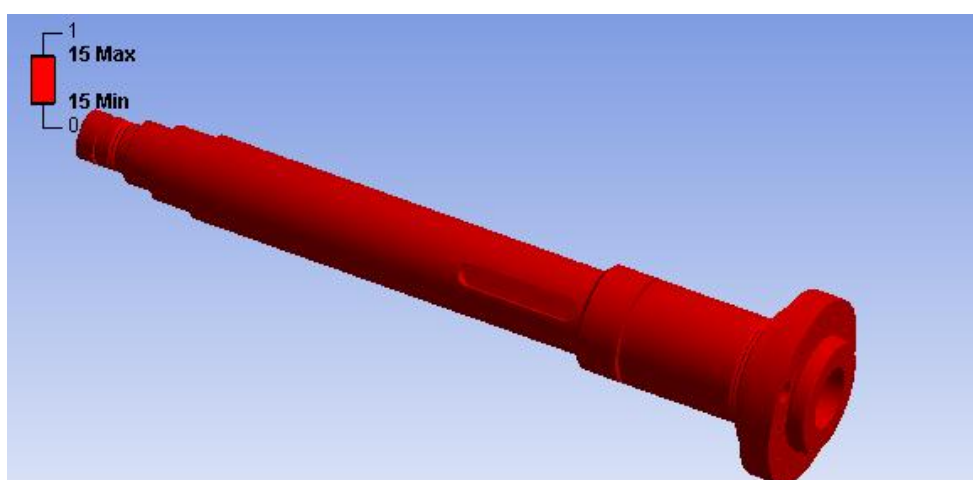


Рисунок 10 – Запас прочности шпинделя

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

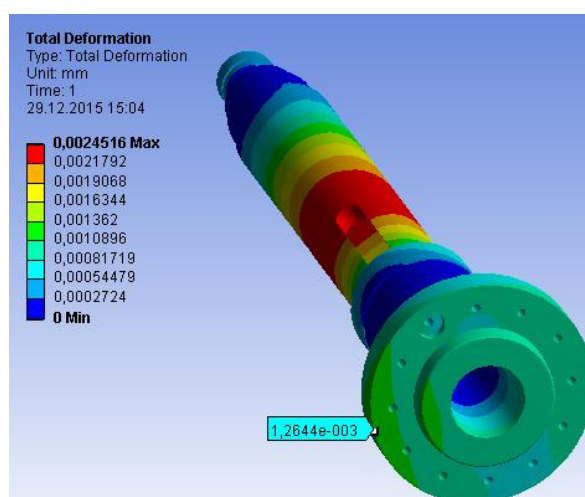


Рисунок 11 – Измерение максимального отклонения

**В результате, для 1 шпинделя (Сталь 40Х,  $\sigma_{0,2} = 315$  МПа,  $\rho = 7820$  кг/м<sup>3</sup>) имеем:**

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



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

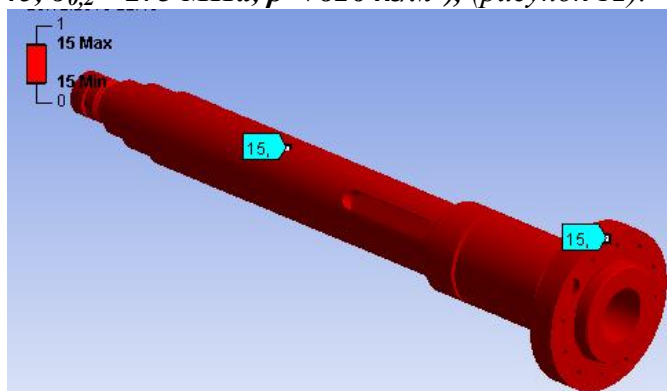


Рисунок 12 – Запас прочности шпинделя

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

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

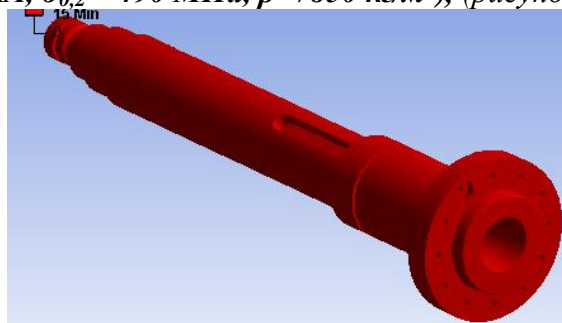


Рисунок 13 – Запас прочности шпинделя

- 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

|            |   | Шпиндель 1<br>(Ø 82,56) | Шпиндель 2<br>(Ø 72,65) | Шпиндель 3<br>(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).

[illegible]

Рисунок 14 – Ввод данных

Коэффициент  $X (\sigma_{0.2})$  – предел текучести стали;

Коэффициент  $Y(D)$  – диаметры переднего конца шпинделя;

Коэффициент  $Z(\delta)$  – отклонение переднего конца шпинделя.

