

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный колледж»

РАССМОТРЕНО

Председатель ПЦК

_____Безганс Е.В.
подпись председателя ПЦК

« ____ » _____ 20 ____ г

Комплект
контрольно-оценочных средств
по учебной дисциплине
ОП.02 Техническая механика
Программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)
по специальности СПО
15.02.16 Технология машиностроения

г. Челябинск, 2023

Разработчики:

<u>ГБПОУ «ЮУГК»</u>	<u>Преподаватель)</u>	Т.Н.Неклюдова
<hr/>	<hr/>	<hr/>
(место работы)	(занимаемая должность)	(инициалы, фамилия)

Эксперты:

<hr/>	<hr/>	<hr/>
(место работы)	(занимаемая должность)	(инициалы, фамилия)
<hr/>	<hr/>	<hr/>
(место работы)	(занимаемая должность)	(инициалы, фамилия)

Содержание

1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств.....	4
1.1. Область применения	
1.2. Система контроля и оценки освоения программы УД.....	
1.2.1. Организация текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения учебной дисциплины	
2. Перечень учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы	
3. Задания для оценки освоения умений и усвоения знаний.....	

1. Паспорт комплекта контрольно-оценочных средств

1.1. Область применения

Комплект контрольно-оценочных средств предназначен для проверки результатов освоения учебной дисциплины ОП.15 Экономика организации (далее УД) программы подготовки специалистов среднего звена (далее ППССЗ) по специальности СПО 15.02.16 Технология машиностроения.

Комплект контрольно-оценочных средств позволяет оценивать:

1. Формирование элементов профессиональных компетенций (ПК) и элементов общих компетенций (ОК):

Таблица 1.

Профессиональные и общие компетенции	Показатели оценки результата	Средства проверки (№№ заданий)
1	2	3
ОК.01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;	Правильное выполнение практических заданий (задач), правильные ответы на тестовые и устные вопросы	
ОК.02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;	Использование ПК, Интернета и печатных изданий при поиске информации	
ОК.03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;		
ОК.09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.		

2. Освоение умений и усвоение знаний

Таблица 2.

Освоенные умения, усвоенные знания	Показатели оценки результата	№№ заданий для проверки
1	2	3
- анализировать конструкции, заменять реальный объект расчетной схемой;	Демонстрация умения анализировать конструкции, заменять реальный объект расчетной схемой	
- применять при анализе механического состояния понятия и терминологию технической механики;	Демонстрация умения применять при анализе механического состояния понятия и терминологию технической механики	
- выделять из системы тел рассматриваемое тело и силы, действующие на него;	Демонстрация умения выделять из системы тел рассматриваемое тело и силы, действующие на него;	
- определять характер нагружения и напряженное состояние в точке элемента конструкций;	Демонстрация умения определять характер нагружения и напряженное состояние в точке элемента конструкций	
- выбирать детали и узлы на основе анализа их свойств для конкретного применения;	Демонстрация умения - выбирать детали и узлы на основе анализа их свойств для конкретного применения;	
проводить несложные расчеты элементов конструкции на прочность и жесткость;	Демонстрация умения производить несложные расчеты элементов конструкции на прочность и жесткость	
читать кинематические схемы	Демонстрация умения читать кинематические схемы	
31- основные понятия и аксиомы теоретической механики, законы равновесия и перемещения тел;	Излагать основные понятия и аксиомы теоретической механики, законы равновесия и перемещения тел	
32- методики выполнения основных расчетов по теоретической механике, сопротивлению материалов и деталям машин;	Демонстрация знания методик выполнения основных расчетов по теоретической механике, сопротивлению материалов и деталям машин;	
33- методику расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при растяжении, сжатии,	Излагать алгоритм методик расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при растяжении, сжатии, кручении и изгибе	

кручении и изгибе		
34- методику определения статических и динамических нагрузок на элементы конструкций, кинематические и динамические характеристики машин и механизмов;	Знать алгоритм методик определения статических и динамических нагрузок на элементы конструкций, кинематические и динамические характеристики машин и механизмов	
35-основы проектирования деталей и сборочных единиц.	Демонстрация знания основ проектирования деталей и сборочных единиц	

1.2 Система контроля и оценки освоения программы учебной дисциплины

1.2.1. Организация текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения учебной дисциплины.

Текущий контроль проводится в форме устного опроса, защиты лабораторных и практических работ, выполнения тестовых заданий и самостоятельных работ по темам и разделам дисциплины.

Рубежный контроль по результатам изучения 1 и 2 разделов дисциплины проводится в форме комплексных тестов. Предметом оценки освоения разделов учебной дисциплины является умения и знания.

2. Перечень учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

1. Олофинская В.П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: учебное пособие для СПО.- М.: Академия, 2014.- 349 с.

2. Олофинская В.П. Детали машин. Краткий курс и тестовые задания: учебное пособие для СПО.- М.: Академия, 2013.- 240 с.

Дополнительные источники:

Электронные издания

1. Библиотека машиностроителя. Режим доступа: [http:// www.lib-bkm.ru](http://www.lib-bkm.ru)

Дополнительные источники (при необходимости)

1. Сборник задач и примеров расчета по курсу деталей машин: учебное пособие для СПО.- 4-е изд., перераб.- М. Машиностроение, 2006.- 286 с.

3. Задания для оценки умений и усвоения знаний

3.1 Примеры устных вопросов для проверки усвоения материала

1. Дайте определение абсолютно твердого тела и материальной точки.
2. Что такое сила? Охарактеризуйте эту физическую величину и единицу ее измерения в системе СИ.
3. Перечислите и охарактеризуйте основные аксиомы статики.
4. Что такое "эквивалентная", "равнодействующая" и "уравновешивающая" система сил?
5. Теорема о равновесии плоской системы трех непараллельных сил и ее доказательство.
6. В чем разница между активными силами (нагрузками) и реактивными силами (реакциями)? Перечислите и охарактеризуйте наиболее распространенные виды связей между несвободными телами.
7. В чем разница между распределенной и сосредоточенной нагрузкой? Что такое "интенсивность" плоской системы распределенных сил и в каких единицах она измеряется?
8. Сформулируйте принцип отвердевания и поясните его сущность.
9. Что такое "плоская система сходящихся сил"? Определение равнодействующей плоской системы сил геометрическим и графическим методом.
10. Сформулируйте условия равновесия плоской системы произвольно расположенных сил.
11. Сформулируйте и докажите теорему о равнодействующей двух неравных антипараллельных сил.
12. Что такое момент силы относительно точки и в каких единицах (в системе СИ) он измеряется? Что такое момент пары сил и какие пары сил считаются эквивалентными?
13. Сформулируйте основные свойства пары сил в виде теорем.
14. Сформулируйте и докажите теорему о сложении пар сил. Сформулируйте условие равновесия плоской системы пар.
15. Сформулируйте и докажите лемму о параллельном переносе силы.
16. Сформулируйте и докажите теорему о приведении системы произвольно расположенных сил к данному центру. Что такое главным момент плоской системы произвольно расположенных сил?
17. Перечислите свойства главного вектора и главного момента системы произвольно расположенных сил.
18. Сформулируйте теорему о моменте равнодействующей системы сил (теорема Вариньона).
19. Сформулируйте три основных закона трения скольжения (законы Кулона).
20. Что такое коэффициент трения скольжения? От чего зависит его величина?
21. Сформулируйте условия равновесия пространственной системы произвольно расположенных сил.
22. Дайте определение центра тяжести тела и опишите основные методы его нахождения.

23. Дайте определение абсолютному и относительному движению. Что такое траектория точки?
24. Перечислите и охарактеризуйте способы задания движения точки.
25. Что такое скорость точки? Какими единицами (в системе СИ) она измеряется и какими параметрами характеризуется? Что такое средняя и истинная скорость точки?
26. Что такое ускорение точки? Какими единицами (в системе СИ) оно измеряется и какими параметрами характеризуется? Что такое среднее и истинное ускорение точки?
27. Дайте определение нормального и касательного ускорения. Сформулируйте теорему о нормальном и касательном ускорении.
28. Перечислите и охарактеризуйте виды движения точки в зависимости от величины ее касательного и нормального ускорения.
29. Дайте определение и поясните сущность поступательного, вращательного, плоскопараллельного и сложного движения твердого тела.
30. Перечислите основные законы динамики и поясните их смысл.
31. Сформулируйте принцип независимости действия сил и поясните его смысл. Назовите две основные задачи динамики.
32. Сформулируйте и поясните сущность метода кинетостатики для решения задач динамики (принцип Д`Аламбера).
33. Что такое работа силы? Какими единицами (в системе СИ) она измеряется?
34. Сформулируйте теорему о работе силы тяжести и поясните ее сущность.
35. Что такое мощность силы? Какими единицами (в системе СИ) она измеряется?
36. Что такое энергия? Дайте определение и поясните сущность коэффициента полезного действия.
37. Сформулируйте теорему об изменении количества движения и поясните ее смысл.
38. Сформулируйте теорему об изменении кинетической энергии и поясните ее смысл.
39. Сформулируйте закон сохранения механической энергии и поясните его смысл.
40. Перечислите основные задачи науки о сопротивлении материалов. Что такое прочность, жесткость, устойчивость?
41. Перечислите основные гипотезы и допущения, принимаемых в расчетах сопротивления материалов и поясните суть. Сформулируйте принцип Сен-Венана.
42. Перечислите основные виды нагрузок и деформаций, возникающих в процессе работы машин и сооружений.
43. В чем заключается метод сечений, используемый при решении задач теоретической механики и сопротивления материалов?
44. Какие силовые факторы могут возникать в поперечном сечении бруса и какие виды деформаций они вызывают? Что такое эпюра?
45. Что такое напряжение и в каких единицах оно измеряется? В чем принципиальное отличие напряжения от давления?
46. Сформулируйте гипотезу о независимости действия сил (принцип независимости действия сил) и поясните ее сущность.
47. Сформулируйте закон Гука при растяжении и сжатии и поясните его смысл. Что такое модуль продольной упругости?

