



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

26.02.06 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ

РАЗРАБОТЧИК
ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ
ГОД РАЗРАБОТКИ
ГОД ОБНОВЛЕНИЯ

Судомеханическое отделение
Никишин М.Ю.
2024
2025

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.2/24

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1 СЛОЖЕНИЕ ПАР СИЛ	6
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ БАЛОК	7
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СИСТЕМА СИЛ	8
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4 ПОСТРОЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ГРАФИКОВ, ИХ АНАЛИЗ	9
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5 «СОСТАВЛЕНИЕ КОНСПЕКТА ПО ТЕМЕ «ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ. УРАВНЕНИЕ БЕРНУЛЛИ»	10
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6 УРАВНЕНИЕ ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА	10
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7 РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СТУПЕНЧАТОГО БРУСА	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8 РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ БРУСА КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ	12
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9 ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ НА СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ИЗГИБА И КРУЧЕНИЯ	13
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10 ФОРМЫ УПРУГОГО РАВНОВЕСИЯ. ПРОДОЛЬНЫЙ ИЗГИБ. ФОРМУЛА ЭЙЛЕРА	14
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №11 ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ	19
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №12 ВАРИАТОРЫ. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ. ТИПЫ ВАРИАТОРОВ	20
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЛИТЕРАТУРЫ:	24

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.3/24

Введение

Методические указания по организации практических занятий обучающихся составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины Техническая механика по специальности 26.02.06 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики».

Целью проведения занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение необходимых навыков и умений по отдельным темам курса. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий вырабатывается способность и умение использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

На практические занятия по дисциплине «Механика» отведено 24 академических часа в 3 семестре.

Также освоение программы дисциплины предусматривает формирование компетенций:

- профессиональные компетенции:

ПК 1.1. Обеспечивать оптимальный режим работы электрооборудования и средств автоматики с учетом их функционального назначения, технических характеристик и правил эксплуатации.

ПК 1.4. Выполнять диагностирование, техническое обслуживание и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики.

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. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.4/24

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

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
 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 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.5/24

Перечень практических занятий

№ работы	Тема практического занятия	Количество часов
1.	Сложение пар сил	2
2.	Решение задач по определению опорных реакций балок	2
3.	Решение задач по теме пространственная система сил	2
4.	Построение кинематических графиков, их анализ	2
5	Составление конспекта по теме «Законы движения жидкости. Уравнение Бернулли»	2
6.	Уравнения динамики вращательного движения тела	2
7.	Расчет на прочность ступенчатого бруса	2
8.	Расчет прочности бруса круглого поперечного сечения	2
9.	Примеры задач на совместное действие изгиба и кручения	2
10.	Формы упругого равновесия. Продольный изгиб. Формула Эйлера	2
11.	Цилиндрические передачи. Геометрические размеры	2
12.	Вариаторы. Принцип действия. Типы вариаторов	2
Итого		24

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.6/24

Практическое занятие №1 Сложение пар сил

Цель работы:

Закрепить умения по определению момента пары сил и применению условия равновесия пар сил на плоскости при решении задач

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК 01-02.04-05, 09.ПК 1.1, 1.4.1.5.

Литература: [1, с.20-22; 3 с.34-67]

Методические указания

Для понимания хода доказательства необходимо знать: определение пары сил, вращательное действие на тело, плоскость действия пары сил, модуль и знак момента пары сил, свойства пар сил (1 или 2).

Порядок выполнения работы:

Законспектировать теорему о сложении пар сил на плоскости, ее доказательство и следствие (силу обозначить буквой F , а не P). Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте определение пары сил?
2. Что называют моментом силы относительно точки?
3. Сформулируйте условие равновесия пары сил
4. Какие пары сил называют эквивалентными?
5. В чем различие между моментом пар и моментом силы относительно точки?
6. Можно ли утверждать, что пара сил имеет равнодействующую. Ответ обоснуйте.
7. Зависит ли момент пары сил от положения в пространстве?

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.7/24

Практическое занятие №2 Решение задач по определению опорных реакций балок

Цель работы:

Научиться применять алгоритм в решении задач на определение опорных реакций балок

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

Литература:[1, с.20-22; 3 с.34-67]

Методические указания

При решении задач по теме «Плоская система произвольно расположенных сил» необходимо знать теоретический материал: момент силы относительно точки, три формы записи уравнений равновесия для произвольно расположенных сил и два уравнения равновесия для плоской системы параллельных сил, алгоритм решения задач по этой теме.