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

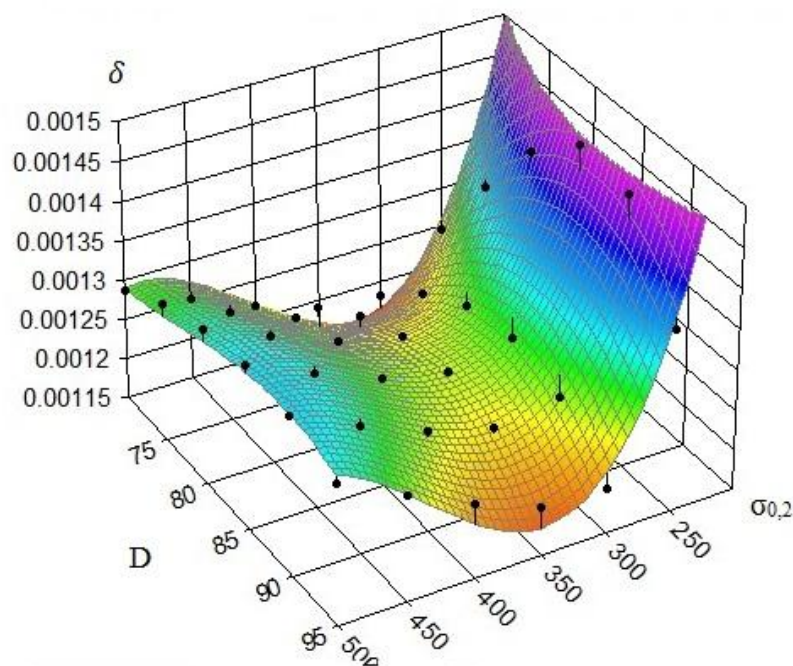


Рисунок 15 – Графическое отображение результатов

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

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

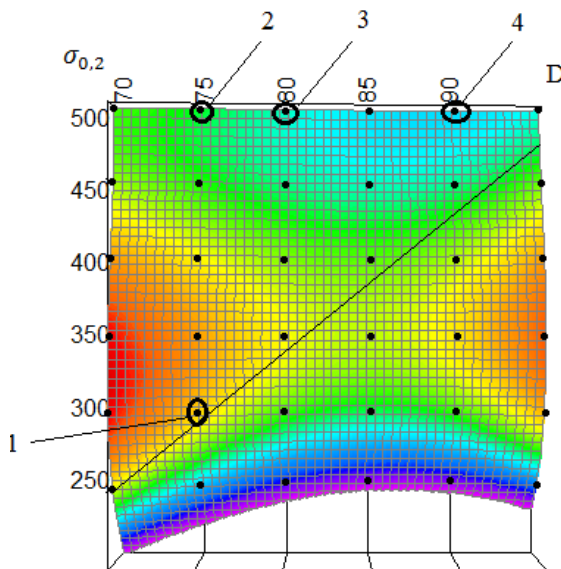


Рисунок 16 – Анализ результатов

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/м<sup>3</sup>.

## 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/produkty/programmnie\\_kompleksi/sistema\\_rascheta\\_proektirovaniya\\_obektov\\_mas\\_hinostroeniya/](http://apm.ru/produkty/programmnie_kompleksi/sistema_rascheta_proektirovaniya_obektov_mas_hinostroeniya/)– Загл. с экрана.

---

Объем пояснительной записки 20-25 стр. компьютерного набора. Формат бумаги А4 – 210 х 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. Подписуемая подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. Список использованной литературы оформляется по ГОСТ.

**Паспорт заданий для выполнения практических работ**  
по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и машиностроительном производстве»,  
1 семестр

## 1. Методика оценки

Для защиты четырех практических работ студентам предлагается выполнить следующий типовый набор заданий: Практическая работа № 1: «Практика компьютерного анализа в среде APM WinMachine. Работа с проектом в APM WinMachine. Статистический анализ напряженного состояния. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия»; Практическая работа № 2: «Расчет стандартных соединений элементов станочных приводов. Расчет типовых элементов станочных приводов»; Практические работы № 3: «Расчет передаточных механизмов станочных приводов»; Практическая работа № 4: «Практика компьютерного анализа в среде ANSYS. Работа с проектом в ANSYS. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия». 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" – 5-6 балл; "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 ВЫПОЛНЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ** + 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 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, $10^3 \text{ мин}^{-1}$ | 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, $10^3 \text{ ч}$      | 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, $10^3 \text{ мин}^{-1}$ | 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<br>данные                                     | Варианты |    |      |    |    |      |    |    |      |    |
|--|----------|----|------|----|----|------|----|----|------|----|
|  | 1        | 2  | 3    | 4  | 5  | 6    | 7  | 8  | 9    | 10 |
| Система<br>управления<br>приводом                      | Г        | Э  | Э    | Г  | Э  | Г    | Э  | Г  | Г    | Э  |
| Технический<br>ресурс<br>привода, $10^3$ ч             | 20       | 14 | 11,2 | 10 | 16 | 17,5 | 12 | 18 | 12,5 | 15 |
| Режим<br>нагружения<br>привода $\bar{N}$<br>$/N_{ном}$ | 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  $\phi$  геометрического ряда частот вращения привода с дискретным регулированием, причем значение потери скорости, отмеченное звездочкой, присуще большему  $\phi$  (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.