48. Опишите зависимость между продольной и поперечной деформациями при растяжении и сжатии. Что такое коэффициент Пуассона?
49. Сформулируйте условие прочности материалов и конструкций при растяжении и сжатии, представьте его в виде расчетной формулы. Что такое коэффициент запаса прочности?
50. Сформулируйте условие прочности материалов и конструкций при сдвиге, представьте его в виде расчетной формулы. Что такое срез (скалывание)?
51. Сформулируйте закон Гука при сдвиге и поясните его сущность. Что такое модуль упругости сдвига (модуль упругости второго рода)?
52. Что такое статический момент площади плоской фигуры? Какими единицами системы СИ он измеряется?
53. Что такое полярный момент инерции плоской фигуры? Какими единицами системы СИ он измеряется?
54. Что такое осевой момент инерции плоской фигуры? Какими единицами системы СИ он измеряется? Что такое центральный момент инерции?
55. Какие деформации и напряжения в сечениях бруса возникают при кручении? Что такое полный угол закручивания и относительный угол закручивания сечения?
56. Сформулируйте условие прочности бруса при кручении. Приведите расчетную формулу на прочность при кручении и поясните ее сущность.
57. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях витков цилиндрической винтовой пружины при сжатии и растягивании? В какой точке сечения витка пружины напряжения достигают максимальной величины?
58. Что такое чистый изгиб, прямой изгиб, косой изгиб? Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса при чистом изгибе?
59. Сформулируйте условие прочности балки (бруса) при изгибе. Приведите расчетную формулу и поясните ее сущность.
60. Что такое продольный изгиб? Приведите формулу Эйлера для определения величины критической силы при продольном изгибе и поясните ее сущность.
61. Что такое критерий работоспособности детали? Назовите основные критерии работоспособности и расчета деталей машин.
62. Перечислите наиболее распространенные в машиностроении типы разъемных и неразъемных соединений деталей.
63. Достоинства и недостатки клепаных соединений. Перечислите основные типы заклепок по форме головок. Как производится расчет на прочность клепаных соединений?
64. Достоинства и недостатки сварочных соединений. Виды сварки. Как производится расчет на прочность сварочных соединений?
65. Классификация и основные типы резьб. Как производится расчет на прочность резьбовых соединений?
66. Что такое механическая передача? Классификация механических передач по принципу действия.
67. Основные кинематические и силовые соотношения в механических передачах. Что такое механический КПД передачи, окружная скорость, окружная сила, вращающий момент, передаточное число?
68. Классификация зубчатых передач. Достоинства и недостатки зубчатых передач.

69. Основные элементы и характеристики зубчатого колеса (шестерни). Что такое делительная окружность и модуль зубьев?
70. Перечислите способы изготовления зубьев зубчатых колес. Что такое модуль зубьев?
71. Характер и причины отказов зубчатых передач. Перечислите способы повышения работоспособности зубчатых передач.
72. Классификация ременных передач. Достоинства и недостатки ременных передач и область их применения.
73. Классификация цепных передач. Достоинства и недостатки цепных передач и область их применения.
74. В чем отличие вала от оси? Классификация валов и осей по назначению и по геометрической форме.
75. Классификация и условные обозначения подшипников качения. Основные типы подшипников качения. Характер и причины отказов подшипников качения.
76. Классификация муфт. Перечислите наиболее часто применяемые в машиностроении виды муфт, их достоинства и недостатки.

3.2 Контрольные вопросы для самопроверки

Раздел 1. Теоретическая механика.

1. Почему абсолютно – твердое тело можно рассматривать как систему материальных точек?
2. Почему силу называют векторной величиной?
3. Чем отличается равнодействующая сила от уравнивающей?
4. Как найти равнодействующую двух сил?
5. Чему равны проекции силы на координатные оси ОХ и ОУ, если
 - а) сила наклонена к оси Х под углом; 30° ; б) сила находится на оси Х;
 - в) сила находится на оси У
- 6) Какие силы называются сходящимися?
- 7) Выполнение какого условия необходимо и достаточно для равновесия плоской сходящейся системы сил?
- 8) Перечислите последовательность действий при решении задач на определение неизвестных усилий в плоской сходящейся системе сил.
9. Что называется парой сил и как определяют ее момент?
10. Как определяют момент силы относительно точки?
11. Условие равновесия системы параллельных сил.
12. Перечислите последовательность действий при определении опорных реакций в балках.
12. Как определяют знак силы и знак момента?
13. Что называется центром тяжести тела?
14. Виды трения; основные законы трения скольжения. Охарактеризуйте трение качения.
15. Охарактеризуйте основные понятия кинематики: траектория, пройденный путь, скорость, ускорение.
16. Способы задания движения точки и запишите их уравнения.

17. Запишите дифференциальные уравнения для скорости и ускорения.
18. Поясните понятия: нормальное ускорение, касательное ускорение, полное ускорение.
19. Кинематические параметры вращающегося тела, поясните их значение и запишите формулы.
20. Физический смысл первого закона динамики.
21. Что называют инерцией и каковы примеры ее проявления?
22. Принцип Даламбера.
23. Второй закон динамики и основное уравнение движения. Физический смысл третьего закона динамики.
24. Что называют а) импульсом силы; б) количеством движения?
25. Основной закон динамики для поступательного движения твердого тела и запишите его уравнение.
26. основной закон динамики для вращающегося тела и запишите его уравнение.

Раздел 2. Сопротивление материалов

1. Что называют деформацией тела? Чем отличается упругая деформация от пластичной?
2. Как различают нагрузки а) по характеру приложения; б) по продолжительности действия во времени; в) по характеру действия?
3. Что называют напряжениями? Какие бывают напряжения в зависимости от направления внутренних сил?
4. Какие напряжения называют а) рабочими; б) предельными, в) допускаемыми?
5. Что называют коэффициентом запаса прочности?
6. При каких условиях возникают деформации а) растяжения; б) сжатия? Что называют абсолютным и относительным удлинением (укорочением)?
7. Объясните физический смысл закона Гука.
8. Что называется модулем продольной упругости и как он определяется?
9. В чем заключается метод сечений?
10. Что представляют собой эпюры продольных сил? По каким правилам они строятся?
10. Что представляют собой эпюры нормальных напряжений? По каким правилам они строятся?
11. Запишите основное условие прочности при растяжении (сжатии) и поясните его смысл.
12. Что называют смятием при растяжении материалов? Запишите основное условие прочности при смятии и поясните его смысл.
13. В каком случае возникает сдвиг? Что называют а) чистым сдвигом; б) абсолютным сдвигом?
14. Когда возникает деформация кручения? Что называют относительным углом закручивания и что определяется этим углом?

15. Какие напряжения возникают при кручении? Запишите уравнение для определения напряжения при кручении.
16. При каких условиях возникает поперечный изгиб? Что называют чистым изгибом.
17. Как распределяются нормальные напряжения по площади поперечного сечения материала при изгибе?
18. Что называют осевым моментом инерции и осевым моментом сопротивления при изгибе; как их определяют?
19. Что называют изгибающим моментом и как определяют его величину?
20. Что называют поперечной силой и как определяют ее величину для различных поперечных сечений балок?
21. Что называют эпюрой поперечных сил и изгибающих моментов и каков принцип их построения?
22. Какие уравнения применяют при расчете балок на прочность при изгибе?
23. От чего наступает усталостное сопротивление материалов?
24. Что называют пределом выносливости? Назовите факторы, влияющие на величину предела выносливости.
25. Приведите примеры действия динамических нагрузок.
26. От чего зависит устойчивость сжатых стержней?
27. Что называется критической силой.
28. Запишите формулу для определения критического напряжения, возникающего в материале?