Рекомендации по выполнению самостоятельной работы:

Решение задач на равновесие плоской системы сил следует выполнять в следующей последовательности:

- 1.Выделить тело, равновесие которого надо рассмотреть
- 2.Изобразить расчетную схему: условно изобразить опоры и заданные силы
- 3.Отбросить опоры (связи), а направление их реакций (пока не известных по величине) изобразить на схеме

Неизвестным силам. Наметить центры моментов в точке пересечения линий действия двух неизвестных сил или на линии действия одной неизвестной силы

5. Составить уравнения равновесия
- 6.Решить уравнения равновесия и определить неизвестные силы
- 7.Проверить правильность решения по уравнению равновесия, которое не было использовано

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.8/24

Порядок выполнения работы:

Законспектируйте и изучите решение задач № 1.8 и 1.9 на с. 48-49, из учебника [3] Аркуша А.И. "Техническая механика: теоретическая механика и сопротивление материалов. Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

- 1.Сформулируйте теорему Вариньона
- 2.Запишите три вида уравнений равновесия
- 3.Укажите направление реакций связи, если связь – подвижный цилиндрический шарнир
4. Укажите направление реакций связи, если связь – неподвижный шарнир
5. Укажите направление реакций связи, если связь – жесткая заделка.
- 6.Как направлена реакция нити, шнура, троса?

Практическое занятие №3 Решение задач по теме пространственная система сил

Цель работы:

Закрепить умения по решению задач по теме пространственная система сил

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций

ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

Литература:[3, с.55-61]

Методические указания

Важно иметь понятие момента силы относительно оси и условий его равенства нулю. Надо знать условия и шесть уравнений равновесия пространственной системы сил в общем случае и трех уравнений равновесия для пространственной системы сходящихся сил

Порядок выполнения работы:

Законспектируйте и изучите решение задачи № 1.13 на с. 59-60, из учебника [3] Аркуша А.И. "Техническая механика: теоретическая механика и сопротивление материалов». Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю.

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.9/24

Контрольные вопросы:

- 1.Какая система сил называется пространственной?
- 2.Как определяется равнодействующая пространственной системы сил сходящихся в одной точке?
3. Когда пространственная система сходящихся сил будет уравновешена?
4. Запишите аналитическое условие равновесия пространственной системы сходящихся сил

Практическое занятие №4 Построение кинематических графиков, их анализ

Цель работы:

1. Научиться определять виды движения по кинематическим графикам движения точки
2. Закрепить умения по использованию кинематических графиков движения при решении задач по определению скорости, ускорения и траектории движения точки

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

Литература:[3,с.81-91]

Порядок выполнения работы:

1. Составить конспект по данной теме по учебнику А.И Аркуша «Техническая механика» (§1.25-1.26).
2. Разобрать приведенный в § 1.29 пример решения задачи 1.21
3. По заданному графику скоростей точки определить путь, пройденный за время движения (по вариантам заданий).
4. Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

- 1.Сформулируйте понятия скорость , ускорение, путь, траектория.
- 2.Перечислите методы задания движения точки
- 3.Запишите формулы и укажите направление действия нормального и касательного ускорений

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.10/24

4. Запишите формулу, связывающую линейную и угловые скорости движения точки

5. Запишите формулы для определения ускорения точек вращающегося твердого тела.

Практическое занятие №5 «Составление конспекта по теме «Законы движения жидкости. Уравнение Бернулли»

Цель работы:

1. Изучить законы движения жидкостей и уравнение Бернулли
2. Уяснить энергетический и геометрический смысл уравнения Бернулли
3. Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций

ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

Литература:[3,с.81-91]

Порядок выполнения работы:

1. Составьте конспект по данной теме по учебнику Лашутина Н.Г «Техническая термодинамика с основами теплопередачи и гидравлики» (§22.3).
2. Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте понятия установившееся и неуставившееся движение жидкости.
2. Сформулируйте уравнение неразрывности потока
3. Запишите формулу уравнения Бернулли
4. Сформулируйте энергетический смысл уравнения Бернулли
5. Сформулируйте геометрический смысл уравнения Бернулли

