



Федеральное агентство по рыболовству  
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»  
**Калининградский морской рыбопромышленный колледж**

Утверждаю  
Заместитель начальника колледжа  
по учебно-методической работе  
А.И. Колесниченко

**ОП.02 ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

Методическое пособие для выполнения практических занятий  
по специальности

**26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок**

**МО–26 02 05-ОП.02.ПЗ**

РАЗРАБОТЧИК  
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ  
ГОД РАЗРАБОТКИ

Судомеханическое отделение  
Никишин М.Ю.  
2025

|                      |                            |         |
|----------------------|----------------------------|---------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 2/42 |

## Содержание

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                                                                                         | 3  |
| Практическое занятие № 1 Определение величины равнодействующей плоской системы сходящихся сил .....                                                    | 6  |
| Практическое занятие № 2 Определение реакций балочных опор .....                                                                                       | 7  |
| Практическое занятие № 3 Определение реакций балочных опор, нагруженных совмещенными нагрузками .....                                                  | 9  |
| Практическое занятие № 4 Определение центра тяжести плоских сечений, составленных из простых фигур .....                                               | 10 |
| Практическое занятие № 5 Примеры решения задач по темам 1.8-1-9 .....                                                                                  | 12 |
| Практическое занятие № 6 Решение задач по темам 1.11;1.12 .....                                                                                        | 13 |
| Практическое занятие № 7 Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса .....                                                   | 15 |
| Практическое занятие № 8 Расчет на прочность ступенчатого бруса. Определение размеров поперечного сечения .....                                        | 16 |
| Практическое занятие № 9 Построение эпюр крутящих моментов. Расчет валов на прочность и жесткость при кручении. ....                                   | 17 |
| Практическое занятие № 10 Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов .....                                                                   | 18 |
| Практическое занятие № 11 Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов по характерным точкам .....                                             | 20 |
| Практическое занятие № 12 Расчет вала на совместное действие изгиба и кручения .....                                                                   | 23 |
| Практическое занятие № 13 Определение кинематических и силовых параметров валов многоступенчатой передачи .....                                        | 25 |
| Практическое занятие № 14 Геометрический расчет передачи (прямозубая, косозубая, шевронная) .....                                                      | 26 |
| Практическое занятие № 15 Определение геометрических параметров червячной пары редуктора .....                                                         | 28 |
| Практическое занятие № 16 Чтение и составление кинематических схем редукторов. Кинематический расчет редукторов. ....                                  | 29 |
| Практическое занятие № 17 Кинематическая схема привода. Выбор двигателя. Кинематический расчет привода (задача 1) .....                                | 31 |
| Практическое занятие № 18 Редуктор привода ленточного транспортера. Выбор материалов и допускаемых напряжений зубчатой пары редуктора (задача 2) ..... | 32 |
| Практические занятия № 19 Проектировочный расчет передачи редуктора(задача 2) .....                                                                    | 34 |
| Практическое занятие № 20 Проверочный расчет передачи редуктора на контактную прочность (задача 3) .....                                               | 36 |
| Практическое занятие № 21 Проверочный расчет зубьев колес на изгиб (задача 4) .....                                                                    | 36 |
| Практическое занятие № 22 Проектировочный расчет валов редуктора. Эскизы валов. (задача 5) .....                                                       | 37 |
| Практическое занятие № 23 Подбор подшипников и проверка их долговечности (задача 6) .....                                                              | 39 |
| ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                                                                                | 42 |

|                      |                            |         |
|----------------------|----------------------------|---------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 3/42 |

## ВВЕДЕНИЕ

Рабочей программой дисциплины предусмотрено 23 практических занятий.

Целью проведения практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по отдельным темам дисциплины. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, конкретизируются и углубляются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность применять эти знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Выполнение практических заданий направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

- профессиональные компетенции:

ПК 1.1. Обеспечивать техническую эксплуатацию главных энергетических установок судна, вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления.

ПК 1.2. Осуществлять контроль выполнения национальных и международных требований по эксплуатации судна.

ПК 1.3. Выполнять техническое обслуживание и ремонт судового оборудования.

ПК 1.4. Осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судна.

ПК 1.5. Осуществлять эксплуатацию судовых технических средств в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды.

- общие компетенции:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

|                      |                            |         |
|----------------------|----------------------------|---------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 4/42 |

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

Перед проведением практических занятий обучающиеся обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель проверить их знания готовность к выполнению задания.

Текст выполняемых работ на практических занятиях обучающиеся должны писать ручкой понятным почерком. Схемы, эскизы, таблицы необходимо выполнять только карандашом с помощью чертежных инструментов.

После каждого практического занятия проводится защита отчета, как правило, на следующем практическом занятии перед выполнением последующей работы.

На защите отчета обучающийся должен знать теорию по данной теме, пояснить, как выполнялась работа в соответствии с основными требованиями к знаниям и умениям по данной теме рабочей программы.

|                      |                            |         |
|----------------------|----------------------------|---------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 5/42 |

## Перечень практических занятий

| № п/п                                                         | Практическое занятие                                                                           | Кол-во часов |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Раздел 1 Теоретическая механика</b>                        |                                                                                                |              |
| <b>Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил</b>                |                                                                                                |              |
| 1                                                             | Определение величины равнодействующей плоской системы сходящихся сил                           | 2            |
| <b>Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил</b> |                                                                                                |              |
| 2                                                             | Определение реакций балочных опор                                                              |              |
| 3                                                             | Определение реакций балочных опор, нагруженных совмещенными нагрузками                         | 2            |
| <b>Тема 1.6 Центр тяжести</b>                                 |                                                                                                |              |
| 4                                                             | Определение центра тяжести плоских сечений, составленных из простых фигур                      | 2            |
| <b>1.9 Простейшие движения твердого тела</b>                  |                                                                                                |              |
| 5                                                             | Решение задач по темам 1.8;1.9                                                                 | 2            |
| <b>1.12 Работа и мощность</b>                                 |                                                                                                |              |
| 6                                                             | Решение задач по темам 1.11;1.12                                                               | 2            |
| <b>Раздел 2 Сопротивление материалов</b>                      |                                                                                                |              |
| <b>Тема 2.2 Растяжение и сжатие</b>                           |                                                                                                |              |
| 7                                                             | Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса                          | 2            |
| 8                                                             | Расчет на прочность ступенчатого бруса. Определение перемещения свободного конца               | 2            |
| <b>Тема 2.6 Кручение</b>                                      |                                                                                                |              |
| 9                                                             | Построение эпюр крутящих моментов .Расчет валов на прочность и жесткость при кручении          | 2            |
| <b>Тема 2.7 Изгиб</b>                                         |                                                                                                |              |
| 10                                                            | Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов                                           | 2            |
| 11                                                            | Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов по характерным точкам. Проверка прочности | 2            |
| 12                                                            | Расчет вала на совместное действие изгиба и кручения                                           | 2            |
| <b>Раздел 3 Детали машин</b>                                  |                                                                                                |              |
| <b>Тема 3.2 Общие сведения о передачах</b>                    |                                                                                                |              |
| 13                                                            | Определение кинематических и силовых параметров валов многоступенчатой передачи                | 2            |
| <b>Тема 3.4 Зубчатые передачи</b>                             |                                                                                                |              |
| 14                                                            | Геометрический расчет передачи (прямозубая, косозубая, шевронная)                              | 2            |
| <b>Тема 3.6 Червячные передачи</b>                            |                                                                                                |              |
| 15                                                            | Определение геометрических параметров червячной пары редуктора                                 | 2            |
| <b>Тема 3.7 Общие сведения о редукторах</b>                   |                                                                                                |              |
| 16                                                            | Чтение и составление кинематических схем редукторов. Кинематический расчет редукторов          | 2            |
| <b>Тема 3.8 Расчеты передач редукторов привода</b>            |                                                                                                |              |
| 17                                                            | Кинематическая схема привода. Выбор двигателя. Кинематический расчет привода(задача 1)         | 2            |
| 18                                                            | Выбор материалов и допускаемых напряжений зубчатой передачи редуктора(задача 2)                | 2            |
| 19                                                            | Проектировочный расчет передачи редуктора(задача 2)                                            | 2            |
| 20                                                            | Проверочный расчет передачи редуктора на контактную прочность(задача 3)                        | 2            |
| 21                                                            | Проверочный расчет зубьев колес на изгиб(задача 4)                                             | 2            |
| <b>Тема 3.9 Валы и оси</b>                                    |                                                                                                |              |
| 22                                                            | Проектировочный расчет валов редуктора. Эскизы валов(задача 5)                                 | 2            |
| <b>Тема 3.10 Подшипники</b>                                   |                                                                                                |              |
| 23                                                            | Подбор подшипников и проверка их долговечности (задача 6)                                      | 2            |
| ИТОГО                                                         |                                                                                                | 46           |