Раздел 3 Детали машин.

1. Понятие разъемного и неразъемного соединения. Приведите примеры.
2. Какие виды резьбовых соединений применяют в машиностроении?
3. Какое назначение имеют шпоночные и шлицевые соединения? В чем преимущество шлицевых соединений перед шпоночными?
4. В чем преимущество сварных соединений перед заклепочными?
5. Перечислите известные вам виды механических передач, приведите примеры их использования.
6. Что представляет собой редуктор? Из чего состоит простейший редуктор?
7. Как различают редукторы по числу ступеней передач и по расположению осей?
8. Как определяют вращающие моменты и мощности на валах редукторов?
9. Что называют осями и валами, отличия в принципе их работы?
10. Какие конструктивные особенности имеют оси и валы?
11. Назначение и устройство простейшего подшипника скольжения.
12. Назначение и устройство подшипников качения.
13. Для чего служат муфты? Как их классифицируют?
14. Как устроена дисковая разъемная муфта?
15. Специальные виды муфт и укажите их назначение.

3.3 Критерии оценивания по результатам текущего, рубежного и итогового контроля

1. Текущий контроль проводится еже урочно в форме: устного ответа, оценки выполнения практической работы, докладов, сообщений, тестовых заданий.
2. Рубежный контроль проводится в форме контрольной семестровой работы. Контрольная работа включает теоретический вопрос (или тестовый вопрос) и решение задачи по контролируемой теме.
3. Итоговый контроль (аттестация) обучающихся по дисциплине «Техническая механика» проводится в форме экзамена. Экзаменационный билет включает теоретический вопрос и задачу по изученному предмету. К экзамену допускаются обучающиеся, имеющие выполненные, оформленные, проверенные и защищенные на положительную оценку практические работы.

Критерии оценок.

Оценка «5» - ответы на вопросы даны в полном объеме, все задачи решены верно.

Оценка «4» - ответы на вопросы даны в полном объеме, все задачи решены верно, но допущены неточности или несущественные ошибки при оформлении документов.

Оценка «3» - ответы на вопросы даны, все задачи решены, но допущены существенные ошибки и неточности.

Оценка «2» - ответы на вопросы не даны, задачи не решены.

При оценивании ответов на тестовые контрольные вопросы учитывается количество правильных и неправильных ответов в соответствии с *Таблицей 4*.

Таблица 4

Процент результативности (правильных ответов)	Оценка уровня подготовки	
	балл (отметка)	вербальный аналог
85 ÷ 100	5	отлично
70 ÷ 85	4	хорошо
50 ÷ 69	3	удовлетворительно
менее 50	2	неудовлетворительно

3.4 Тесты для контроля знаний студентов по дисциплине «Техническая механика»

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

СТАТИКА

Темы 1.1 «Основные понятия и аксиомы статики»

Знать: силы, системы сил, эквивалентные системы сил. Равнодействующую и уравнивающую силы. Аксиомы статики. Связи и реакции связей. Определять направления реакций связей основных типов. Система сходящихся сил. Способы сложения двух сил..

Уметь: определять направление и величину вектора по его проекциям; определять проекции сил; правила знаков.

1.2 «Пара сил. Плоская система произвольно расположенных сил»

Знать: свойства силовых треугольников и многоугольников и уметь их строить; определение проекции силы на ось и понятие знака проекции; единицы измерения силы. Определение, обозначение, единицы измерения момента пары сил и момента силы относительно точки; основные свойства пар и условия равновесия системы пар сил.

Уметь: определять направление и величину вектора по его проекциям; определять равнодействующую плоской системы сходящихся сил; решать задачи на равновесие плоской системы сходящихся сил в аналитической и геометрической формах. Определять момент результирующей пары сил; определять моменты пар сил и момент силы относительно точки.

Момент силы относительно точки считается положительным, если сила разворачивает тело по часовой стрелке.

Тема 1.3 «Пространственная система сил»

Знать: определение, обозначение момента силы относительно оси; свойства момента; способы определения равнодействующей; условие равновесия пространственной системы сил.

Уметь: проецировать силу на ось в пространстве; выполнять разложение силы на три взаимно перпендикулярные оси; определять момент силы относительно оси; решать задачи на равновесие пространственной системы сил.

Момент силы относительно оси считается положительным, если сила разворачивает тело по часовой стрелке, если смотреть на плоскость проекций со стороны положительного направления оси

Тема 1.4 «Центр параллельных сил. Центр тяжести»

Знать: формулы для определения центра тяжести неоднородных и однородных тел; методы для нахождения положения центра тяжести плоских сечений.

Уметь: определять положение центра тяжести сложных сечений, составленных из простых геометрических фигур и стандартных профилей.

При решении задач применять таблицы сортамента стандартных прокатных профилей

КИНЕМАТИКА

Темы 1.5 «Основные понятия кинематики. Простейшие движения твердого тела», и тема 1.6 Сложное движение точек и твердого тела

Знать: обозначения, единицы измерения и формулы для определения основных кинематических параметров движения: времени, пути, скорости и ускорения. Различать среднюю скорость и истинную скорость движения; способы задания движения точки; виды движения в зависимости от ускорения, формулы и графики равномерного и равнопеременного движений. Особенности поступательного и вращательного движений тела; обозначения, формулы для расчетов и взаимосвязь основных кинематических параметров поступательного и вращательного движений, а также различные случаи вращательного движения

Уметь: определять кинематические параметры движения точки по заданному закону движения, строить и читать кинематические графики. Решать задачи по определению кинематических параметров поступательного и вращательного движений, пользуясь формулами и кинематическими графиками

ДИНАМИКА

Тема 1.7 «Аксиомы динамики»

Знать: аксиомы динамики; основной закон динамики; формулы для расчета силы инерции при поступательном и вращательном движениях.

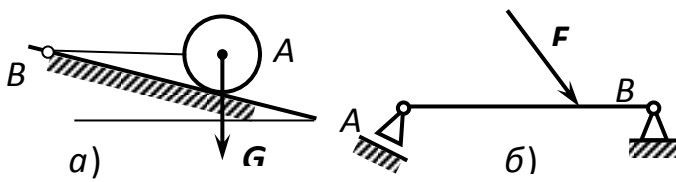
Уметь: определять параметры движения с использованием законов динамики и метода кинетостатики.

Тема 1.8 «Силы инерции при различных видах движения» и тема 1.9. Основные законы динамики

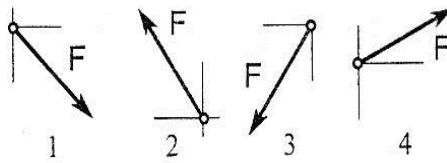
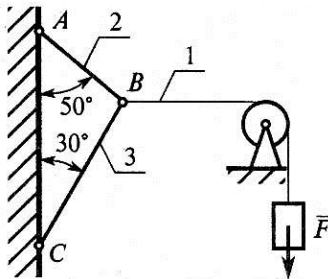
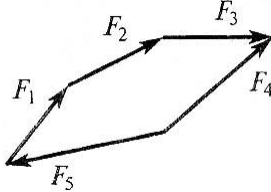
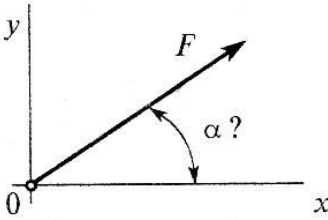
Знать: зависимости для определения силы трения; определение, обозначение, единицы измерения работы и мощности; формулы для расчета работы и мощности при поступательном и вращательном движениях; физический смысл коэффициента полезного действия.

Уметь: рассчитывать работу и мощность с учетом потерь на трение и сил инерции.