Практическое занятие №6 Уравнение динамики вращательного движения тела

Цель работы:

Изучить основное уравнение динамики вращательного движения тела

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций

ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.11/24

Литература:[3, с.144-146;]

Порядок выполнения работы:

Составьте конспект по теме «Уравнение динамики вращательного движения тела» из учебника [3] Аркуша А.И. «Техническая механика: теоретическая механика и сопротивление материалов». Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

- 1.Сформулируйте принцип Даламбера
- 2.Как определяется касательное ускорение при вращении
- 3.Что называют моментом инерции тела (запишите формулу)
- 4.Запишите основное уравнение динамики вращающегося тела
- 5.В каких единицах измеряется момент инерции тела?

Практическое занятие №7 Расчет на прочность ступенчатого бруса

Цель работы:

- 1.Закрепить умения по построению эпюр продольных сил N , нормальных напряжений $[\sigma]$,
- 2.Научиться находить опасные сечения.
- 3.Научиться проводить расчеты на прочность при растяжении и сжатии.

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

Литература:[3, с.170-173]

Порядок выполнения работы:

Получить вариант задание у преподавателя:

Для стержней кронштейна, выполненных из стали Ст45, определить требуемую площадь поперечных сечений и подобрать по ГОСТу соответствующий диаметр; определить процент пере – или недогрузки наиболее нагруженного стержня при принятых диаметрах сечения, приняв $[\sigma_p] = 140$ МПа.

Последовательность решения типовой задачи:

1. Составить схему по условию задачи.

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.12/24

2. Определить реакции стержней из решения уравнений равновесия для плоской сходящейся системы сил и проверить правильность найденных реакций.

3. Определить вид деформации стержней и значения продольных сил.

4. Используя условие прочности $\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$, из которого определяем площадь поперечного сечения $[A] = \frac{N}{[\sigma]}$

5. Используя стандартный ряд диаметров, подбираем соответствующий размер сечений на каждом участке нагружения.

6. Проверяем прочность наиболее нагруженного стержня.

7. Определить процент пере – или недогрузки наиболее нагруженного стержня $\frac{[\sigma] - \sigma}{[\sigma]} \cdot 100\%$, допускается перегрузка до 5%; недогрузка до 15%.

8. Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте, в чем заключается метод сечения
2. Перечислите внутренние силовые факторы, возникающие в поперечном сечении бруса при растяжении (сжатии)
3. Запишите условие прочности при растяжении (сжатии)
4. Что называют допускаемым напряжением?
5. Что называют пределом прочности ?
6. Что характеризует коэффициент Пуассона?
7. Сформулируйте закон Гука для растяжения (сжатия)
8. Как определяется и в каких единицах измеряется модуль упругости материала

Практическое занятие №8 Расчет прочности бруса круглого поперечного сечения

Цель работы:

1. Закрепить умения по построению эпюр крутящих моментов.
2. Научиться подбирать диаметры валов по ГОСТу.

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций
ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.13/24

Литература:[3 с.180-192]

Порядок выполнения работы:

- 1.Получить вариант задания у преподавателя
- 2.Для стального вала постоянного поперечного сечения определить значения моментов M_1, M_2, M_3, M_4 ;
- 3.Построить эпюру крутящих моментов;
- 4.Определить диаметр вала из расчетов на прочность и жесткость, приняв $[\tau] = 30 \text{ МПа}$;
 $[\varphi] = 0,02 \text{ рад/м}$;
 $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$
5. Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

1. Перечислите внутренние силовые факторы, возникающие в поперечном сечении бруса при кручении
- 2.Запишите условие прочности при кручении.
- 3.Запишите условие жесткости при кручении
4. Как определяется и в каких единицах измеряется модуль сдвига материала
- 5.Запишите формулу для определения полярного момента инерции для кольца и круга

Практическое занятие №9 Примеры задач на совместное действие изгиба и кручения

Цель работы:

Изучить один из видов сложной деформации - совместное действие кручения и изгиба.

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

Литература:[1, с.20-22; 3 с.34-67]

Порядок выполнения работы:

Составьте конспект по теме «Совместное действие изгиба и кручения», изучите и законспектируйте решение задачи 2.27 используя учебник [3] Аркуша А.И.