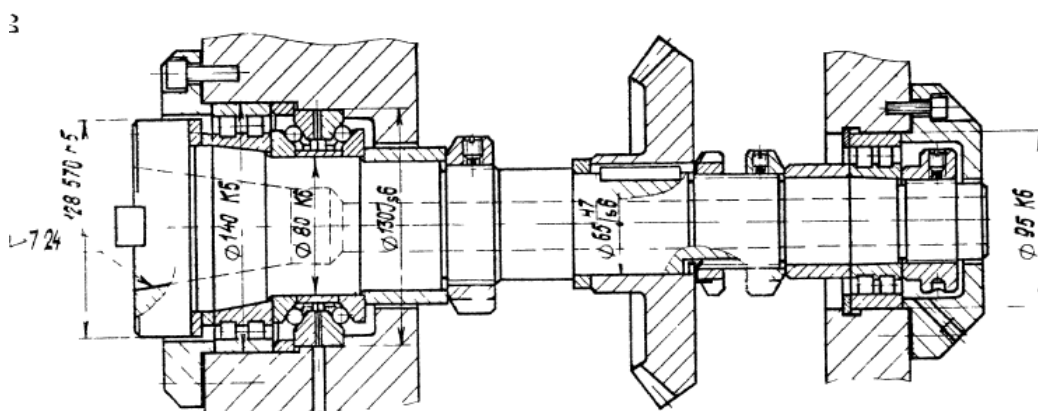


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла



**Практическая работа № 1:** *«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.

**Практическая 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.

**Практические работы № 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.

**Практическая 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).

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

**Паспорт экзамена**

по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и машиностроительном  
производстве», 2 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 экзамене 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 экзамена**

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет МТФ

**Билет № 1**

к экзамену по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и машиностроительном  
производстве»

---

1. Расчет вала на усталостную прочность.
2. Какие возможности имеются в Ansys Workbench для генерации сетки в составных деталях?

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 00 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 20 баллов или с учетом сдачи зачета его суммарный рейтинг (**ОЦЕНКА НА ЗАЧЕТЕ** + 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 зачета студент имеет возможность получить оценку не выше Е ("удовлетворительно").

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

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

Итоговая оценка по дисциплине выставляется согласно таблице.

Таблица

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

### 4. Вопросы к зачету по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и 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 модуль 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 расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и 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" – 20...26 баллов; "хорошо" – 27...33 баллов; "отлично" – 34...40 баллов.

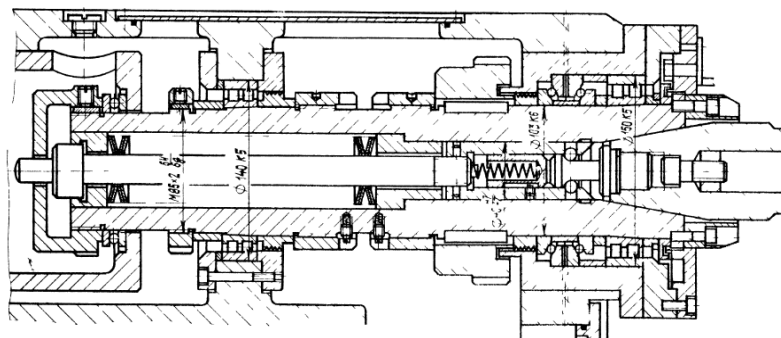


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

### 2. Критерии оценки

*Работа считается **не выполненной***, если студент не освоил теоретический материал и не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет менее 20 баллов.

*Работа считается выполненной на **пороговом уровне***, если студент освоил теоретический материал, но не смог обобщить теоретический и практический материал; оценка составляет 20...26 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 27...33 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 34...40 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 20 баллов или с учетом сдачи зачета его суммарный рейтинг (оценка на зачете + 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 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, $10^3 \text{ мин}^{-1}$ | 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, $10^3 \text{ ч}$      | 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, $10^3 \text{ мин}^{-1}$ | 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, $10^3 \text{ ч}$      | 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  $\phi$  геометрического ряда частот вращения привода с дискретным регулированием, причем значение потери скорости, отмеченное звездочкой, присуще большему  $\phi$  (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/м<sup>3</sup>;
2. Сталь 45,  $\sigma_{0,2} = 275$  МПа,  $\rho = 7826$  кг/м<sup>3</sup>;
3. Сталь 38ХА,  $\sigma_{0,2} = 490$  МПа,  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>;