|                      |                            |         |
|----------------------|----------------------------|---------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 6/42 |

## РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

### Тема 1.2 Плоская система сходящихся сил

#### Практическое занятие № 1 Определение величины равнодействующей плоской системы сходящихся сил

*Цель занятия:*

1. Научиться находить равнодействующую сходящихся сил путем сложения векторов.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК. 02

*Использованные источники:* [1 ], плакаты 1.3, 1.4 (А).

*Исходные материалы и данные:*

Практическое занятие проводится по вариантам задания.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

Определить величину равнодействующей системы сходящихся сил аналитическим и геометрическим способами и сравнить полученные результаты.

*Аналитическое определение равнодействующей:*

1. Выбрать систему координат **X** и **Y**.
2. Показать на чертеже силы и углы между вектором каждой силы и координатными осями (согласно варианту задания).
3. Определить сумму проекций сил на оси **X** и **Y** по формулам

$$\sum F_{ix} = F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} + \dots + F_{xn}$$

$$\sum F_{iy} = F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} + \dots + F_{yn}$$

4. Определить величину равнодействующей по формуле

$$R = \sqrt{(\sum F_x)^2 + (\sum F_y)^2}$$

5. Определить направление равнодействующей по формулам

$$\cos(F, x) = \frac{F_x}{F} \quad \cos(F, y) = \frac{F_y}{F}$$

*Графическое определение равнодействующей:*

Равнодействующая системы сил равна геометрической сумме этих сил

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = \sum F$$

|                      |                            |         |
|----------------------|----------------------------|---------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 7/42 |

6. В выбранном масштабе построить силовой многоугольник.

Вектор, направленный из начала первой силы к концу последней силы, является равнодействующей данной системы сходящихся сил как по модулю, так и по направлению.

7. Сравнить результаты решения задачи аналитическим и геометрическим способами. Результаты расчётов не должны отличаться более чем на **5%**.

$$\Delta = (F\Sigma_{ан} - F\Sigma_{гр}) / F\Sigma_{гр} * 100\% \leq 5\% .$$

*Вывод о проделанной работе:*

Проводится сравнение и анализ решенной задачи.

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Вариант задания, данные, рисунок, условие задания

Цель работы

Отчет о выполнении каждого пункта, указанного в разделе «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованных источников

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Контрольные вопросы

1. Плоская система сходящихся сил.
2. Проекция сил.
3. Равнодействующая. Аналитический и геометрический метод определения.
4. Условие и уравнения равновесия.
5. Связи и силы реакций связей.

## **Тема 1.4 Плоская система произвольно расположенных сил**

### **Практическое занятие № 2 Определение реакций балочных опор**

*Цель занятия:*

|                      |                            |         |
|----------------------|----------------------------|---------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 8/42 |

1. Формирование навыков определения опорных реакций балок на примерах решения задач.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.04,

*Исходные материалы и данные:*

Практическое занятие проводится по вариантам задания.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

На уроке рассмотреть решение следующих задач:

Задача 1. Определить силы реакций жесткой заделки балки, нагруженной сосредоточенными силами и парой сил (моментом).

Задача 2. Определить опорные реакции балки, нагруженной сосредоточенными силами и парой сил (моментом).

*Примечание:* опоры шарнирно-подвижная и шарнирно-неподвижная

*Алгоритм решения задачи:*

1. Изобразить балку вместе с действующими нагрузками.
2. Выбрать направление координатных осей, совместив ось  $x$  с балкой, а ось  $y$  направив перпендикулярно оси  $x$ .
3. Освободиться от связей, показать возможное направление сил реакций.
4. Составить расчетную схему сил.
5. Произвести необходимые преобразования заданных активных сил: силу, наклоненную к оси балки под углом  $\alpha$ , заменить двумя взаимно перпендикулярными составляющими, а равномерно распределенную нагрузку (при наличии) – ее равнодействующей, приложенной в середине участка распределения нагрузки.
6. Составить уравнения равновесия статики.
7. Решить уравнения равновесия.
8. Выполнить проверку решения задачи (определения опорных реакций).
9. Записать ответ.

*Использованные источники:* [1]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

|                      |                            |         |
|----------------------|----------------------------|---------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 9/42 |

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении всех пунктов из раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Выводы о проделанной работе

Даты и подписи курсанта и преподавателя

Контрольные вопросы:

1. Проекция сил на оси.
2. Момент силы относительно точки.
3. Уравнения равновесия плоской системы произвольно-расположенных сил.
4. Уравнение равновесия плоской системы параллельных сил.

### **Практическое занятие № 3 Определение реакций балочных опор, нагруженных совмещенными нагрузками**

*Цель занятия:*

1. Формирование навыков определения опорных реакций балок на примерах решения задач.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.04,

*Исходные материалы и данные:*

Практическое занятие проводится по вариантам задания.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

На уроке рассмотреть решение следующих задач:

**Задача 3.** Определить силы реакций жесткой заделки балки, нагруженной равномерно-распределенной нагрузкой, сосредоточенной силой и парой сил.

**Задача 4.** Определить опорные реакции балки, нагруженной равномерно-распределенной нагрузкой, сосредоточенной силой и парой сил

*Примечание:* опоры шарнирно-подвижная и шарнирно-неподвижная

*Алгоритм решения задачи:*

1. Изобразить балку вместе с действующими нагрузками.

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 10/42 |

2. Выбрать направление координатных осей, совместив ось  $x$  с балкой, а ось  $y$  направив перпендикулярно оси  $x$ .

3. Освободиться от связей, показать возможное направление сил реакций.

4. Составить расчетную схему сил.

Произвести необходимые преобразования заданных активных сил: силу, наклоненную к оси балки под углом  $\alpha$ , заменить двумя взаимно перпендикулярными составляющими, а равномерно распределенную нагрузку (при наличии) – ее равнодействующей, приложенной в середине участка распределения нагрузки.

5. Составить уравнения равновесия статики.

6. Решить уравнения равновесия.

7. Выполнить проверку решения задачи (определения опорных реакций).

8. Записать ответ.

*Использованные источники:* [1], Плакаты 1.4, 1.6.