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

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.14/24

"Техническая механика: теоретическая механика и сопротивление материалов».с.238-240. Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю.

Контрольные вопросы:

- 1.Какие виды деформаций относят к сложным видам?
- 2.Как определяют касательные напряжения при кручении?
- 3.В каких точках вала при кручении возникают максимальные касательные напряжения?
4. В каких точках вала при изгибе возникают максимальные нормальные напряжения?
- 5.Сформулируйте назначение гипотез прочности

Практическое занятие №10 Формы упругого равновесия. Продольный изгиб. Формула Эйлера

Цель работы:

Изучить формы упругого равновесия, продольный изгиб и методы определения прочности деталей при продольном изгибе

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций
ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

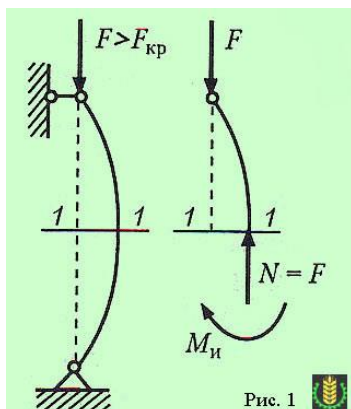
Литература:[3, с.251-254]

Методические указания

1.Понятие продольного изгиба

Примером явления продольного изгиба может послужить длинная школьная линейка, к одному из концов которой приложена сжимающая сила. Сначала материал линейки сопротивляется нагрузке, и линейка работает, как обычный сжимаемый брус. Затем, по достижении определенной нагрузки, линейка начинает прогрессивно изгибаться без существенного увеличения сжимающей силы и теряет устойчивость (т.е. гнется без заметных усилий вплоть до поломки). Явление продольного изгиба можно объяснить тем, что к реальному стержню практически невозможно применить основные гипотезы и допущения сопромата - об однородности, изотропности и непрерывности материала. Поэтому при продольном сжатии стержня, даже если сжимающая сила приложена идеально вдоль его оси

отдельные волокна этого стержня неодинаково сопротивляются сжатию (из-за неоднородности и анизотропии материала). В результате, при достижении сжимающей силой критической величины, стержень начинает изгибаться в сторону наименьшего сопротивления волокон



Опасность потери устойчивости особенно велика для тонкостенных конструкций, стержней, пластинок и оболочек. Рассмотрим тонкий стальной стержень, длина которого значительно больше поперечных размеров, сжимаемый силой F , немного большей критической силы $F_{кр}$ (см. рисунок 1). Применяя метод сечений, убеждаемся, что в результате искривления оси в поперечных сечениях стержня возникают два внутренних силовых фактора – продольная сила $N = F$ и изгибающий момент M_u . Таким образом, искривленный стержень испытывает сочетание деформаций центрального сжатия и изгиба. При сжимающих силах, даже немного превышающих критическую силу, напряжения изгиба могут непосредственно угрожать прочности конструкции. Поэтому критическое состояние конструкции считается недопустимым. Для обеспечения устойчивости необходимо, чтобы действующая на стержень сжимающая сила F была меньше критической $F_{кр}$. Обозначим допускаемую сжимающую силу $[F]$, тогда

$$[F] = F_{кр}/[s_y],$$

где: $[s_y]$ – допускаемый коэффициент запаса устойчивости.

Очевидно, что устойчивость стержня обеспечена, если $[s_y] > 1$.

Значение коэффициента запаса устойчивости зависит от назначения стержня и его материала. Обычно для сталей $[s_y] = 1,8 \dots 3$; для чугунов $[s_y] = 5 \dots 5,5$; для дерева $[s_y] = 2,8 \dots 3,2$.

2. Формулы Эйлера и Ясинского для расчетов стержней на устойчивость

Первые исследования устойчивости сжатых стержней были проведены академиком Петербургской Академии наук **Леонардом Эйлером** (1707-1783 г.г.). В дальнейшем большая работа в области теоретического и экспериментального следования вопросов устойчивости была проведена русским ученым, профессором Петербургского института инженеров путей сообщения **Ф.С. Ясинским** (1856-1899 г.г.), опубликовавшим в 1893 году научную работу «Опыт развития продольного изгиба».