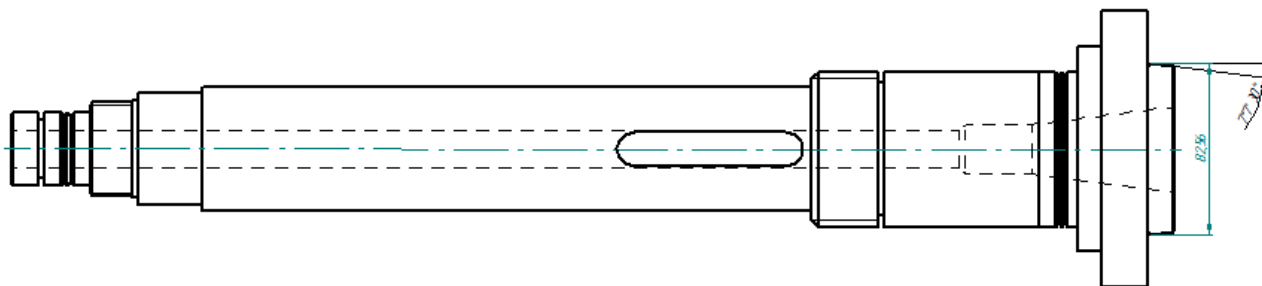


Рисунок 1 – Эскиз шпинделя

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:

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

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).

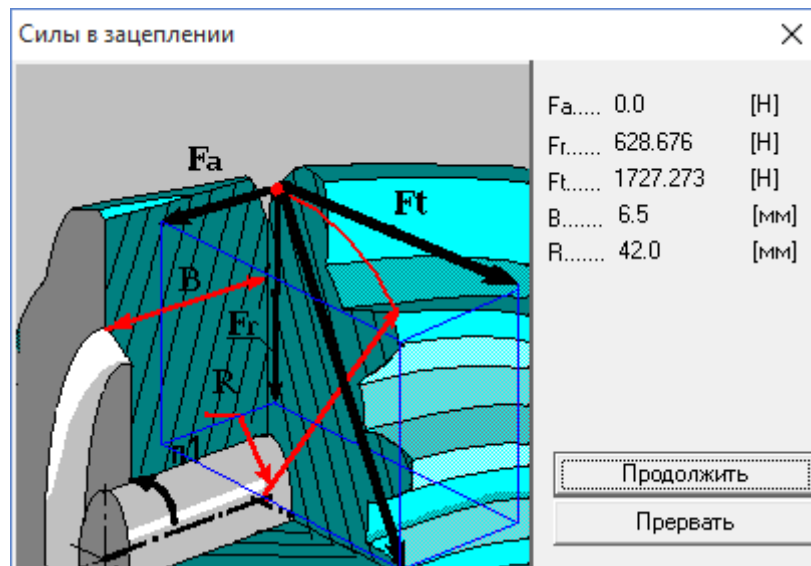


Рисунок 2 – Силы в зацеплении

## 2 Определение коэффициента запаса прочности и полной деформации

### 1 шпиндель (Сталь 40X, $\sigma_{0.2} = 315$ МПа, $\rho = 7820$ кг/м<sup>3</sup>)

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).

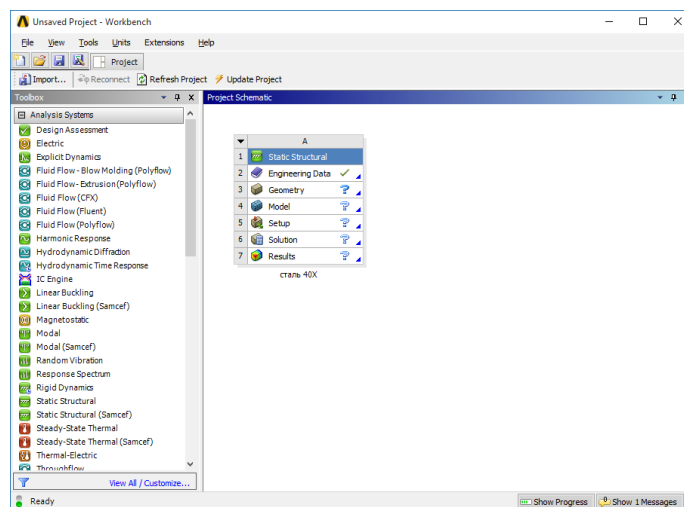


Рисунок 3 – Модуль Static Structural

Начинаем с подраздела «*Engineering Data*»