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении всех пунктов из раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Выводы о проделанной работе

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Проекция сил на оси.

2. Момент силы относительно точки.

3. Уравнения равновесия плоской системы произвольно-расположенных сил.

4. Уравнение равновесия плоской системы параллельных сил.

## Тема 1.6 Центр тяжести

### Практическое занятие № 4 Определение центра тяжести плоских сечений, составленных из простых фигур

*Цель занятия:*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 11/42 |

1. Приобрести навыки определения координат центра тяжести фигуры на практике, научиться определять координаты точек графически и с помощью формул.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.06, ОК.07

*Исходные материалы и данные:*

1. Модель плоской фигуры.
2. Транспортир.
3. Линейка.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Выдача заданий: модели плоских фигур на подгруппу в 2 – 3 курсанта (учащегося).

2. Расположить фигуру на чистой странице тетради, обвести по контуру, указать необходимые размеры на рисунке(в мм).

3. Разбить фигуру на простые(прямоугольник, треугольник, квадрат, окружность, полуокружность).

4. Выбрать оси координат  $ox$  и  $oy$  (общие для целой фигуры).

5. Показать на чертеже центр тяжести каждой получившейся простой фигуры и его координаты.

6. Для каждой из полученных простых фигур вычислить площадь  $A_1, A_2 \dots A_n$ .

1. Подсчитать координаты центра тяжести всей фигуры по формулам:

$$X_c = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}; \quad y_c = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i};$$

*Примечание:* площади вырезанной фигуры приписываем знак «минус».

7. По найденным значениям координат центра тяжести фигуры определить его положение на чертеже.

8. Записать ответ.

9. Проверить решение задачи ,применив оси координат для каждой фигуры в отдельности

10. Выводы и предложения о проделанной работе.

*Использованные источники:* [1].

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 12/42 |

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Исходные материалы – модели плоских фигур

Отчет о выполнении каждого пункта раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Сила тяжести, вес.
2. Центр тяжести тела.
3. Расчетные формулы для определения координат центра тяжести.
4. Координаты центров тяжести простых геометрических фигур.

**Тема 1.8 Кинематика точки**

**Тема 1.9 Простейшие движения твердого тела**

**Практическое занятие № 5 Примеры решения задач по темам 1.8-1.9**

*Цель занятия:*

1. Усвоить ранее изученный материал. Научиться решать задачи, используя формулы.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.04,

*Исходные материалы и данные:*

Таблица с основными расчетными формулами по темам 1.7- 1.9. карточки с вариантами задач.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Запись темы.
2. Вывод расчетных формул.
3. Сведение в сводную таблицу расчетных формул по темам 1.7 - 1.9.
4. Решение задач по использованию формул для вращательного движения тела вокруг неподвижной оси.

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж*

*Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 13/42 |

4.1 Задачи на равномерное, равнопеременное и неравномерное движение.  
Проведение аналогии с решением подобных задач для точки.

*Выводы и предложения о проделанной работы:*

Обобщение и анализ решенных задач. Составить таблицу с расчетными формулами и примерами решения задач – материал для рубежного опроса на следующем занятии по индивидуальным картам.

*Использованные источники:* [1]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Исходные материалы и данные

Отчет о выполнении каждого пункта раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Виды движения точки и соответствующие им уравнения(законы) движения.
2. Закон (уравнение) вращательного движения тела вокруг неподвижной оси.
3. Угловые скорость и ускорение; формулы, единицы измерения.
4. Линейные скорости и ускорения точек при естественном способе задания движения точки.
5. Линейные скорости и ускорения точек вращающегося тела вокруг неподвижной оси, единицы измерения.

**Тема 1.11 Движение материальной точки. Метод кинетостатики**

**Тема 1.12 Работа и мощность**

**Практическое занятие № 6 Решение задач по темам 1.11;1.12**

*Цель занятия:*

1. Углубление опорных знаний и совершенствование навыков и умений в решении задач по теме.

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 14/42 |

Формирование осознанного отношения к изучению темы с перспективой использования в других разделах технической механики и в спецдисциплинах.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.04

*Исходные материалы и данные:* Карточки с задачами.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Решить задачи, обращая внимание на единицы измерения всех величин, используемых по ходу решения.
2. Задачи решать, используя принцип Даламбера.

*Использованные источники:* [1].

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Исходные материалы и данные

Отчет о выполнении каждого пункта раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Работа постоянной силы на прямолинейном и криволинейном перемещении.
2. Работа равнодействующей, работа силы тяжести.
3. Принцип Даламбера.
4. Работа и мощность при вращательном движении тела.
5. Единицы измерения работы и мощности.
6. Что такое вращательный момент?

## **РАЗДЕЛ 2 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

### **Тема 2.2 Растяжение и сжатие**

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 15/42 |

## Практическое занятие № 7 Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса

### *Цель занятия:*

1. Обеспечить усвоение новых теоретических знаний и их применение на практике для решения задач. Расширение и углубление связей между разделами технической механики.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.06, ОК.02

### *Исходные материалы и данные:*

Варианты заданий

### *Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Разбить заданную схему на участки.
2. Определить продольные силы и нормальные напряжения по участкам нагружения. Использовать формулы:

$$A = \frac{N}{[\sigma]}; \quad [N] = [\sigma] \cdot A$$

2. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений.

*Использованные источники:* [2], [3]

### *Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Исходные материалы и данные

Отчет о выполнении каждого пункта раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

### *Контрольные вопросы:*

1. Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений.
2. Продольные и поперечные деформации.
3. Закон Гука. Формула Гука.

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 16/42 |

4. Коэффициент Пуассона.

### **Практическое занятие № 8 Расчет на прочность ступенчатого бруса. Определение размеров поперечного сечения.**

*Цель занятия:*

1. Определить удлинение бруса с помощью эпюр продольных сил и нормальных напряжений.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.06, ОК.02

*Исходные материалы:*

Варианты заданий.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

При решении задачи пользуемся следующими правилами:

1. Продольная сила равна алгебраической сумме внешних сил, расположенных с одной стороны от рассматриваемого сечения.
2. Изменение продольной силы(скачок на эпюре) равно по величине и направлению силе.
3. Строим эпюру поперечных сил.
4. Строим эпюру нормальных напряжений .
5. Определить размеры поперечных сечений бруса для каждого участка нагружения.
6. Проверить прочность бруса на каждом участке и указать, насколько (в процентах) брус недогружен или перегружен по участкам .Принять  $[\sigma] = 160$  МПа.
7. Сделать общий вывод по наиболее нагруженному участку.

*Выводы и предложения*

*Использованные источники:* [2], [3]

*Содержание отчета:*

1. Наименования практического занятия.
2. Цель занятия.
3. Вариант задания.
4. Список используемой литературы.
5. Выводы и предложения.

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 17/42 |

6. Дата и подписи курсантов и преподавателя.

*Контрольные вопросы:*

1. В чем состоит условие прочности?
2. Что обозначает коэффициент Пуассона?
3. Как называется выражение  $A \cdot E$  ?