Л. Эйлером была предложена формула для определения величины критической силы $F_{кр}$, которая приводится здесь без вывода:

$$F_{кр} = \pi^2 E I_{min} / l_n^2,$$

где: E – модуль упругости первого рода; I_{min} – наименьший из осевых моментов инерции сечения, поскольку искривление происходит в плоскости наименьшей жесткости; l_n – приведенная длина стержня, которая может быть определена по формуле:

$$l_n = \mu l,$$

где: l – длина стержня; μ – коэффициент приведения длины, зависящий от способа закрепления концов стержня.

Наиболее часто встречающиеся способы закрепления концов стержня и соответствующие им значения коэффициента приведения длины представлены на [рисунке 2](#). Вывод формулы Эйлера основан на известном [законе Гука](#), который справедлив лишь до предела пропорциональности. Поэтому формулой Эйлера можно пользоваться не всегда. Для определения пределов применимости формулы Эйлера определим критическое напряжение $\sigma_{кр}$, т. е. напряжение, которое возникает в поперечном сечении площадью A стержня при достижении критической силы

$$\sigma_{кр} = F_{кр} / A = \pi^2 E I_{min} / [(\mu l)^2 A].$$

Определим наименьший радиус инерции i_{min} поперечного сечения стержня:

$$i_{min} = \sqrt{(I_{min} / A)} \quad (\text{здесь } \sqrt{} - \text{знак квадратного корня}).$$

Перепишем формулу для $\sigma_{кр}$ так:

$$\sigma_{кр} = \pi^2 E / (\mu l / i_{min})^2.$$

Введем **понятие гибкости стержня**: $\lambda = \mu l / i_{min}$. Это безразмерная величина, характеризующая размеры стержня и способ закрепления его концов. Окончательно получим:

$$\sigma_{кр} = \pi^2 E / \lambda^2.$$

Формулу Эйлера можно применять только при выполнении условия:

$$\sigma_{кр} = \pi^2 E / \lambda^2 \leq \sigma_{пц},$$

где: $\sigma_{пц}$ – предел пропорциональности материала стержня. Следовательно, должно быть

$$\lambda \geq \sqrt{(\pi^2 E / \sigma_{пц})} = \lambda_{пред} \quad (\text{здесь } \sqrt{} - \text{знак квадратного корня}).$$

Величину, стоящую в правой части неравенства, называют предельной гибкостью. Предельная гибкость зависит только от физико-механических свойств материала стержня.

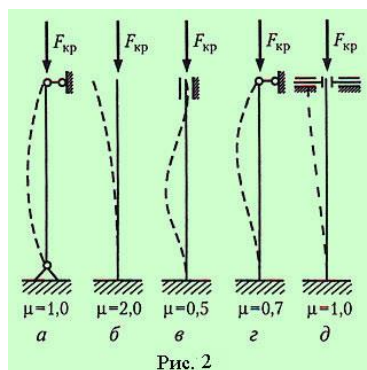


Рис. 2

Условие применимости формулы Эйлера можно записать так: $\lambda \geq \lambda_{пред}$, т.е. формула Эйлера применима лишь в тех случаях, когда гибкость стержня больше или равна предельной гибкости. Так, для стержней из низкоуглеродистой стали формула Эйлера применима, если их гибкость $\lambda \geq 100$. В тех случаях, когда гибкость стержней меньше предельной, формула Эйлера становится неприменимой и при расчетах пользуются эмпирической **формулой Ясинского**:

$$\sigma_{кр} = a - b\lambda,$$

где: **a** и **b** – коэффициенты, зависящие от материала и определяемые по таблицам справочников.

Если стержень имеет гибкость $\lambda \leq 40$, то его можно рассчитывать на простое сжатие по формуле $\sigma_c = F / A$.

3. Расчеты прямолинейных стержней на устойчивость

Существует три вида расчетов на устойчивость прямолинейных стержней – **проектный, проверочный** и **силовой**.

Проектный расчет заключается в определении минимального осевого момента инерции поперечного сечения стержня по формуле:

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

$$I_{min} = F[s_y](\mu l)^2 / (\pi^2 E),$$

где: F - действующая нагрузка; $[s_y]$ – допускаемый коэффициент запаса устойчивости; μ – коэффициент приведения длины стержня; l – длина стержня; E – модуль продольной упругости.