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

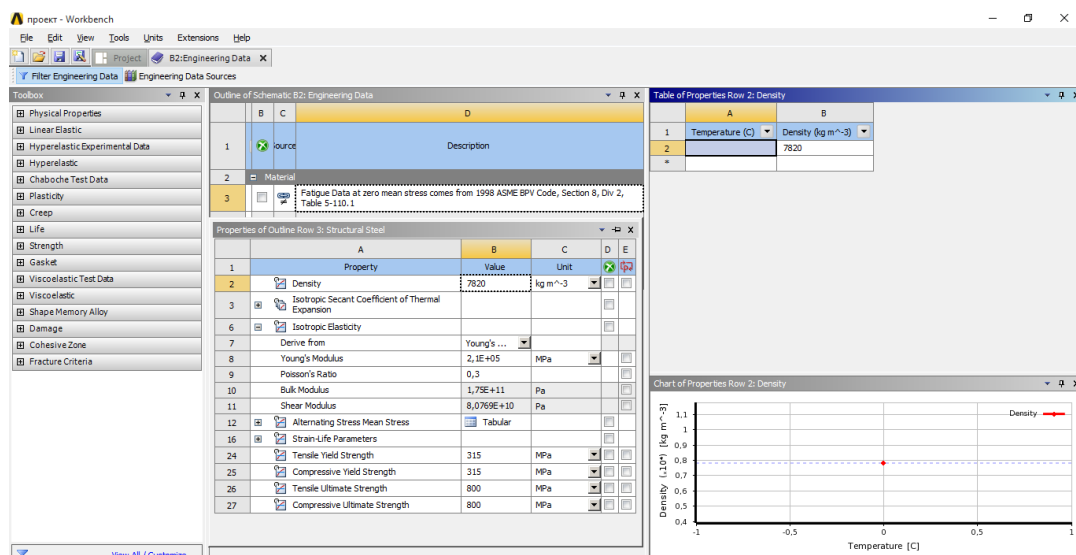


Рисунок 4 – Характеристики материала

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

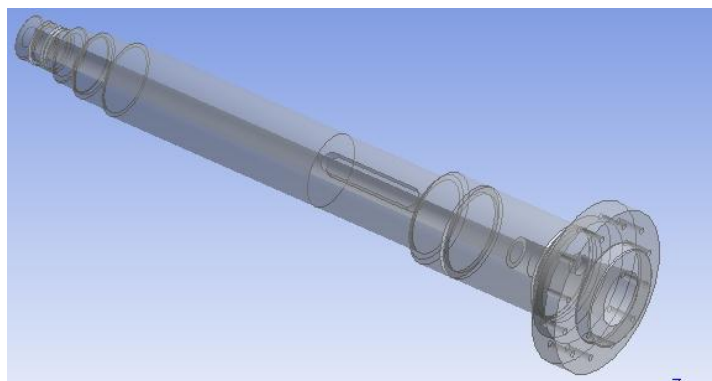


Рисунок 5 – 3D модель шпинделя

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).

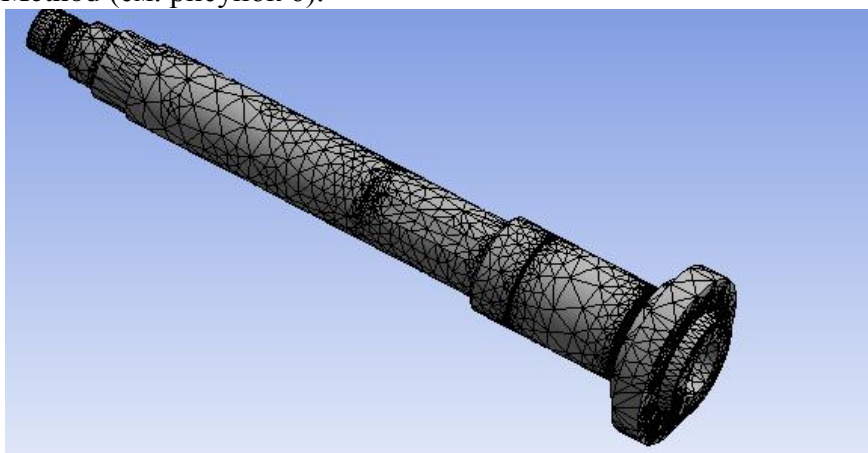


Рисунок 6 – Конечно-элементная сетка

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).

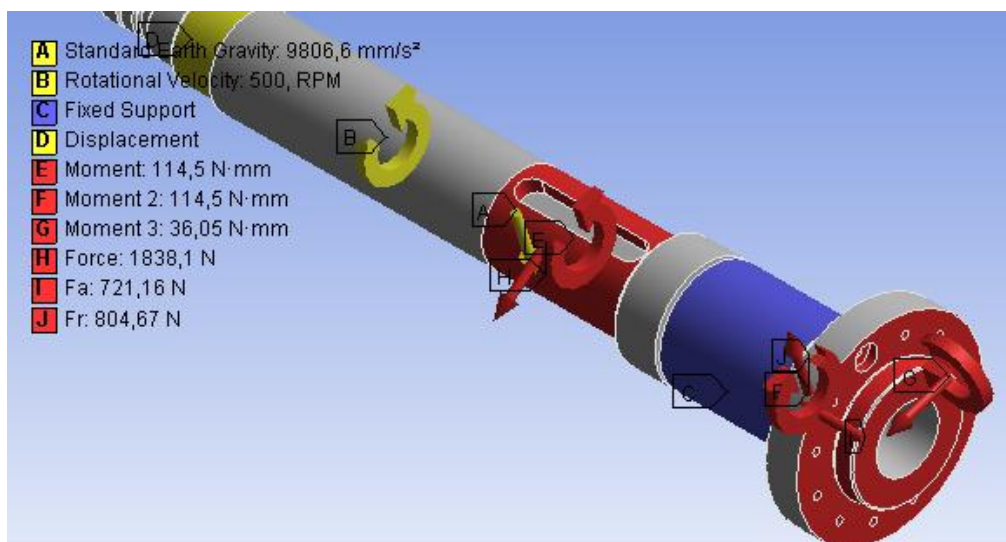


Рисунок 7 – Простановка сил и моментов, действующих на шпиндель

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).