## Тема 2.5 Кручение

**Практическое занятие № 9 Построение эпюр крутящих моментов. Расчет валов на прочность и жесткость при кручении.**

*Цель занятия:*

1. Исследование внутренних силовых факторов при кручении. Формирование навыков и умений обобщения, анализа и систематизирования полученных знаний.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.06

*Исходные материалы:*

1. Варианты заданий.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Вычислить момент внешних пар сил (крутящих моментов), передаваемых от шкивов на вал.
  2. Изобразить схему вала с указанием направления крутящих моментов.
  3. Разбить схему на участки (пользуясь методом сечений).
  4. Вычислить крутящие моменты на каждом из участков и построить эпюры крутящих моментов.
  5. Определить максимальный крутящий момент  $M_{\kappa \max}$
  6. Подобрать необходимый диаметр вала, исходя из условия прочности
- $$\tau_{\kappa} = \frac{M_{\kappa \max}}{W_p} \longrightarrow W_p = 0,2d^3 \longrightarrow d = \sqrt[3]{\frac{M_{\kappa \max}}{0,2[\tau]}}$$
7. Определить значение  $d$  по ГОСТ,
  8. Находим угол закручивания « $\varphi$ » и сравниваем с допускаемым для данного материала

$$\varphi = \frac{M_{\max} \cdot \ell}{G \cdot J_p} \leq [\varphi]$$

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 18/42 |

### *Выводы и предложения*

*Использованные источники:* [2], [3]

Содержание отчета:

1. Наименования практического занятия.
2. Цель занятия.
3. Вариант задания.
4. Список используемой литературы.
5. Выводы и предложения.
6. Дата и подписи курсантов и преподавателя.

*Контрольные вопросы:*

1. Какие внутренние силовые факторы возникают при кручении?
2. Что такое рациональное расположение колес на валу?
3. Как определяется знак крутящего момента?

### **Тема 2.6 Изгиб**

#### **Практическое занятие № 10 Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.**

*Цель занятия:*

1. Освоение методов проекторочного и проверочных расчетов при прямом изгибе. Формирование навыков и умений обобщения, анализа и систематизирования полученных знаний.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.06

*Исходные материалы и данные:*

Практическое занятие проводится по вариантам задания.

*Используемые источники:* [2], [3]

*Содержание и порядок выполнения работы:*

Решить задачу (по индивидуальному заданию):

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 19/42 |

Для двухопорной балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, провести проверку правильности построения эпюр.

*Последовательность решения типовой задачи:*

1. Составить схему по условию задачи.
2. Балку разбить на участки по сечениям.
3. Определить вид эпюры поперечных сил на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить поперечные силы в характерных сечениях и построить эпюру поперечных сил.
4. Определить вид эпюры изгибающих моментов на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить изгибающие моменты в характерных сечениях и построить эпюру изгибающих моментов.
5. Определить максимальное значение поперечной силы и изгибающего момента.

*Методические указания:*

Для закрепленной одним концом балки строить эпюры целесообразно со свободного конца.

*Правила построения эпюр:*

Для эпюры поперечных сил:

1. На участке, нагруженном равномерно распределенной нагрузкой, эпюра поперечных сил изображается прямой, наклоненной к оси балки.
2. На участке, свободном от равномерно распределенной нагрузки, эпюра сил изображается прямой, параллельной оси балки.
3. В сечении балки, где приложена сосредоточенная пара сил, поперечная сила не изменяет значения.
4. В сечении балки, где приложена сосредоточенная сила, значение поперечной силы меняется скачкообразно на значение, равное приложенной силе.
5. В концевом сечении балки поперечная сила численно равна сосредоточенной силе (активной или реактивной), приложенной в этом сечении.
6. Если в концевом сечении балки не приложена сосредоточенная сила, то поперечная сила в этом сечении равна нулю.

*Для эпюры изгибающих моментов:*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 20/42 |

1. На участке, нагруженном равномерно распределенной нагрузкой, эпюра изгибающих моментов изображается квадратичной параболой. Выпуклость параболы направлена навстречу нагрузке.

2. На участке, свободном от равномерно распределенной нагрузки, эпюра моментов изображается прямой линией.

3. В сечении балки, где приложена сосредоточенная пара сил, изгибающий момент меняется скачкообразно на значение, равное моменту приложенной пары.

4. Изгибающий момент в концевом сечении балки равен нулю, если в нем не приложена сосредоточенная пара сил.

5. Если в концевом сечении балки приложена активная или реактивная пара сил, то изгибающий момент в этом сечении равен моменту приложенной пары.

6. На участке, где поперечная сила равна нулю, балка испытывает чистый изгиб, и эпюра изгибающих моментов изображается прямой, параллельной оси балки.

7. Изгибающий момент принимает экстремальное значение в сечении, где эпюра поперечных сил проходит через нуль. Меняя знаки с «+» на «-» или с «-» на «+».

### **Практическое занятие № 11 Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов по характерным точкам.**

#### *Цель занятия:*

1. Научиться строить эпюры по характерным точкам, выбирать рациональные сечения балок по результатам расчетов.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.06

#### *Исходные материалы и данные:*

Практическое занятие проводится по вариантам задания.

*Используемые источники:* [2], [3]

#### *Содержание и порядок выполнения работы:*

Решить задачу (по индивидуальному заданию):

Для двухопорной балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрать из условия прочности размеры поперечного сечения в двух

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 21/42 |

вариантах: а) круг; б) прямоугольник с заданным отношением  $h / b$ . Сравнить выбранные сечения балок. Принять допускаемое напряжения при изгибе

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа.}$$

*Последовательность решения типовой задачи:*

1. Составить схему по условию задачи.
2. Балку разбить на участки по характерным сечениям.
3. Определить вид эпюры поперечных сил на каждом участке в зависимости от внешней нагрузки, вычислить поперечные силы в характерных точках и построить эпюру поперечных сил.
4. Вычислить изгибающие моменты в характерных точках и построить эпюры моментов.
5. Определить опасное сечение.
6. Из условия прочности подобрать соответствующие сечения балки.

*Методические указания:*

1. В рассматриваемой задаче требуется построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, а также подобрать сечение, выполненное из круга, прямоугольника.

2. Условие прочности для балок с сечениями, симметричными относительно нейтральной оси, имеет вид:

$$3. \sigma_{\max} = \frac{M_{x \max}}{W_x} \leq [\sigma], \text{ где } W_x - \text{осевой момент сопротивления сечения.}$$

4. Для подбора сечения балки (проектного расчета) из условия прочности определяют необходимое значение осевого момента сопротивления:  $W_x \geq \frac{M_{x \max}}{[\sigma]}$

5. По найденному моменту сопротивления  $W_x$  подбирают соответствующее сечение.

6. Для закрепленной одним концом балки строить эпюры целесообразно со свободного конца.

*Правила построения эпюр:*

Для эпюры поперечных сил:

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 22/42 |

7. На участке, нагруженном равномерно распределенной нагрузкой, эпюра поперечных сил изображается прямой, наклоненной к оси балки.

8. На участке, свободном от равномерно распределенной нагрузки, эпюра сил изображается прямой, параллельной оси балки.

9. В сечении балки, где приложена сосредоточенная пара сил, поперечная сила не изменяет значения.

10. В сечении балки, где приложена сосредоточенная сила, значение поперечной силы меняется скачкообразно на значение, равное приложенной силе.

11. В конечном сечении балки поперечная сила численно равна сосредоточенной силе (активной или реактивной), приложенной в этом сечении.

12. Если в конечном сечении балки не приложена сосредоточенная сила, то поперечная сила в этом сечении равна нулю.

*Для эпюры изгибающих моментов:*

8. На участке, нагруженном равномерно распределенной нагрузкой, эпюра изгибающих моментов изображается квадратичной параболой. Выпуклость параболы направлена навстречу нагрузке.

9. На участке, свободном от равномерно распределенной нагрузки, эпюра моментов изображается прямой линией.