Далее находят гибкость стержня по формуле: $\lambda = \mu l / i_{min}$,

где: $i_{min} = \sqrt{I_{min} / A}$, (A – площадь сечения стержня).

Полученную гибкость сравнивают с предельной для данного материала.

Проверочный расчет заключается в определении действительного коэффициента запаса устойчивости s_y и сравнении его с допускаемым:

$$s_y = F_{кр} / F \geq [s_y].$$

Силовой расчет заключается в определении допускаемой нагрузки $[F]$ по формуле:

$$[F] = F_{кр} / [s_y].$$

Расчет сжатых стержней на устойчивость можно свести к расчету на простое сжатие. При расчете применяют следующую формулу:

$$[F] = \varphi[\sigma_c]A,$$

где: $[\sigma_c]$ – допускаемое напряжение на сжатие; φ – коэффициент продольного изгиба (справочная величина, определяемая по таблицам).

Расчеты показывают, что при продольном изгибе наиболее выгодными являются кольцевые и коробочные тонкостенные сечения, имеющие относительно большой момент инерции.

Порядок выполнения работы:

1. Составьте конспект, используя методические рекомендации, оформите его на листах формата А4 в виде реферата и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

1. Что такое продольный изгиб?
2. Запишите формулу Эйлера.
3. Как зависит коэффициент приведения длины, от способа закрепления концов стержня.
4. В каких случаях можно применять формулу Эйлера?
5. Как производят проектный расчет стержней на устойчивость?
6. Как производят проверочный расчет стержней на устойчивость

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.19/24

7. Как производят силовой расчет стержней на устойчивость

Практическое занятие №11 Цилиндрические передачи. Геометрические размеры

Цель работы:

Изучить цилиндрические зубчатые передачи

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций
ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

Литература:[3, с 344-348]

Порядок выполнения работы:

Составьте конспект по теме «Цилиндрические зубчатые передачи» из учебника [3] Аркуша А.И. "Техническая механика: теоретическая механика и сопротивление материалов».с344-348 Оформите на листах формата А4 и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

1. Перечислите виды зубчатых передач
2. Как определяют передаточное число зубчатой передачи?
3. Чему равен модуль зацепления?
4. Могут ли находиться в зацеплении зубчатые колеса если их модули не равны?
5. Целесообразно ли назначать число зубьев шестерни стандартного эвольвентного зацепления меньше 17?

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.20/24

Практическое занятие №12 Вариаторы. Принцип действия. Типы вариаторов

Цель работы:

Изучить типы, принцип действия, область применения вариаторов.

Работа направлена на формирование следующих элементов компетенций
ОК 01-02.04-05,09.ПК 1.1,1.4.1.5.

Литература:[3, с.415-417]

Методические указания

1 Назначение и область применения фрикционных передач

Фрикционной передачей называется механизм, служащий для передачи вращательного движения от одного вала к другому с помощью сил трения, возникающих между насаженными на валы и прижатыми друг к другу дисками, цилиндрами или конусами. Фрикционные передачи относятся к передачам с непосредственным контактом. Их работа основана на принципе использования силы трения.

Фрикционные передачи находят применение в кузнечно-прессовом оборудовании (фрикционные прессы, фрикционные молоты), металлорежущих станках, транспортирующих машинах (например лебедки с фрикционным приводом); в приборах, счетно-решающих машинах и т.д. Наибольшее применение в машиностроении имеют фрикционные вариаторы. Вариаторы применяют в приводах химического и текстильного оборудования два обеспечения: плавного изменения скоростного режима "вытягивания" волокна и наматывания нити на бабину; в приводах центрифуг для плавного разгона до достижения необходимой частоты вращения; в приводах деревообрабатывающего оборудования для изменения режима обработки в зависимости от породы и структуры материала.

Фрикционные передачи можно классифицировать по нескольким признакам:

- 1) по расположению осей валов, по форме тел качения, по условиям работы;
- 2) по возможности регулирования передаточного числа.

2. Достоинства фрикционных передач

- 1) простота конструкции,
- 2) плавность и бесшумность работы,
- 3) возможность безаварийной ситуации при случайной перегрузке,

4) возможность плавного изменения передаточного числа на ходу машины.