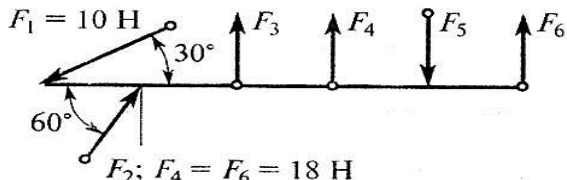
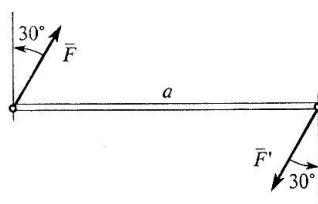
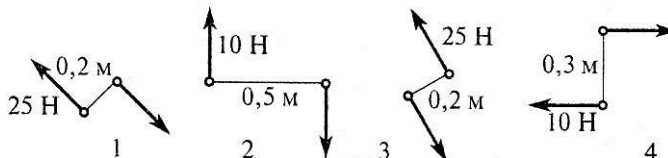
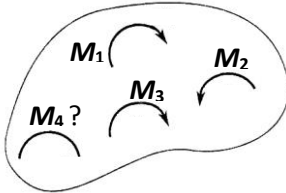
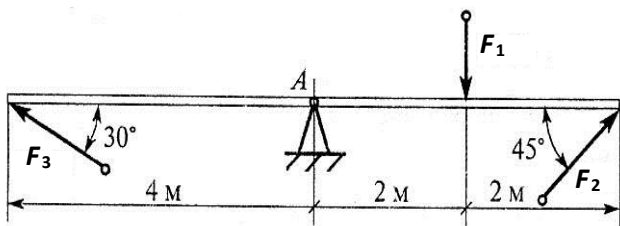
Тема 1.1 Основные понятия и аксиомы статики

ВОПРОС	ОТВЕТ	КОД
1. Что надо знать для того, чтобы изобразить силу графически?	Масштаб, величину силы и точку приложения	1
	Масштаб, направление и точку приложения	2
	Величину силы, ее направление и точку приложения	3
	Масштаб, величину силы и ее направление	4
2. Какие из сил данной системы можно назвать уравновешенными? $ F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = F_6 $	F_1 и F_4	1
	F_2 и F_5	2
	F_3 и F_6	3
	Уравновешенных сил нет	4
3. Тело находится в состоянии равномерного криволинейного движения. Что произойдет с телом, если на него подействовать системой уравновешенных сил?	Остановится	1
	Придет в состояние равновесия	2
	Изменит скорость вращения	3
	Не изменит своего состояния	4
<p>4. Сформулируйте из ниже предложенных словосочетаний аксиому: материальная точка находится; или равномерного прямолинейного движения; пока приложенные силы; Всякая изолированная; не выведут ее из этого состояния. в состоянии покоя</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		
5. Укажите возможное направление реакций в опорах		

Тема 1.2 Пара сил. Плоская система произвольно расположенных сил

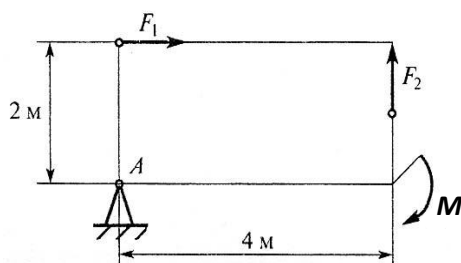
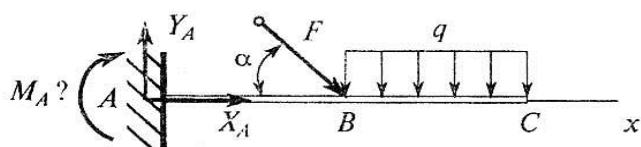
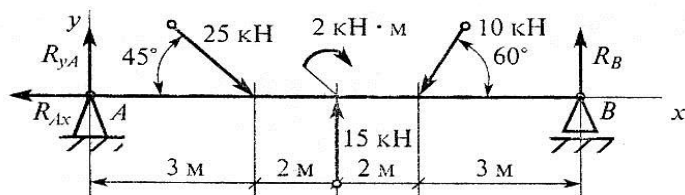
ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Как направлен вектор равнодействующей силы, если известно, что $F_x=15\text{ Н}$; $F_y= -20\text{ Н}$	<div></div>	<div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div>
2. Выбрать выражение для расчета проекции силы F_1 на ось Oy .	<div>$F_1 \cdot \cos 30^\circ$</div> <div>$F_1 \cdot \sin 30^\circ$</div> <div>F_1</div> <div>$-F_1 \cdot \sin 30^\circ$</div>	<div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div>
3. Груз находится в равновесии. Указать, какой из силовых треугольников для шарнира B построен верно	<div></div>	<div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div>
4. Какой вектор силового многоугольника является равнодействующей силой?	<div></div> <div>F_2</div> <div>F_4</div> <div>F_5</div> <div>F_1</div>	<div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div>
5. По известным проекциям на оси координат определить модуль и направление равнодействующей. Дано: $F_{\Sigma x}=\text{_____ кН}$; $F_{\Sigma y}=\text{_____ кН}$	<div>Решение:</div> <div></div>	

Тема 1.2 Пара сил. Плоская система произвольно расположенных сил

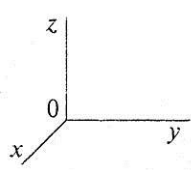
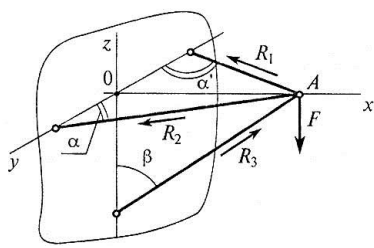
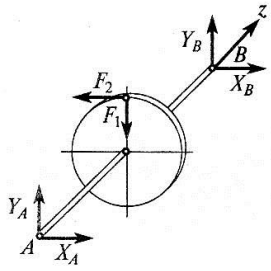
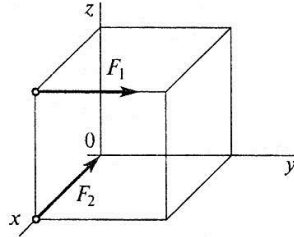
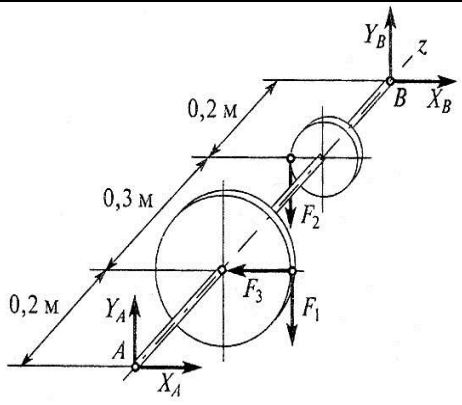
ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Какие силы из заданной системы образуют пару сил? Если $F_1=F_2=F_3=F_5$	F_4 и F_6	1
	F_5 и F_6	2
	F_3 и F_5	3
	F_3 и F_2	4
2. Как изменится момент пары сил при повороте сил на угол равный 30° ? Дано: $F=10$ Н; $a=5$ м	уменьшится в 1,15 раза	1
	увеличится в 1,15 раза	2
	увеличится в 1,5 раза	3
	не изменится	4
3. Какие из представленных систем сил являются парами сил?	1 и 2	1
	1 и 3	2
	2 и 3	3
	1 и 4	4
4. Тело находится в равновесии. Определить величину момента пары M_4 , если $M_1=15$ Н·м; $M_2=8$ Н·м; $M_3=12$ Н·м; $M_4=?$	14 Н·м	1
	19 Н·м	2
	11 Н·м	3
	15 Н·м	4
5. Определить сумму моментов относительно точки A. Дано: $F_1=$ ___ Н; $F_2=$ ___ Н; $F_3=$ ___ Н	Решение:	
		

Тема 1.2 Произвольная плоская система сил

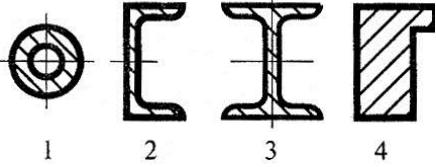
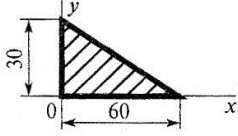
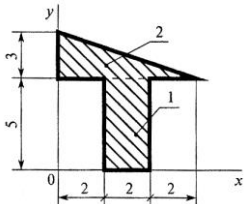
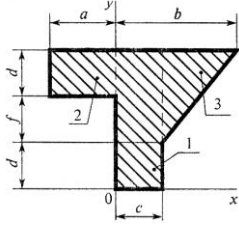
ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Чем отличается главный вектор системы от равнодействующей той же системы сил?	Величиной	1
	Направлением	2
	Величиной и направлением	3
	Точкой приложения	4
2. Тело вращается вокруг неподвижной оси. Чему равны главный вектор и главный момент системы сил?	$F_{\Sigma}=0; M_{\Sigma}=0$	1
	$F_{\Sigma}\neq 0; M_{\Sigma}=0$	2
	$F_{\Sigma}=0; M_{\Sigma}\neq 0$	3
	$F_{\Sigma}\neq 0; M_{\Sigma}\neq 0$	4
3. Составлено уравнение для расчета реакции в опоре A. Какого слагаемого в уравнении не хватает? $\sum F_{kx} = -R_{Ax} + 25 \cdot \cos 45^\circ \dots = 0$	$-2 + 10 \cdot \cos 60^\circ$	1
	$+2 - 10 \cdot \cos 60^\circ$	2
	$+10 \cdot \cos 30^\circ$	3
	$-10 \cdot \cos 60^\circ$	4
4. Какое уравнение равновесия можно использовать, чтобы сразу найти M_A , зная F, q, α .	$\sum F_{kx} = 0$	1
	$\sum F_{ky} = 0$	2
	$\sum M_A(F_k) = 0$	3
	$\sum M_C(F_k) = 0$	4
5. Определить величину главного вектора, главного момента при приведении системы сил к точке A. Дано: $F_1 = \dots$ кН; $F_2 = \dots$ кН; $M = \dots$ кН·м.	Решение:	