10. В сечении балки, где приложена сосредоточенная пара сил, изгибающий момент меняется скачкообразно на значение, равное моменту приложенной пары.

11. Изгибающий момент в конечном сечении балки равен нулю, если в нем не приложена сосредоточенная пара сил.

12. Если в конечном сечении балки приложена активная или реактивная пара сил, то изгибающий момент в этом сечении равен моменту приложенной пары.

13. На участке, где поперечная сила равна нулю, балка испытывает чистый изгиб, и эпюра изгибающих моментов изображается прямой, параллельной оси балки.

14. Изгибающий момент принимает экстремальное значение в сечении, где эпюра поперечных сил проходит через нуль. Меняя знаки с «+» на «-» или с «-» на «+».

*Выводы и предложения*

*Содержание отчета:*

1. Наименования практического занятия.

2. Цель занятия.

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 23/42 |

3. Вариант задания.
4. Список используемой литературы.
5. Выводы и предложения.
6. Дата и подписи курсантов и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Если эпюра поперечной силы ограничена наклонной линией, как выглядит эпюра изгибающего момента?
2. Какие перемещения при изгибе имеют поперечные сечение балки?
3. Какие формы поперечного сечения следует применять, для балок из материалов, неодинакового работающих на растяжение и сжатие?

**Практическое занятие № 12 Расчет вала на совместное действие изгиба и кручения.**

*Цель занятия:*

1. Закрепить знания по определению диаметра валов по эквивалентному моменту.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.06, ОК.07

*Исходные материалы и данные:*

Практическое занятие проводится по вариантам задания.

*Используемые источники:* [2], [3]

*Содержание и порядок выполнения работы:*

Решить задачу по вариантам:

Для вала, передающего мощность  $P$  при угловой скорости  $\omega$ , определить вертикальную и горизонтальную составляющие реакций подшипников, построить эпюры изгибающих моментов в этих плоскостях. Определить диаметры вала по сечениям. Расчет произвести по гипотезе максимальных касательных напряжений. Принять  $[\sigma] = 60 \text{ МПа}$ ;  $F_r = 0,364 F_t$

Алгоритм решения задачи:

- построить расчетную схему сил в пространстве;
- изобразить схемы сил в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- составить уравнения равновесия и определить нагрузки в опорах;

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 24/42 |

- определить ординаты изгибающих моментов  $M_x$  и  $M_y$  и построить эпюры;
- построить эпюру крутящих моментов;
- определить максимальный суммарный изгибающий момент в опасном сечении вала;
- определить эквивалентный момент по гипотезе небольших касательных напряжений;
- определить требуемый диаметр вала.

*Методические указания:*

По заданным параметрам:

1. Вычисляем вращающие моменты, приложенные к валу:

$$T_{ep} = \frac{P}{W}$$

2. Определяем силы, действующие на вал

$$F_1 = \frac{2T_{ep}}{D_1}; \quad T_1 = 0,364 \cdot F_1; \quad F_2 = \frac{2T_{ep}}{D_1}; \quad T_2 = 0,364 \cdot F_2;$$

4. Строим эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

5. Определяем суммарный изгибающий момент в опасном сечении (по гипотезе максимальных касательных напряжений):

$$M_{эkv.} = \sqrt{M_u^2 + M_k^2};$$

6. Определяем эквивалентный момент по гипотезе удельной потенциальной энергии формоизменения

$$M_{эkv} = \sqrt{M_u^2 + 0,75M_k^2}$$

7. Находим диаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{max}}{0,1[\sigma]}};$$

*Выводы и предложения*

Содержание отчета:

1. Наименования практического занятия.
2. Цель занятия.
3. Вариант задания.

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 25/42 |

4. Список используемой литературы.
5. Выводы и предложения.
6. Дата и подписи курсантов и преподавателя.

*Контрольные вопросы:*

1. Из какого ряда выбирается диаметр вала?
2. Как называются силы, действующие на вал?
3. По какому параметру подбираются подшипники?
4. Привести примеры работы бруса на совместное действие изгиба и кручения.

## **РАЗДЕЛ 3 ДЕТАЛИ МАШИН**

### **Тема 3.2 Общие сведения о передачах**

#### **Практическое занятие № 13 Определение кинематических и силовых параметров валов многоступенчатой передачи**

*Цель занятия:*

1. Ознакомиться с конструкцией редуктора и назначением его деталей. Определить кинематические параметры передач.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.09

*Исходные материалы и данные:*

Практическое занятие проводится по вариантам задания.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

Решить задачу на нахождение силовых и кинематических параметров привода ( по индивидуальному заданию).

1. Изучить заданную кинематическую схему привода.
2. Дать характеристику привода и его отдельных передач.
3. Найти общий КПД привода по формуле

$$\eta_{об} = \eta_{об1} \cdot \eta_{об2} \cdot \eta_{об3} \cdot \dots \cdot \eta_n$$

4. Вычислить частоту вращения ведущего вала двигателя  $n_1$ , угловые скорости ведущего и ведомого вала двигателя  $\omega_1$  и  $\omega_2$  (в рад/с).
5. Определить мощности на валах двигателя .

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 26/42 |

6. Найти вращающие моменты на валах привода .

7. Вычертить кинематическую схему редуктора.

*Использованные источники:* [4], [5], атлас деталей машин.

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы о проделанной работе

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Назначение передач вращательного движения по принципу действия и принципу передачи движения от ведущего звена к ведомому.
2. Основные кинематические характеристики передач.
3. Основные кинематические характеристики валов.
4. Формула для перевода об/мин в рад/с.

### **Тема 3.4 Зубчатые передачи**

#### **Практическое занятие № 14 Геометрический расчет передачи (прямозубая, косозубая, шевронная)**

*Цель занятия:*

1. Научиться производить геометрический расчет зубчатых передач по формулам.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.06, ОК.09

*Исходные материалы и данные:*

Практическое занятие проводится по вариантам задания.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

Рассчитать зубчатую передачу (прямозубая, косозубая или шевронная) (по индивидуальному заданию)

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 27/42 |

Дано: межосевое расстояние  $a_w$ , тип передачи, коэффициент  $\Psi_{ва}$ .

Выполнить кинематический расчет передачи.

*Последовательность решения типовой задачи:*

1. Находим модуль зацепления « $m$ »  $m=(0,01...0,02) a_w$ , выбираем из стандартного ряда.
2. Принимаем угол наклона зубьев  $\beta$  (для косозубых и шевронных передач).
3. Находим число зубьев шестерни и колеса.
4. Рассчитываем параметры шестерни и колеса:
  - а) делительные диаметры  $d_1, d_2$ .
  - б) диаметры окружностей выступов  $d_{a1}, d_{a2}$
  - в) диаметры окружностей впадин  $d_{f1}, d_{f2}$
  - г) ширину шестерни и колеса  $b_1; b_2$
5. Проверяем  $a_w$  – межосевое расстояние.

Выводы и предложения проделанной работы.

*Использованные источники:* [4], [5].

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Какой угол наклона зубьев у косозубых и у шевронных передач?
2. Какие кинематические характеристики зубчатых передач стандартизованы?
3. Формула для определения передаточного отношения зубчатой передачи.

### **Тема 3.6 Червячные передачи**

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 28/42 |

## Практическое занятие № 15 Определение геометрических параметров червячной пары редуктора

### *Цель занятия:*

1. С помощью теоретических расчетов определить основные геометрические параметры червяка и червячного колеса червячной пары редуктора. Найти КПД передачи.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.02, ОК.06

### *Исходные материалы и данные:*

1. Червячный одноступенчатый редуктор.
2. Штангенциркуль.
3. Кронциркуль.
4. Масштабная линейка.