3. Недостатки фрикционных передач

1) значительная радиальная нагрузка на опоры валов, которая может до 35 раз превышать передаваемое окружное усилие и вызывающее интенсивное изнашивание рабочих элементов передачи и разрушение катков.

2) фрикционные не обеспечивают строгого постоянства передаточного числа при изменении нагрузки

3) имеют сравнительно невысокий КПД.

4. Фрикционные вариаторы

Вариатором или *бесступенчатой передачей* называется механизм для плавного изменения передаточного отношения.

В машиностроении фрикционные вариаторы используют в силовых приводах, мощность которых колеблется от небольших величин до десятков и даже сотен киловатт. Вариаторы бывают одно- и двухступенчатые.

Основной кинематической характеристикой любого вариатора является *диапазон регулирования* D , равный максимальному передаточному отношению, делённому на минимальное

$$D = u_{\max} / u_{\min} \quad (2.2.6),$$

Для одноступенчатых вариаторов преимущественные значения $D = 3 \dots 6$. С увеличением диапазона регулирования снижается КПД вариатора.

5. Разновидности вариаторов

1) Лобовой вариатор (рис. 1) применяют в винтовых прессах и приборах. В таком вариаторе оси взаимно перпендикулярны, а изменение скорости ведомого вала происходит за счёт осевого перемещения ролика. Лобового вариатор допускает реверсивные вращения ведомого вала при одностороннем вращении ведущего. Ведущим звеном в лобовой передаче может быть либо ролик, либо работающий торцом диск. Передаточное число лобового вариатора

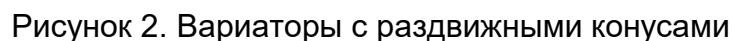
$$u = \omega_1 / \omega_2 = x / r \quad (2.2.7),$$

а диапазон регулирования

$$D = u_{\max} / u_{\min} = R_{\max} / R_{\min}.$$

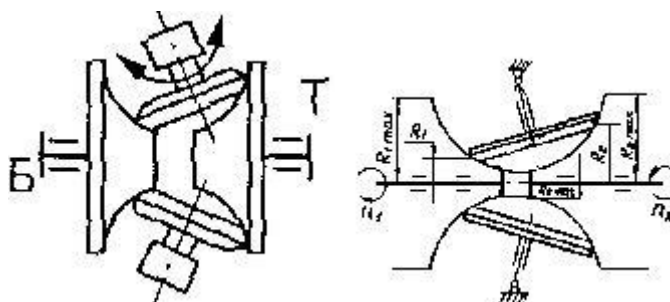


Цепные вариаторы сложнее и дороже, но компактнее, долговечнее и надежнее. Д не более 6. Передаваемая мощность 30 кВт.



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

4) Торовые вариаторы (рис.4) состоят из двух сносных катков с тороидной рабочей поверхностью и двух промежуточных роликов. Регулирование скоростей производится поворотом роликов с помощью рычажного механизма. Д 3-6,25. Из всех вариаторов они наиболее компактны и совершенны, но имеют сложную форму и требуют высокой точности изготовления. К.П.Д. 0,95 - самый высокий. Торовые вариаторы нормализованы для мощностей от 1,5 до 20 кВт.



Так же существуют следующие виды фрикционных вариаторов: шаровые, многодисковые, с раздвижными конусами и др.

Порядок выполнения работы:

1. Составьте конспект, используя методические рекомендации, оформите его на листах формата А4 в виде реферата и сдайте преподавателю

Контрольные вопросы:

1. Какие передачи называют фрикционными?
2. Перечислите достоинства и недостатки фрикционных передач?
3. Перечислите область применения фрикционных передач?
4. Для каких целей используют фрикционные вариаторы?
5. Перечислите разновидности вариаторов и область их применения

МО-26 02 06-ОП.02.ПЗ	КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»	
	ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	С.24/24

Используемые источники литературы:

- 1.Эрдеди А. А. Теория механизмов и детали машин (Электронный ресурс) учебное пособие. – М.: КноРус, 2020
- 2.Соппротивление материалов (с примерами решения задач), учебное пособие / Н.М. Атаров под редакцией Г.С. Варданян, А.А. Горшков, А.Н. Леонтьев. – М.: КноРус, 2020
- 3.Эрдеди А.А. Соппротивление материалов (Электронный ресурс) учебное пособие – М.: КноРус, 2020