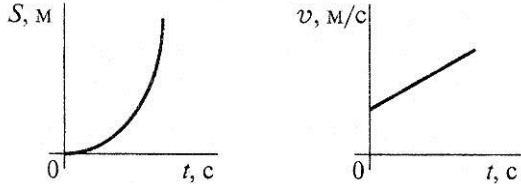
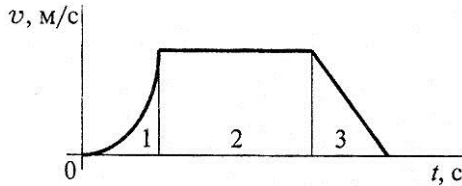
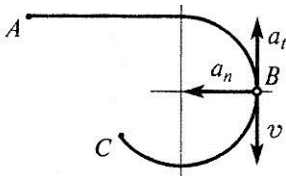
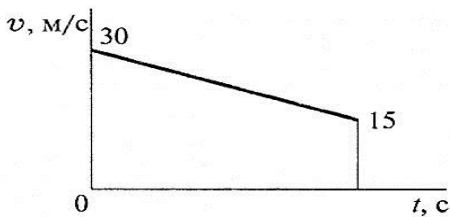
Тема 1.3 Пространственная система сил

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Что можно сказать о главном векторе системы сил F_Σ, если $\Sigma F_{kx}=0$; $\Sigma F_{ky}\neq 0$; $\Sigma F_{kz}\neq 0$ 	$\bar{F}_\Sigma \parallel 0x$	1
	$\bar{F}_\Sigma \parallel 0y$	2
	$\bar{F}_\Sigma \parallel$ плоскости $y0x$	3
	$\bar{F}_\Sigma \parallel$ плоскости $y0z$	4
2. Какое уравнение равновесия нужно использовать, чтобы найти R_3? 	$\Sigma F_{kx}=0$	1
	$\Sigma F_{ky}=0$	2
	$\Sigma F_{kz}=0$	3
	$\Sigma M_A=0$	4
3. Какие уравнения равновесия нужно использовать, чтобы найти X_A? 	$\Sigma F_{kx}=0$	1
	$\Sigma F_{ky}=0$	2
	$\Sigma M_x(F_k)=0$	3
	$\Sigma M_y(F_k)=0$	4
4. Определить сумму моментов сил относительно $0z$, если $F_1=2$ Н; $F_2=13$ Н, а сторона куба 0,5 м 	-0,7 Н·м	1
	2,5 Н·м	2
	-1 Н·м	3
	0	4
 <p>5. Найти X_A, если $F_1=$ _____ кН; $F_2=$ _____ кН; $F_3=$ _____ кН</p>	Решение:	

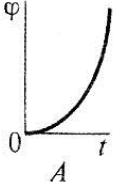
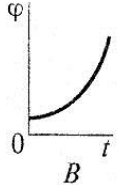
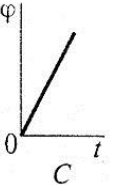
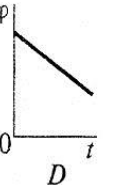
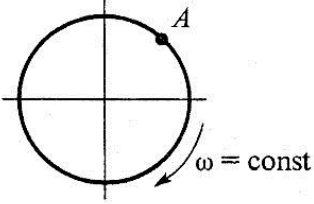
Тема 1.4 Центр параллельных сил. Центр тяжести

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
<p>1. Выбрать формулы для расчета координат центра тяжести однородного тела, составленного из</p> <p>А - объемных частей -</p> <p>Б - пластин одинаковой толщины –</p> <p>В - прутков постоянного сечения -</p>	$x_C = \frac{\sum G_k x_k}{\sum G_k}; y_C = \frac{\sum G_k y_k}{\sum G_k}$	1
	$x_C = \frac{\sum l_k x_k}{\sum l_k}; y_C = \frac{\sum l_k y_k}{\sum l_k}$	2
	$x_C = \frac{\sum A_k x_k}{\sum A_k};$ $y_C = \frac{\sum A_k y_k}{\sum A_k}$	3
	$x_C = \frac{\sum V_k x_k}{\sum V_k}; y_C = \frac{\sum V_k y_k}{\sum V_k}$	4
<p>2. В каком случае для определения положения центра тяжести необходимо определить две координаты расчетным путем?</p>		1
		2
		3
		4
<p>3. Что произойдет с координатами x_C и y_C, если увеличить величину основания треугольника до 90 мм?</p> 	x_C и y_C не изменятся	1
	изменится только x_C	2
	изменится только y_C	3
	изменится и x_C , и y_C	4
<p>4. центра</p>  <p>Определить координаты тяжести фигуры 2</p>	2; 1	1
	2; 6	2
	1; 5	3
	3; 4	4
<p>5. Определить координату x_C центра тяжести составного сечения, если $a=c=d=f=$ ____ мм; $b=90$ см</p> 	Решение:	

Тема 1.5 Основные понятия кинематики.

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
<p>1. По приведенным кинематическим графикам определить соответствующий закон движения точки</p> 	$S=vt$	1
	$S = S_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$	2
	$S = v_0t + \frac{at^2}{2}$	3
	$S = v_0t - \frac{at^2}{2}$	4
<p>2. По графику скоростей определить вид движения на каждом участке</p> 	Равномерное	
	Равноускоренное	
	Равнозамедленное	
	Неравномерное	
<p>3. Точка движется по линии ABC и в момент t занимает положение B. Определить вид движения точки, если $a_t = \text{const}$</p> 	Равномерное	1
	Равноускоренное	2
	Равнозамедленное	3
	Неравномерное	4
<p>4. Автомобиль движется по круглому арочному мосту $r=50$ м согласно уравнению $S=10t$. Определить полное ускорение автомобиля через 3 с движения</p>	$a=2 \text{ м/с}^2$	1
	$a=4 \text{ м/с}^2$	2
	$a=4,47 \text{ м/с}^2$	3
	$a=6,67 \text{ м/с}^2$	4
<p>5. По графику скоростей точки определить путь, пройденный за время движения</p> 	Решение: $t=$	

Тема 1.5 Простейшие движения твердого тела

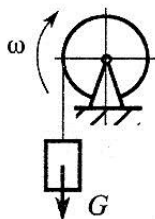
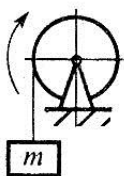
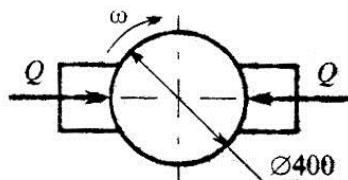
ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
<p>1. Выбрать соответствующий кинематический график движения, если закон движения $\varphi = 1,3t^2 + t$</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;">     </div>	A	1
	B	2
	C	3
	D	4
<p>2. Закон вращательного движения тела $\varphi = 0,25t^3 + 4t$ Определить вид движения</p>	Равномерное	1
	Равноускоренное	2
	Равнозамедленное	3
	Переменное	4
<p>3. Какие ускорения возникнут в точке A при равномерном вращении колеса?</p> 	$a_n \neq 0; a_t = 0$	1
	$a_n = 0; a_t \neq 0$	2
	$a_n \neq 0; a_t \neq 0$	3
	$a_n = 0; a_t = 0$	4
<p>4. Закон вращательного движения тела $\varphi = 0,68t^3 + t$ Определить ω в момент $t = 1$ с</p>	$\omega = 3,04$ рад/с	1
	$\omega = 1,84$ рад/с	2
	$\omega = 6,1$ рад/с	3
	$\omega = 2,04$ рад/с	4
<p>5. Колесо вращается с частотой $n=250$ об/мин. Определить полное ускорение точек на ободе колеса $r = \underline{\hspace{2cm}}$ м</p>	Решение:	

Тема 1.6 Сложное движение точек и твердого тела

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
<p>1. На материальную точку действует одна постоянная сила. Как будет двигаться точка?</p> 	Равномерно прямолинейно	1
	Равномерно криволинейно	2
	Неравномерно прямолинейно	3
	Неравномерно криволинейно	4
<p>2. Точка M движется криволинейно и неравномерно. Выбрать формулы для расчета нормальной составляющей силы инерции</p> 	$F_n = -ma$	1
	$F_n = m\epsilon r$	2
	$F_n = m \cdot v^2 / r$	3
	$F_n = m\sqrt{(\epsilon r)^2 + (v^2/r)^2}$	4
<p>3. Точка M движется равномерно по кривой радиуса r. Выбрать направление силы инерции</p> 	A	1
	B	2
	B	3
	Г	4
<p>4. Какое ускорение получит свободная материальная точка под действием силы, равной 0,5 ее веса?</p>	$a = 1,92 \text{ м/с}^2$	1
	$a = 9,8 \text{ м/с}^2$	2
	$a = 4,9 \text{ м/с}^2$	3
	$a = 0,5 \text{ м/с}^2$	4
<p>5. Определить силу натяжения троса барабанной лебедки, перемещающегося вверх груз весом _____ Н с ускорением $a=4 \text{ м/с}^2$.</p> 	Решение:	