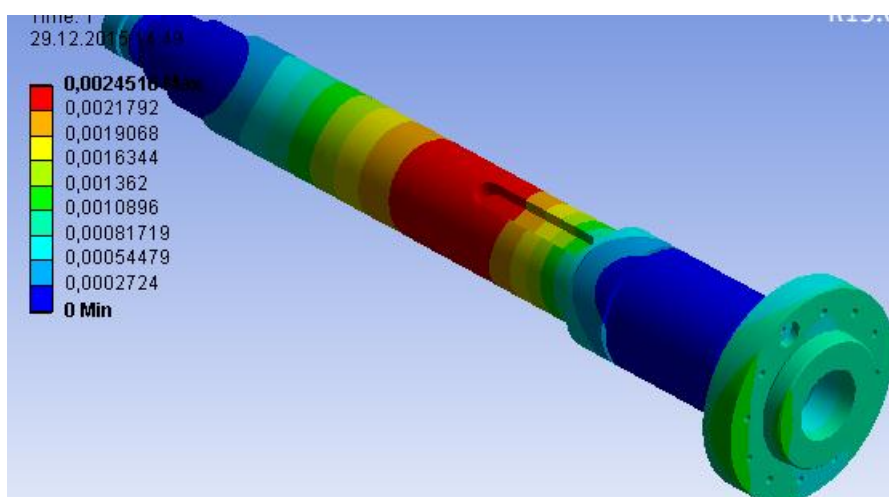


Рисунок 8 – Общие деформации шпинделя

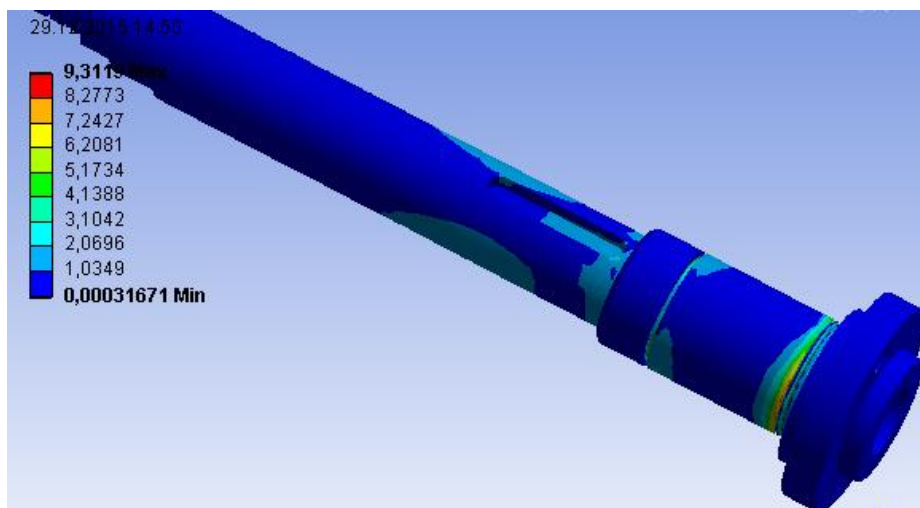


Рисунок 9 – Эквивалентные деформации шпинделя

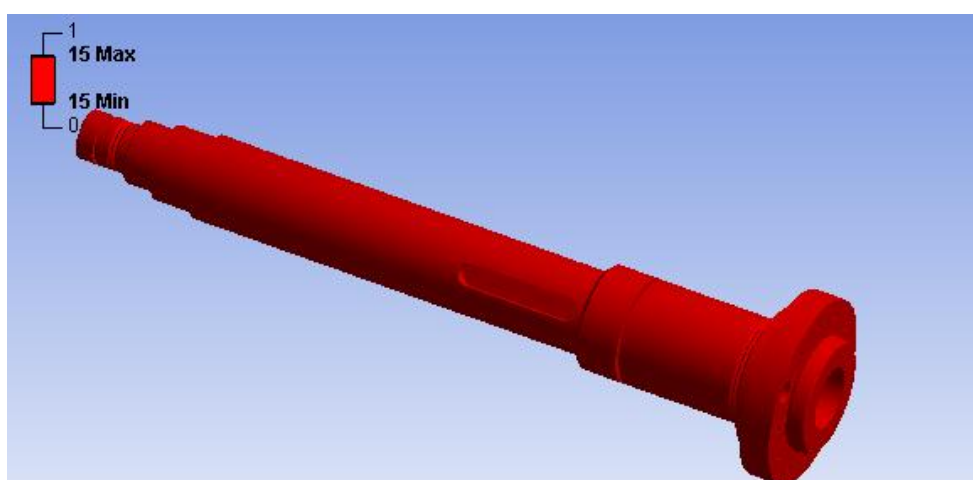


Рисунок 10 – Запас прочности шпинделя

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

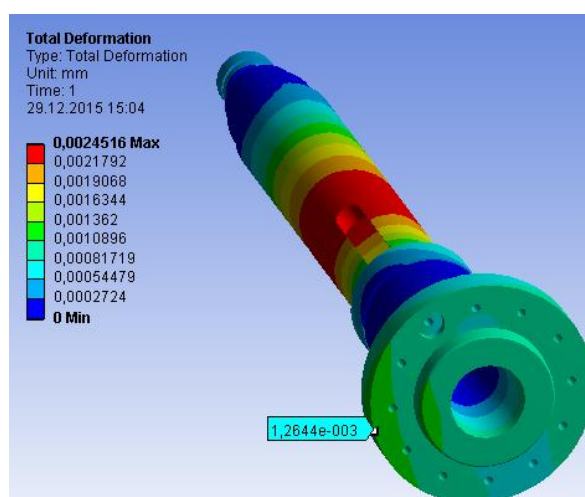


Рисунок 11 – Измерение максимального отклонения

*В результате, для 1 шпинделя (Сталь 40Х,  $\sigma_{0,2} = 315$  МПа,  $\rho = 7820$  кг/м<sup>3</sup>) имеем:*

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

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

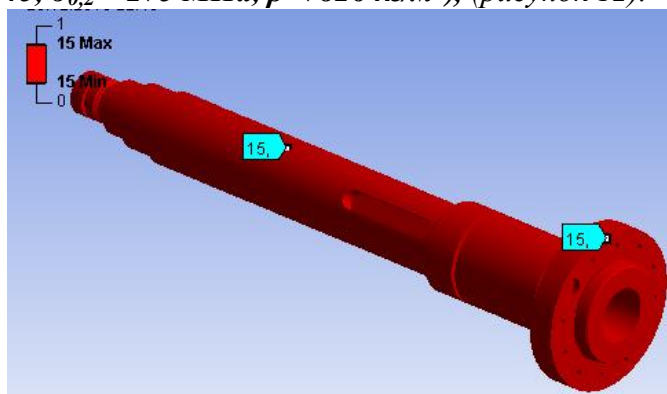


Рисунок 12 – Запас прочности шпинделя

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

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

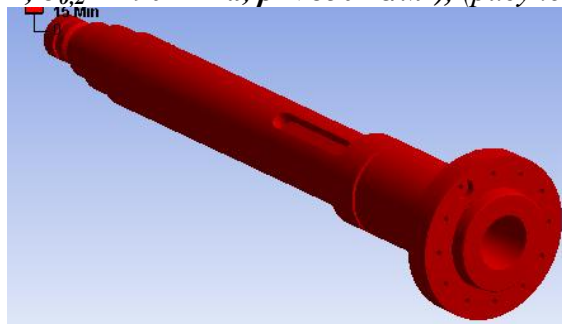


Рисунок 13 – Запас прочности шпинделя

- 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

|            |   | Шпindelь 1<br>(Ø 82,56) | Шпindelь 2<br>(Ø 72,65) | Шпindelь 3<br>(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).

[illegible]

Рисунок 14 – Ввод данных

Коэффициент  $X (\sigma_{0.2})$  – предел текучести стали;

Коэффициент  $Y(D)$  – диаметры переднего конца шпинделя;

Коэффициент  $Z(\delta)$  – отклонение переднего конца шпинделя.