### *Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Определить число витков (заходов) червяка  $z_1$ .
2. Сосчитать число зубьев червячного колеса  $z_2$ .
3. Вычислить передаточное число редуктора  $u$ .
4. Измерить диаметры окружностей выступов  $d'_{a_2}$  и впадин  $d'_{f_2}$  червячного колеса.
5. Используя данные замеров и расчетные формулы, вычислить модуль зацепления  $m_f$  и длительный диаметр червячного колеса  $d_2$ .
6. Измерить диаметр окружности выступов червяка  $d'_{a_1}$ .
7. вычислить диаметр длительной окружности червяка  $d_1$ .
8. Определить число модулей (коэффициент диаметра червяка)  $q$ .
9. Зная  $d_1$  и  $d_2$ , найти межосевое расстояние червячной передачи редуктора  $a_w$ .
10. По ГОСТ 2144-76 принять стандартные значения  $m$  и  $q$ .
11. Измерить диаметр окружности впадин червяка  $d'_{f_1}$  и определить по расчетной формуле. Найти процентное расхождение:

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 29/42 |

$$\delta = \frac{|d_{f_1} - d'_{f_1}|}{d_{f_1}} \cdot 100\%.$$

12. Измерьте длину нарезанной части червяка  $b_1$  и ширину венца червячного колеса  $b_2$ . Сравните с расчетами по формулам.

13. Определите угол наклона витка червяка  $\gamma$ .

14. В зависимости от материалов червячной пары выберите приведенный угол трения и определите КПД передачи.

15. Выводы и предложения.

*Использованные источники:* [4], [5].

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Классификация червячных передач.
2. Как зависят габариты червячной передачи от числа заходов червяка?
3. Почему нельзя определить передаточное число червячной передачи через диаметры длительных окружностей червяка и червячного колеса?
4. Материалы червячной пары редуктора, КПД.
5. Основные расчетные формулы для геометрических размеров червячной пары редуктора.

### **Тема 3.7 Общие сведения о редукторах**

**Практическое занятие № 16 Чтение и составление кинематических схем редукторов. Кинематический расчет редукторов.**

*Цель занятия:*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 30/42 |

1. Научиться составлять кинематические схемы редукторов по наглядному изображению, словесному описанию, читать готовые кинематические схемы.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01,

*Исходные материалы и данные:*

Модели редукторов, карточки с кинематическими схемами редукторов.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

*Решить задачи:*

задача 1. По модели редуктора составить кинематическую схему.

Назвать и подписать все кинематические параметры передач.

Задача 2. Прочитать по карточке кинематическую схему привода, дать определения передачам и валам, входящим в схему.

Задача 3. Дано описание привода. Составить кинематическую схему привода, назвать и подписать валы и их параметры.

1. Ознакомиться с действующими моделями редукторов.
2. Изучить конструкцию соответствующего редуктора и принцип действия его передач.
3. Составить кинематическую схему редуктора.
4. Прочитать карточку с кинематической схемой, объяснить принцип работы привода.

*Использованные источники:* [4]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Условно-графические обозначения передач.
2. С чего начинается чтение и составление кинематических схем?

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 31/42 |

### Тема 3.8 Расчеты передач редукторов привода

#### Практическое занятие № 17 Кинематическая схема привода. Выбор двигателя. Кинематический расчет привода (задача 1)

##### *Цель занятия:*

1. Формирование навыков и умений кинематического расчета привода, навыков самостоятельной работы со справочной литературой и точности расчетов.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.05

##### *Исходные материалы и данные:*

1. Кинематическая схема привода (включает двигатель, клиноременную передачу, муфту, редуктор заданного типа).
2. Исходные индивидуальные данные (мощность на ведомом валу редуктора  $P_2$  кВт частота вращения вала,  $n_2$ , об/мин и передаточное число редуктора  $u$ ).

##### *Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Внимательно изучить заданную кинематическую схему привода.
2. По рекомендациям принять частные КПД и вычислить общий КПД привода -  $\eta_{\text{общ}}$ .
3. По заданной мощности  $P_2$  и  $\eta_{\text{об}}$  вычислить требуемую мощность двигателя  $P_{\text{мп}}$ .
4. Зная заданное передаточное число редуктора –  $u$ , приняв передаточное число клиноременной передачи  $i = 2 \dots 4$ , вычислить границы изменения общего передаточного числа привода  $i_{\text{общ}} = u \cdot i$ .
5. Найти, в каких пределах изменяется синхронная частота вращения двигателя, из соотношения:

$$i_{\text{общ}} = \frac{n_c}{n_2}$$

6. По вычисленным  $P_{\text{мп}}$  и  $n_c$  подобрать двигатель по приложению П1 учебника [9], а по приложению П2 записать диаметр выходного вала двигателя  $d_{\text{дв}}$ . Записать  $P_{\text{дв}}$ ,  $n_c$ ,  $S\%$ , типоразмер двигателя,  $d_{\text{дв}}$ .
7. С учетом коэффициента скольжения уточнить частоту вращения двигателя:

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 32/42 |

$$n_{\text{дв}} = n_{\text{с}}(1 - S).$$

8. Уточнить передаточные числа  $i_{\text{общ}}$  и  $i$ .

9. Вычислить частоту вращения ведущего вала двигателя  $n_1$ , угловые скорости ведущего и ведомого вала двигателя  $\omega_1$  и  $\omega_2$  (в рад/с).

10. Определить мощность на ведущем валу двигателя  $P_1$ .

11. Найти вращательные моменты на валах редуктора  $T_1$  и  $T_2$ .

12. Выводы и анализ полученных результатов, предложения.

*Использованные источники:* [5], [6]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Передаточные числа каждой ступени схемы и общее передаточное число (две формулы).

2. Коэффициент полезного действия каждой ступени схемы и общий КПД привода (две формулы).

3. Формула для перевода об/мин в рад/с.

4. Расчетные формулы для вращательных моментов на валах.

**Практическое занятие № 18 Редуктор привода ленточного транспортера. Выбор материалов и допускаемых напряжений зубчатой пары редуктора (задача 2)**

*Цель занятия:*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 33/42 |

1. Формирование навыков работы с технической и справочной литературой. Развитие логических связей с ранее пройденным материалом и с другими дисциплинами.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.03, ОК.04

*Исходные материалы и данные:*

Справочный материал по выбору материалов для шестерни и колеса и их механических характеристик.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Выбрать материал (сталь) для шестерни и колеса в соответствии с рекомендациями.

2. Записать механические характеристики сталей – предельные напряжения ( $\sigma_{\text{нр}}$  и  $\sigma_{\text{т}}$  и твердость HB поверхностей зубьев ( $\text{HB} \leq 350$ )).

3. Принять твердость  $\text{HB}_1 > \text{HB}_2$  на 50 – 80 единиц.

4. Определить допускаемые напряжения:

4.1 Допускаемое контактное напряжение  $[\sigma_{\text{н}}]$ .

4.2 Допускаемое напряжения изгиба  $[\sigma_{\text{ф}}]$ .

5. Выводы и предложения.

*Использованные источники:* [5], [6]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания (выдан на практическом занятии № 17)

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 34/42 |

1. Испытания материалов на растяжение (сжатие). Предельные напряжения. Допускаемые напряжения.
2. Материалы зубчатых колес. Способы обработки зубьев.
3. Циклы напряжений. Пределы выносливости. Базовое число циклов.
4. Контактная прочность, контактное напряжение.
5. Коэффициенты долговечности и безопасности.