Тема 1.9 Основные законы динамики

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Вагонетка массой 500 кг катится равномерно по рельсам и проходит расстояние 26 метров. Чему равна работа силы тяжести? Движение прямолинейное по горизонтальному пути	122,6 кДж	1
	-122,6 кДж	2
	-12,5 кДж	3
	0	4
2. Определить работу торможения за один оборот колеса, если коэффициент трения между тормозными колодками и колесом $f = 0,1$. Сила прижатия колодок $Q = 100$ Н	-6,2 Дж	1
	-12,6 Дж	2
	25 Дж	3
	-18,4 Дж	4
3. Определить работу пары сил, приводящей в движение барабан лебедки, при повороте его на 360° . Момент пары сил 150 Н·м	27 кДж	1
	54 кДж	2
	471 кДж	3
	942 кДж	4
4. Вычислить вращающий момент на валу электродвигателя при заданной мощности 7 кВт и угловой скорости 150 рад/с	5 Н·м	1
	46,7 Н·м	2
	78 Н·м	3
	1080 Н·м	4
5. Определить потребную мощность мотора лебедки для подъема груза весом _____ Н со скоростью 6,5 м/с. КПД механизма лебедки 0,823	Решение:	



СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Тема 2.1 «Растяжение и сжатие материалов»

Знать: основные понятия, гипотезы и допущения; виды нагрузок и основные деформации; метод сечений; обозначения, единицы измерения и составляющие полного напряжения; названия и обозначения внутренних силовых факторов; связь между внутренними силовыми факторами и напряжением. Правила построения эпюр продольных сил и нормальных напряжений; закон Гука; зависимости и формулы для расчета напряжений и перемещений.

Уметь: определить виды нагружений и внутренний силовой фактор в поперечном сечении. Строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений; определять удлинение (укорочение) бруса под действием заданных сил; выделять участки упругих и пластических деформаций на диаграмме растяжения; проводить расчеты на прочность для статически определимых стержней.

Тема 2.2 «Практические расчеты на срез и смятие»

Знать: внутренние силовые факторы, напряжения и деформации при сдвиге и смятии, формулы закона Гука и напряжений.

Уметь: выделять детали, работающие на срез и смятие; определять опасное сечение; проводить расчеты на прочность при срезе и смятии.

Тема 2.3 «Кручение. Чистый сдвиг»

Знать: формулы закона Гука, напряжений при кручении, угла закручивания; принцип рационального расположения шкивов на валу и выбора рациональной формы поперечного сечения бруса при кручении.

Уметь: строить эпюры крутящих моментов и проводить расчеты на прочность и жесткость.

Крутящий момент считается положительным, если момент внешних пар сил (закручивающий момент) действует по ходу часовой стрелки.

Тема 2.4 «Геометрические характеристики плоских сечений»

Знать: обозначения, единицы измерения и формулы для расчета осевых и полярного моментов инерции, а также моментов сопротивления простых сечений (круг, кольцо, прямоугольник); определение главных центральных осей и моментов инерции сечений; формулу для вычисления моментов инерции при параллельном переносе осей.

Уметь: определять главные центральные моменты инерции для сложных сечений, имеющих ось симметрии.

При решении задач применять таблицы сортамента стандартных прокатных профилей.

Тема 2.5 «Поперечный изгиб»

Знать: виды изгиба и внутренние силовые факторы; порядок построения и контроля эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

Уметь: записывать уравнение для определения поперечной силы и изгибающего момента в указанном сечении; выбирать из предложенных, соответствующую заданной схеме нагружения балки, эпюры поперечной силы и изгибающего момента, используя основные правила построения эпюр.

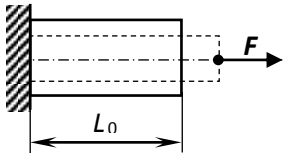
Знаки поперечных сил и изгибающих моментов соответствуют принятым в машиностроении:

Тема 2.6 «Сложное сопротивление»

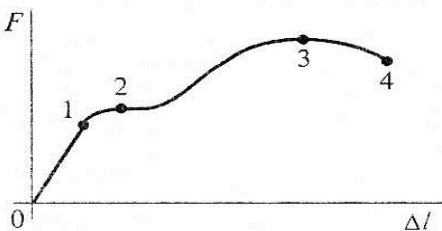
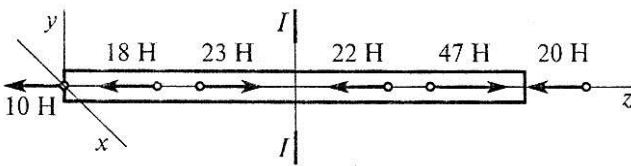
Знать: гипотезы прочности; формулы для определения эквивалентных напряжений по гипотезам наибольших касательных напряжений и энергии формоизменения; порядок расчета бруса круглого поперечного сечения.

Уметь: среди действующих сил выбрать силы, вызывающие изгиб и кручение; рассчитать на прочность вал редуктора.

Тема 2.1 «Растяжение и сжатие материалов»

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
<p>1. Как называют способность конструкции:</p> <p>А - сопротивляться упругим деформациям?</p> <p>Б - выдерживать нагрузку не разрушаясь и без появления остаточных деформаций?</p> <p>В - сохранять первоначальную форму упругого равновесия?</p>	I - Прочность	
	II - Жесткость	
	III - Устойчивость	
<p>2. Прямой брус нагружен силой F. Какую деформацию получил брус, если после снятия нагрузки форма бруса восстановилась до исходного состояния?</p> 	Незначительную	1
	Разрушающую	2
	Остаточную	3
	Упругую	4
<p>3. Как обозначается касательное механическое напряжение?</p>	τ	1
	σ	2
	ρ	3
	P	4
<p>4. В каких единицах измеряется механическое напряжение в системе единиц СИ?</p>	кг/см ²	1
	Н·мм	2
	кН·мм ²	3
	Па	4
<p>5. Обозначьте внутренние силовые факторы, возникающие в поперечном сечении бруса, и запишите их названия:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		

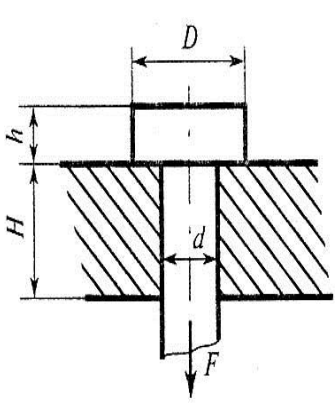
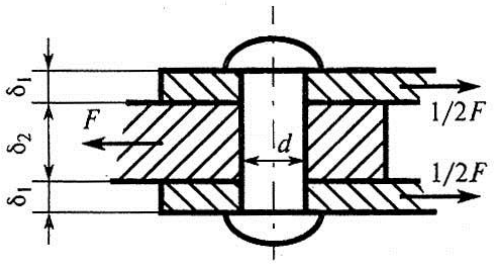
Тема 2.1 Растяжение и сжатие материалов

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Как называется и обозначается напряжение, при котором деформации растут при постоянной нагрузке?	Предел прочности, σ_B	1
	Предел текучести, σ_T	2
	Допускаемое напряжение, $[\sigma]$	3
	Предел пропорциональности, $\sigma_{\text{пц}}$	4
2. Выбрать основные характеристики прочности материала	σ_B, σ_T	1
	$\sigma_T, \sigma_{\text{пц}}$	2
	$\sigma_{\text{пц}}, \sigma_B$	3
	δ, ψ	4
3. В какой точке диаграммы растяжения на образце образуется шейка?	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
		
4. Установить вид нагружения в сечении I–I	Брус сжат	1
	Брус растянут	2
	Брус скручен	3
	Брус изогнут	4
		
5. Определить максимальное удлинение при разрыве, если: начальная длина образца _____ мм, а длина в момент разрыва увеличилась на 50 мм	Решение:	