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

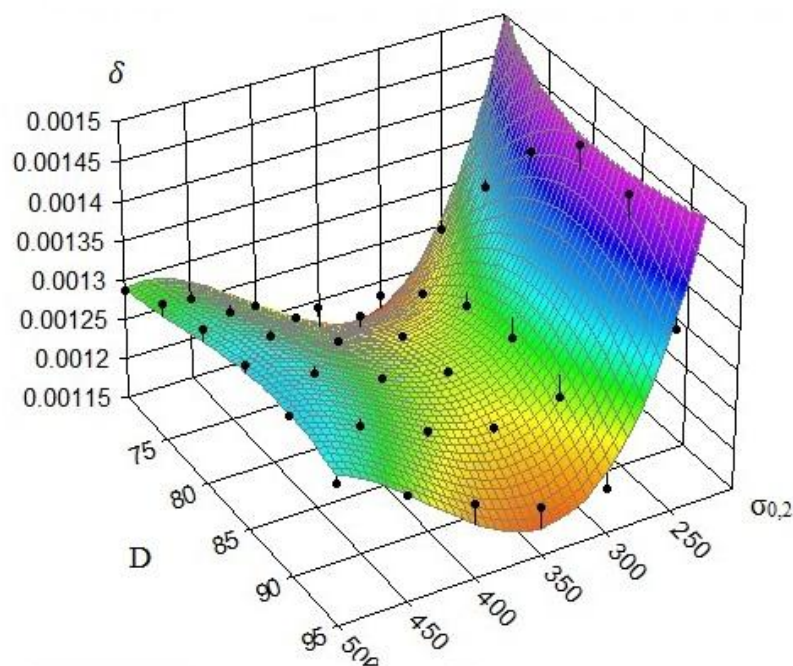


Рисунок 15 – Графическое отображение результатов

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

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

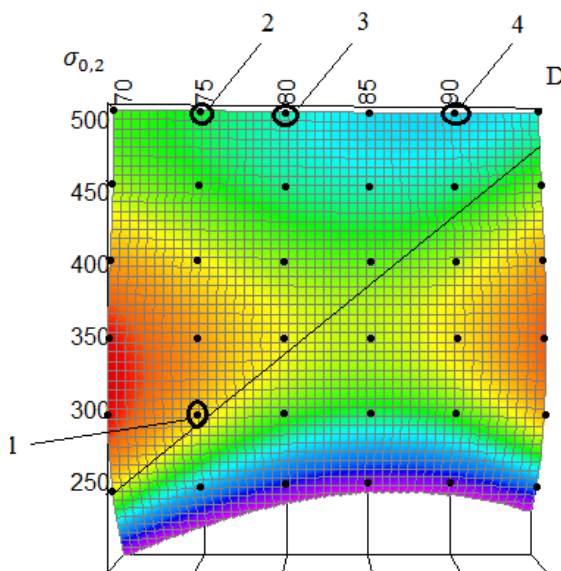


Рисунок 16 – Анализ результатов

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/м<sup>3</sup>.

## 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/produkty/programmnie\\_kompleksi/sistema\\_rascheta\\_proektirovaniya\\_obektov\\_mas\\_hinostroeniya/](http://apm.ru/produkty/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. Подписуемая подпись должна располагаться под рисунком. Нумерация рисунков сквозная. Список использованной литературы оформляется по ГОСТ.

**Паспорт заданий для выполнения практических работ**  
по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и 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" – 4 балл; "хорошо" – 5-6 балла; "отлично" – 7-8 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 4 баллов.

*Работа считается выполненной на **пороговом уровне***, если студент освоил практический материал, но не смог обобщить теоретический материал; оценка составляет 4 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 5-6 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 7-8 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 20 баллов или с учетом сдачи зачета его суммарный рейтинг (оценка на зачете + **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 зачета студент имеет возможность получить оценку не выше Е ("удовлетворительно").

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

Итоговая оценка по дисциплине выставляется согласно таблице.

Таблица

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

#### 4. Перечень практических работ

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

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

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

##### *Кратко прокомментируем принятые в заданиях условные обозначения.*

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

Т а б л и ц а 1

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

Т а б л и ц а 2

| Исходные данные  | Варианты |     |      |     |      |      |      |     |     |      |
|--|----------|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|------|
|  | 1        | 2   | 3    | 4   | 5    | 6    | 7    | 8   | 9   | 10   |
| Максимальная частота вращения, $10^3 \text{ мин}^{-1}$ | 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, $10^3 \text{ ч}$      | 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, $10^3 \text{ мин}^{-1}$ | 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<br>данные                                     | Варианты |    |      |    |    |      |    |    |      |    |
|--|----------|----|------|----|----|------|----|----|------|----|
|  | 1        | 2  | 3    | 4  | 5  | 6    | 7  | 8  | 9    | 10 |
| Система<br>управления<br>приводом                      | Г        | Э  | Э    | Г  | Э  | Г    | Э  | Г  | Г    | Э  |
| Технический<br>ресурс<br>привода, $10^3$ ч             | 20       | 14 | 11,2 | 10 | 16 | 17,5 | 12 | 18 | 12,5 | 15 |
| Режим<br>нагружения<br>привода $\bar{N}$<br>$/N_{ном}$ | 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  $\phi$  геометрического ряда частот вращения привода с дискретным регулированием, причем значение потери скорости, отмеченное звездочкой, присуще большему  $\phi$  (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.

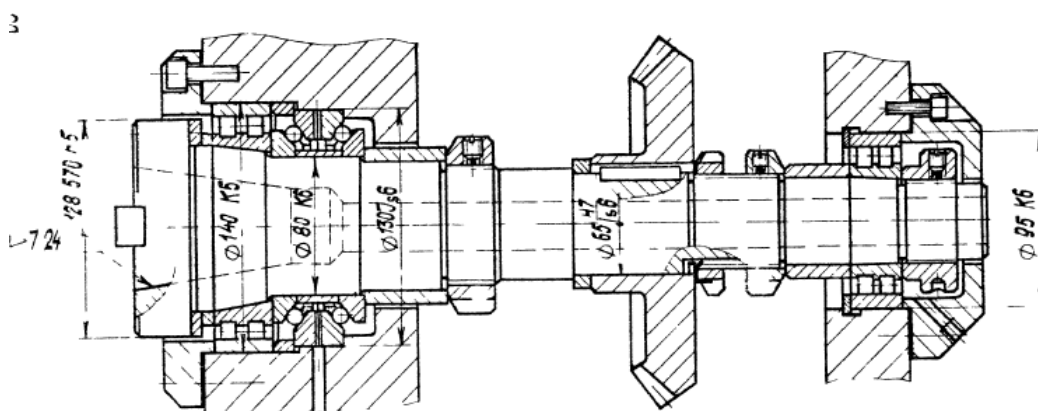


Рисунок 1. Пример чертежа конструкций шпиндельного узла

**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.