## **Практические занятия № 19 Проектировочный расчет передачи редуктора(задача 2)**

### *Цель занятия:*

1. Освоение методики проектировочного расчета передачи редуктора. Применение расчетных формул геометрических размеров зубчатых колес.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.05,

### *Исходные материалы и данные:*

1. Передаточное число редуктора (практическое занятие № 17).
2. Вращающий момент на ведомом валу редуктора (практическое занятие № 17).
3. Допускаемое контактное напряжение(практическое занятие № 18).

### *Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Записать формулу межосевого расстояния  $a_w$  из условия контактной выносливости поверхности зубьев [9, с. 31 или с. 293] и входящие в него величины ( $K_a$ ,  $u$ ,  $T_2$ ,  $K_{H\beta}$  по таблице 3.1 [2],  $[\sigma_H]$  из практического занятия № 18, п. 4.1,  $\psi_{Ba}$  из [9, с. 33].
2. Рассчитать межосевое расстояние и округлить до ближайшего стандартного ряда по ГОСТ 2185-66, 1-ый ряд, [9, с. 36].
3. Рассчитать модуль зацепления  $m$  по рекомендации  $m = (0,01 - 0,02) a_w$ . по ГОСТ 9563-60, 1-ый ряд, не менее 2 мм.

*Примечание:*  $m = m_t$  для прямозубых колес;  $m = m_n$  для непрямоугольных колес.

4. Принять предварительно угол наклона зубьев  $\beta$  из интервала  $\beta = 8^\circ - 15^\circ$  для косозубых цилиндрических колес;  $\beta = 20^\circ - 14^\circ$  для шевронных колес;  $\beta = 0^\circ$  для прямозубых колес.

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 35/42 |

5. Определить число зубьев шестерни  $z_1$ , округлить до целого значения (учесть  $z_{1\max} = 17$ , или  $z_{1\min} = 13$  для шевронных колес).

6. Определить число зубьев колеса  $z_2$ .

7. Уточнить значение угла наклона зубьев.

8. Определить основные размеры шестерни и колеса:

8.1  $d_1$  и  $d_2$  – делительные диаметры. Проверить значение  $a_w$ .

8.2 диаметры:

- вершин зубьев  $d_{a1}$  и  $d_{a2}$ ;

- впадин зубьев  $d_{f1}$  и  $d_{f2}$ .

8.2 ширину венца колеса  $b_2$  и шестерни  $b_1$  ( $b_1 > b_2$  на 3 – 5 мм).

9. Выводы и предложения.

*Использованные источники:* [5], [6]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Дать определение делительной окружности зубчатого колеса, модуля зацепления (торцовый и нормальный).

2. Как определяются диаметры делительных окружностей, диаметры окружностей вершин и впадин для прямозубых и косозубых колес?

3. Формула для расчета межосевого расстояния.

4. Минимальное число зубьев для шестерни косозубого и шевронного колеса.

5. Угол наклона зубьев косозубого и шевронного колеса.

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 36/42 |

**Практическое занятие № 20 Проверочный расчет передачи редуктора на контактную прочность (задача 3)**

**Практическое занятие № 21 Проверочный расчет зубьев колес на изгиб (задача 4)**

*Цель занятия:*

1. Освоение методики проверочных расчетов передачи редуктора. Приобретение новых знаний и умений и применение их на практике.
2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.04

*Исходные материалы и данные:*

Для решения задач используются результаты, вытекающие из предыдущих решенных задач на практических занятиях 17,18,19.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Записать условие контактной прочности.
    - 1.1 Определить коэффициент ширины шестерни по диаметру  $\psi_{bd}$ .
    - 1.2 Определить окружную скорость  $V_1$  и степень точности передачи.
    - 1.3 Записать формулу для коэффициента нагрузки  $K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\nu}$ . Выбрать по таблицам 3.4, 3.5, 3.6 учебника [6] коэффициенты  $K_{H\beta}$ ,  $K_{H\alpha}$ ,  $K_{H\nu}$  и рассчитать  $K_H$ .
    - 1.4 Рассчитать контактное напряжение и сравнить его с допускаемым контактным напряжением. Найти процентное расхождение  $\delta = \frac{|\sigma_H - [\sigma_H]|}{[\sigma_H]} \cdot 100\%$ .
- Сделать вывод.

2. Записать условие прочности зубьев колес на выносливость при изгибе.
  - 2.1 Изобразить схему сил в зацеплении шестерни и колеса.
  - 2.2 Рассчитать усилия в зацеплении.
  - 2.3 Записать коэффициент нагрузки  $K_F = K_{F\beta} \cdot K_{F\nu}$ . Найти значение  $K_{F\beta}$  и  $K_{F\nu}$  по таблицам 3.7 и 3.8 [9]. вычислить  $K_F$ .
  - 2.4 Рассчитать эквивалентное число зубьев шестерни  $z_{v1}$  и колеса  $z_{v2}$ .
  - 2.5 Найти коэффициенты, учитывающие форму зуба и зависящие от эквивалентного числа зубьев  $Y_{F1}$  и  $Y_{F2}$  [6, с. 42].
  - 2.6 Записать значение допускаемых напряжений изгиба (из практического занятия № 32)  $[\sigma_{F1}]$  и  $[\sigma_{F2}]$ .

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 37/42 |

2.7 Найти отношения  $\frac{[\sigma_{F1}]}{Y_{F1}}$  и  $\frac{[\sigma_{F2}]}{Y_{F2}}$ . Сделать вывод о дальнейшем расчете

зубьев колеса на изгиб.

2.8 Определить коэффициенты  $Y_\beta$  и  $K_{F\alpha}$

2.9 Рассчитать напряжение изгиба и сравнить с допускаемым. Сделать вывод.

3. Выводы и предложения.

*Использованные источники:* [5], [6]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. От чего зависит величина контактных напряжений, возникающих на поверхностях зубьев: от модуля зацепления или от межосевого расстояния?

2. От чего зависит степень точности?

3. Как изменится величина осевой составляющей силы, возникающей в зацеплении зубчатых колес с косыми зубьями при увеличении угла наклона зубьев?

4. Зависит или нет напряжение изгиба зуба колеса от модуля зацепления? От угла наклона зуба?

### **Тема 3.8 Валы и оси**

**Практическое занятие № 22 Проектировочный расчет валов редуктора. Эскизы валов. (задача 5)**

*Цель занятия:*

1. Продолжение освоения методики проектировочных расчетов деталей машин. Применение знаний из раздела 2 «Сопротивление материалов».

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 38/42 |

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.02, ОК.04

*Исходные материалы и данные:*

1. Вращательный момент на ведомом валу редуктора  $T_2$  (практическое занятие № 17).

2. Допускаемое касательное напряжение  $[\tau_k] = 15 - 25$  МПа.

3. Редуктор.

4. Справочная литература.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

*Примечание:* Провести расчет для ведомого вала редуктора.

1. Из расчета на чистое кручение определить диаметр выходного конца вала по формуле:

$$d_B \geq 3 \sqrt{\frac{T_{k2}}{0,2[\tau_k]}}$$

где  $T_{k2}$  - крутящий момент в расчетном сечении вала;

$T_{k2} = T_2$  – вращательному моменту на валу редуктора;

$[\tau_k] = (15 - 25)$  МПа – допускаемое напряжение на кручение для стальных валов.