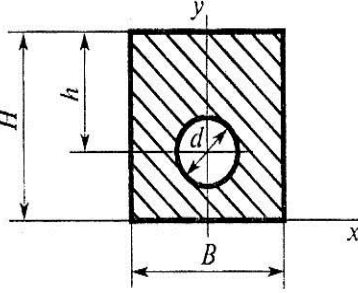
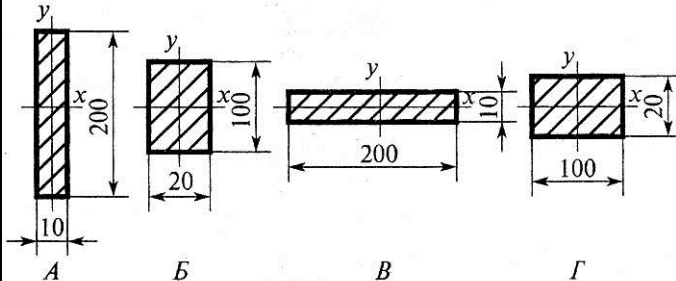
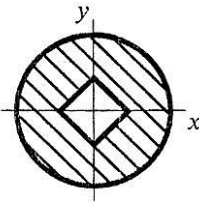
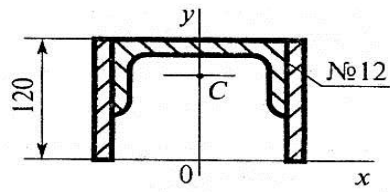
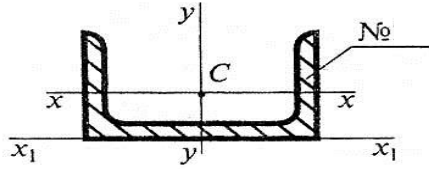
Тема 2.1 Растяжение и сжатие материалов

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Выбрать соответствующую эпюру нормальных сил в поперечных сечениях бруса	A	1
 <p>Эпюры N</p>	B	2
	C	3
	Соответствующей эпюры не представлено	4
2. Для бруса из вопроса 1 определить наибольшую продольную силу, возникшую в продольном сечении	–16 кН	1
	–38 кН	2
	70 кН	3
	–54 кН	4
3. Выбрать точную запись условия прочности при растяжении и сжатии	$\sigma = \frac{N}{A} = [\sigma]$	1
	$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$	2
	$\sigma = \frac{N}{A} \geq [\sigma]$	3
4. Определить нормальное напряжение в сечении С–С бруса из вопроса 1	–38 МПа	1
	–22 МПа	2
	16 МПа	3
	21 МПа	4
5. Определить удлинение стержня AB . Стальной стержень длиной 1 м нагружен силой _____ кН; форма поперечного сечения стержня – швеллер № 12; модуль упругости материала $2 \cdot 10^5$ МПа	Решение:	

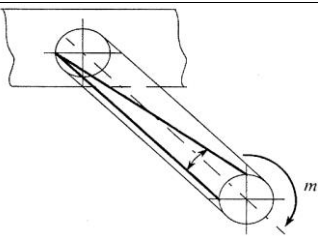
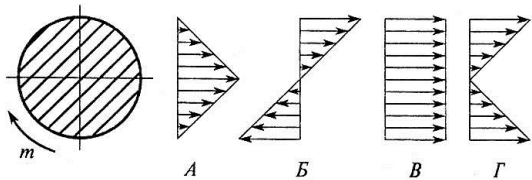
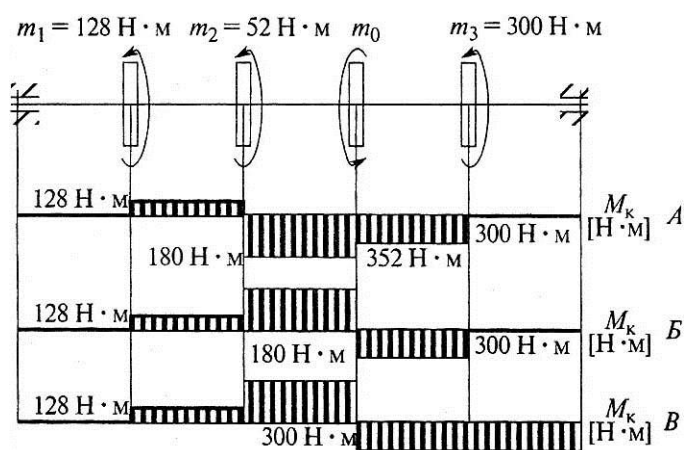
Тема 2.2 «Практические расчеты на срез и смятие»

ВОПРОСЫ	РЕШЕНИЕ
<p>1. Болт нагружен растягивающей силой. Проверить прочность стержня болта на растяжение, его головки на срез и опорной поверхности под головкой на смятие.</p> <p>Дано: $F = \underline{\hspace{2cm}}$ Н; $[\tau_{ср}] = 100$ МПа; $[\sigma_{см}] = 140$ МПа; $[\sigma_{сш}] = 110$ МПа; $H = 25$ мм; $h = 10$ мм; $d = 12$ мм; $D = 20$ мм</p> 	
<p>2. Из расчета на срез заклепочного соединения определить необходимое количество заклепок, если</p> <p>$F = \underline{\hspace{2cm}}$ Н; $[\tau_{ср}] = 100$ МПа; $[\sigma_{см}] = 240$ МПа; $d = 13$ мм; $\delta_1 = 21$ мм; $\delta_2 = 40$ мм</p> 	

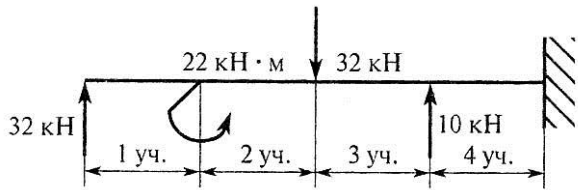
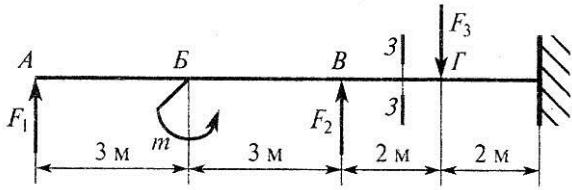
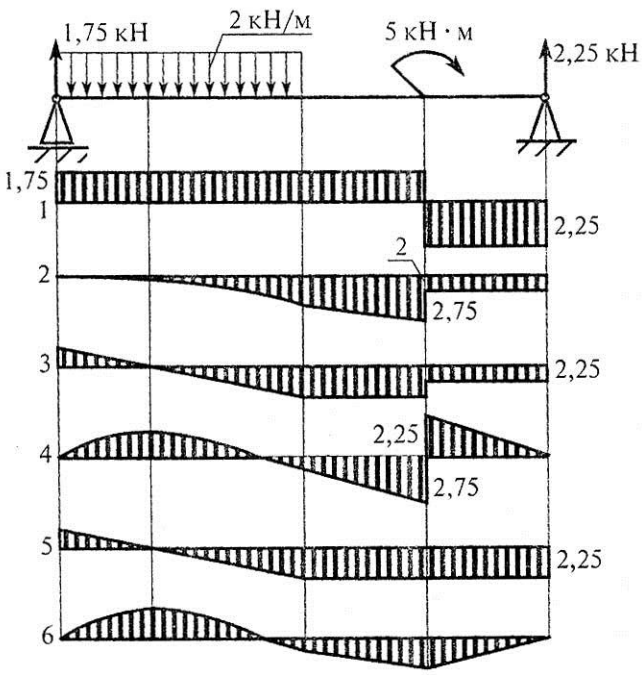
Тема 2.4 Геометрические характеристики плоских сечений

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
<p>1. Выбрать формулу для определения осевого момента инерции сечения относительно его главной центральной оси y</p> 	$\frac{Bh^3}{12} - \frac{\pi d^4}{64}$	1
	$\frac{HB^3}{12} - \frac{\pi d^4}{64}$	2
	$\frac{\pi d^4}{64} - \frac{BH^3}{12}$	3
	$\frac{hB^3}{12} - \frac{\pi d^4}{64}$	4
<p>2. В каком случае значение J_y максимально?</p> 	A	1
	B	2
	B	3
	Г	4
<p>3. Определить полярный момент инерции сечения, если осевой момент инерции равен $J_y = 15,5 \text{ см}^4$</p> 	11,6 см ⁴	1
	31 см ⁴	2
	15,5 см ⁴	3
	45,5 см ⁴	4
<p>4. Определить координату y_c центра тяжести швеллера</p> 	78 мм	1
	93,4 мм	2
	135,4 мм	3
	104,6 мм	4
<p>5. Рассчитать осевой момент инерции швеллера относительно оси, проходящей через его основание</p> 	Решение:	