Записать  $T_{k2} =$  (в Н · мм)

Принять  $[\tau_k] =$  (в МПа, т.е. Н/мм<sup>2</sup>)

Вычислить  $d_{B2}$  (в мм).

Округлить полученное значение диаметра по ГОСТ 6639-69 до ближайшего из ряда R40 [9, с. 161].

2. Полученный диаметр вала  $d_{B2}$  согласовать с выбором муфты.

Выбираем муфту упругую втулочно-пальцевую (МУВП, ГОСТ 21424-75, [6], таблица 11.5) по расчетному моменту и по диаметру вала.

Вычислить:

$$T_{2p} = K \cdot T_2$$

где  $K = 1,15 \dots 1,2$  [6];

$T_{2p} \leq [T_2]$  – допускаемый вращательный момент, в Н · м.

3. По таблице 11.5 [6] выбираем  $d_m$  и длину ступицы полумуфты  $l_{стм} =$   
Принимаем окончательно  $d_{B2} = d_m$ .

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 39/42 |

4. Принимаем диаметр вала под подшипник  $d_n = d_b + (4 \dots 8)$ , в мм.

Принимаем  $d_{п2} =$

Диаметр вала под подшипник должен оканчиваться на 0 или 5.

5. Принимаем диаметр вала под колесо  $d_{к2}$ .

6. Определяем диаметр ступицы колеса  $d_{стк} = 1,6 \cdot d_{к2}$  и длину ступицы колеса

$l_{стк} = (1,2 \dots 1,5) \cdot d_{к2}$ .

Принимаем  $l_{стк}$  ( $l_{стк} \geq b_2$ ).

7. Выводы и предложения.

8. Чертим эскизы валов.

*Использованные источники:* [5], [6]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы и предложения

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Расчеты на прочность при кручении.

2. Что такое вал и ось и какая между ними разница?

3. Какие деформации испытывает вал при работе?

4. Что называют цапфой, шипом, шейкой и пятой?

5. Какая цель проекторочного расчета валов и почему, как правило, при этом расчете определяют диаметр выходного конца вала?

### Тема 3.10 Подшипники

#### Практическое занятие № 23 Подбор подшипников и проверка их долговечности (задача 6)

*Цель занятия:*

*Документ управляется программными средствами 1С: Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С: Колледж*

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 40/42 |

1. Научиться подбирать подшипники по расчетам, проверять их долговечность.

2. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК.01, ОК.02, ОК.04

*Исходные материалы и данные:*

1. Диаметр вала под подшипник  $d_{п2}$ .
2. Усилия в зацеплении (практическое занятие № 19).
3. Частота вращения вала  $n_2$  об/мин.

*Содержание и порядок выполнения работы:*

Записать исходные данные, исходя из результатов выполнения предыдущих практических занятий: диаметр длительной окружности колеса  $d_2$ , усилия в зацеплении, частоту вращения вала  $n_2$  (задана), диаметр вала под подшипник  $d_{п2}$ .

2. Предварительно намечаем тип подшипника качения и по диаметру вала в месте посадки подшипников выбираем его габариты, записываем условное обозначение, динамическую  $C$  и статическую  $C_0$  грузоподъемность.

4. Из уравнений равновесия в вертикальной ( $yz$ ) и горизонтальной ( $xz$ ) плоскостях определяем составляющие радиальных нагрузок  $R_{1y}$ ,  $R_{2y}$ ,  $R_{1x}$ ,  $R_{2x}$ .

5. Определяем суммарные радиальные нагрузки в подшипниках 1 и 2:

$$F_{r1} = R_1 = \sqrt{R_{1x}^2 + R_{1y}^2} \text{ и } F_{r2} = R_2 = \sqrt{R_{2x}^2 + R_{2y}^2}.$$

6. Определяем осевые составляющие от радиальных нагрузок в подшипниках  $S_1$  и  $S_2$ :

$$S = e \cdot F_r \text{ или } S = 0,83 e \cdot F_r.$$

Коэффициент осевой нагрузки  $\ell$  определяем по отношению  $\frac{F_a}{C_0}$  по таблице

9.18 [9]. Вычисляем  $S_1$  и  $S_2$ .

7. Определяем суммарные осевые нагрузки подшипников по таблице 9.21 [9]  $F_{a1}$  и  $F_{a2}$ .

8. Определяем эквивалентную нагрузку в подшипнике:

$$R_{\Sigma} = (xvF_r + yF_{a\Sigma}) \cdot K_{\delta} \cdot K_T.$$

где  $v = 1,0$ , т.к. вращается внутреннее кольцо подшипника.

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 41/42 |

Определяем коэффициенты  $K_\delta$  по таблице 9.19 [6] и  $K_T$  по таблице 9.20 [6].

Коэффициенты  $x$  и  $y$  находим с учетом соотношения между  $\frac{F_{a\Sigma}}{F_r}$  и  $\ell$ .

9. Вычисляем  $R_{\Sigma 1}$  и  $R_{\Sigma 2}$  и делаем вывод о более нагруженной опоре.

10. Определяем долговечность подшипников:

$$L = \left( \frac{C}{R_9} \right)^m \text{ млн. об. или } L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n_2} \text{ часов,}$$

где  $m = 3,0$  для шарико-подшипников;

$m = \frac{10}{3}$  для ролико-подшипников.

Расчетная долговечность  $L_h$  должна быть больше требуемой  $[L_h]$  ( $L_h \geq [L_h]$ )/

11. Выводы и предложения.

*Использованные источники:* [5], [6]

*Содержание отчета:*

Наименование практического занятия

Цель занятия

Вариант задания

Отчет о выполнении каждого этапа раздела «Содержание и порядок выполнения работы»

Список использованной литературы

Выводы

Даты и подписи курсанта и преподавателя

*Контрольные вопросы:*

1. Какие различают типы подшипников качения?
2. Из каких элементов состоят подшипники качения?
3. Основные причины выхода из строя подшипников качения.
4. Как подбираются подшипники качения?
5. Какую информацию содержат условные обозначения подшипников качения?
6. Как проверяется долговечность подшипников качения?

|                      |                            |          |
|----------------------|----------------------------|----------|
| МО-26 02 05-ОП.02.ПЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                      | ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА       | С. 42/42 |

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЛИТЕРАТУРЫ

| Виды источников                                                                                                                                                    | Наименование рекомендуемых учебных изданий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Основные</b>                                                                                                                                                    | Бабичева, И. В. Техническая механика : учебное пособие / И. В. Бабичева. - Москва : Русайнс, 2024. - 101 on-line. - (Среднее проф. образование).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Дополнительные</b> , в т.ч. курс лекций по учебной дисциплине, методические пособия и рекомендации для выполнения практических занятий, и самостоятельных работ | 2. Олофинская В.П. «Детали машин. Краткий курс и тестовые задания», М., Форум – Инфра., 2014<br>3. Аркуша А.И. Техническая механика: теоретическая механика и сопротивление материалов. М., Высшая школа, 2010<br>4. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике М., Высшая школа, 2010                                                                                                                                                                                         |
| <b>Электронные образовательные ресурсы</b>                                                                                                                         | 1. ЭБС «Book.ru», <a href="https://www.book.ru">https://www.book.ru</a><br>2. ЭБС «ЮРАЙТ» <a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a><br>3. ЭБС «Академия», <a href="https://www.academia-moscow.ru">https://www.academia-moscow.ru</a><br>4. Издательство «Лань», <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a><br>5. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», <a href="https://www.biblioclub.ru">https://www.biblioclub.ru</a> |