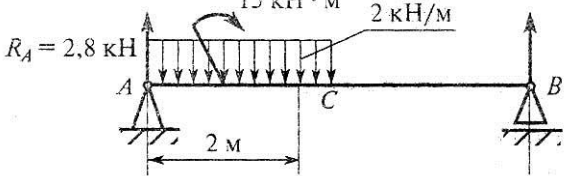
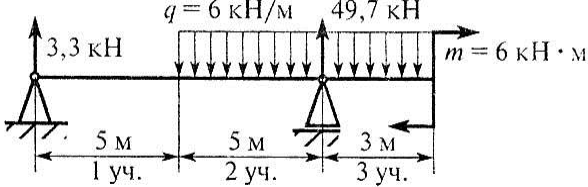
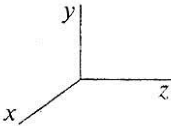
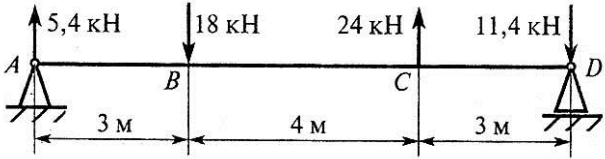
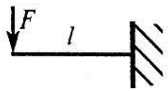
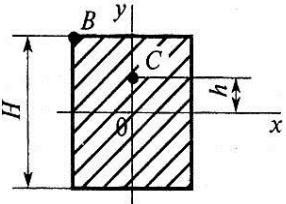
Тема 2.3 Кручение. Чистый сдвиг

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
<p>1. Назвать деформацию при кручении</p> 	Смещение	1
	Угол сдвига	2
	Угол закручивания	3
	Сжатие	4
<p>2. Указать единицу измерения величины, выделенной в представленной формуле</p> $\tau = [G] \gamma$	Н·м	1
	мм ³	2
	рад	3
	МПа	4
<p>3. Как распределяется напряжение в поперечном сечении бруса при кручении?</p> 	А	1
	Б	2
	В	3
	Г	4
<p>4. Выбрать эпюру крутящих моментов, соответствующую заданной схеме вала</p> 	А	1
	Б	2
	В	3
	Верный ответ не приведен	4
<p>5. При испытании на кручение круглый брус, диаметром 20 мм разрушается при моменте _____ Н·м. Определить разрушающее напряжение</p>	Решение:	

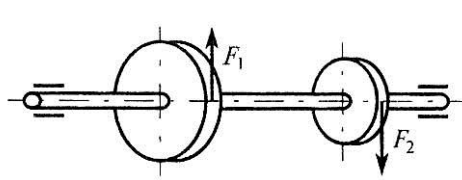
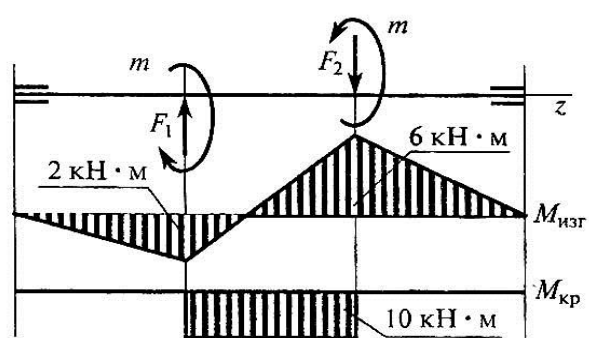
Тема 2.5 Поперечный изгиб

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Выбрать участок чистого изгиба	1 участок	1
	2 участок	2
	3 участок	3
	4 участок	4
2. Выбрать формулу для расчета изгибающего момента в сечении 3-3	$F_1 z_3 - m + F_2(z_3 - 3)$	1
	$-F_1 z_3 + m - F_2(z_3 - 3)$	2
	$-F_1 z_3 + m - F_2 z_3$	3
	$F_1 z_3 - m + F_2(z_3 - 6)$	4
3. Из представленных на схеме эпюр выбрать эпюру поперечной силы для балки	1	1
	2	2
	3	3
	5	4
	1	1
	4	2
	5	3
	6	4
5. Из представленных в вопросе 4 эпюр выбрать эпюру изгибающих моментов для балки	1	1
	4	2
	5	3
	6	4

Тема 2.5 Поперечный изгиб

ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
1. Определить поперечную силу в точке с координатой 2 м	– 4 кН	1
	–1,2 кН	2
	11 кН	3
	– 13,8 кН	4
2. На каком участке бруса эюра поперечной силы переходит через ноль?	1 участок	1
	2 участок	2
	3 участок	3
	Такого нет	4
3. Выбрать уравнение для расчета изгибающего момента на участке 2 (см. схему к вопросу 2)	$49,7z - q(z-5)^2/2$	1
	$-6 - qz^2/2 + 49,7$	2
	$3,3z + q(z-5)^2/2$	3
	$3,3z - q(z-5)^2/2$	4
3. Для балки определить максимальное нормальное напряжение в сечении C. Сечение балки – швеллер № 22	87,2 МПа	1
	101 МПа	2
	125 МПа	3
	178 МПа	4
4. Нормальное напряжение при изгибе в точке B поперечного сечения балки $\sigma_{uB} = \underline{\hspace{2cm}}$ МПа. Определить σ_{uC} , если $h=H/4$	Решение:	
		
		

Тема 2.6 Сложное сопротивление

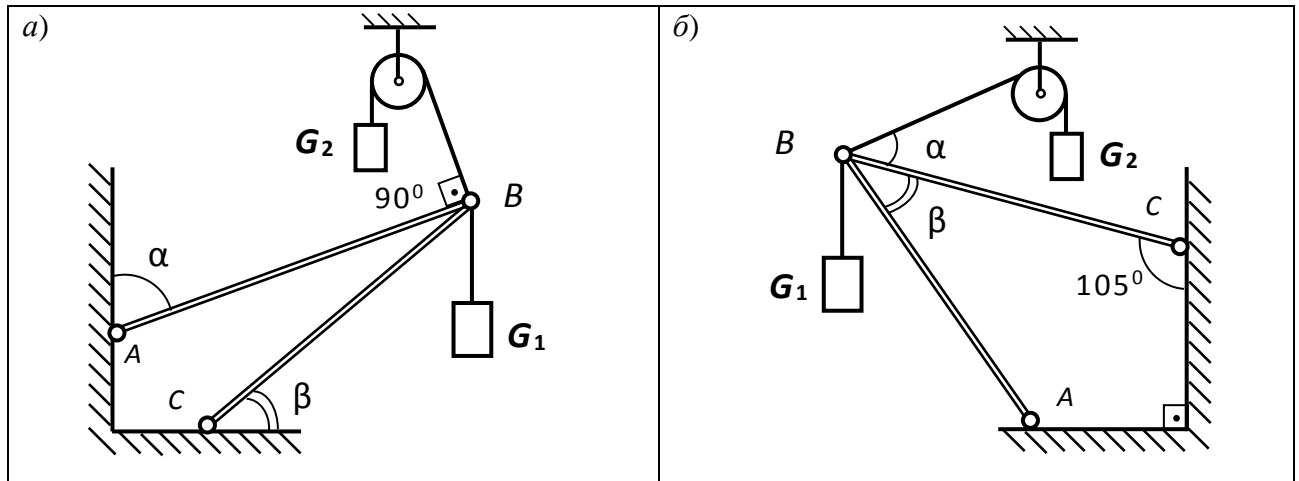
ВОПРОСЫ	ОТВЕТЫ	КОД
<p>1. Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса при действии сил F_1 и F_2?</p> 	σ	1
	τ	2
	σ и τ	3
	Однозначного ответа нет	4
<p>2. Каким напряженным состоянием по гипотезе прочности заменяют напряженное состояние в точке бруса при совместном действии изгиба и кручения?</p>	Плоским двухосным	1
	Равноопасным одноосным	2
	Плоским, суммарным	3
	Трехосным (объемным)	4
<p>3. Выбрать формулу для расчета эквивалентного момента по теории максимальных касательных напряжений</p>	$M_{\text{экв}} = M_{\text{из}} + M_{\text{кр}}$	1
	$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_{\text{из}}^2 + M_{\text{кр}}^2}$	2
	$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_{\text{из}}^2 + 0,75M_{\text{кр}}^2}$	3
	Верный ответ не приведен	4
<p>4. По приведенным эпюрам $M_{\text{изг}}$ и $M_{\text{кр}}$ определить эквивалентный момент в опасном сечении бруса по гипотезе энергии формоизменения</p> 	16 кН·м	1
	12 кН·м	2
	10,5 кН·м	3
	11,6 кН·м	4
<p>5. В опасном сечении бруса действуют изгибающий момент 540 Н·м и крутящий момент 200 Н·м. Проверить прочность бруса, если его диаметр _____ мм, а допускаемое напряжение 160 МПа. Расчет провести по гипотезе энергии формоизменения</p>	Решение:	

Расчетно-графические работы

РГР № 1 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ В СТЕРЖНЯХ»

ЗАДАЧА. При помощи стержневого устройства ABC (в точках A , B и C соединения шарнирные) удерживаются в равновесии два груза. Определить:

- I) реакции стержней, удерживающих грузы. Массой стержней пренебречь;
 - II) из условия прочности размеры поперечного сечения стержней кронштейна в форме: круга и уголка равнополочного по ГОСТ 8509-86 г., $[\sigma]=140$ МПа.
- Данные своего варианта взять из табл. РГР № 1



Схемы к задаче РГР № 1

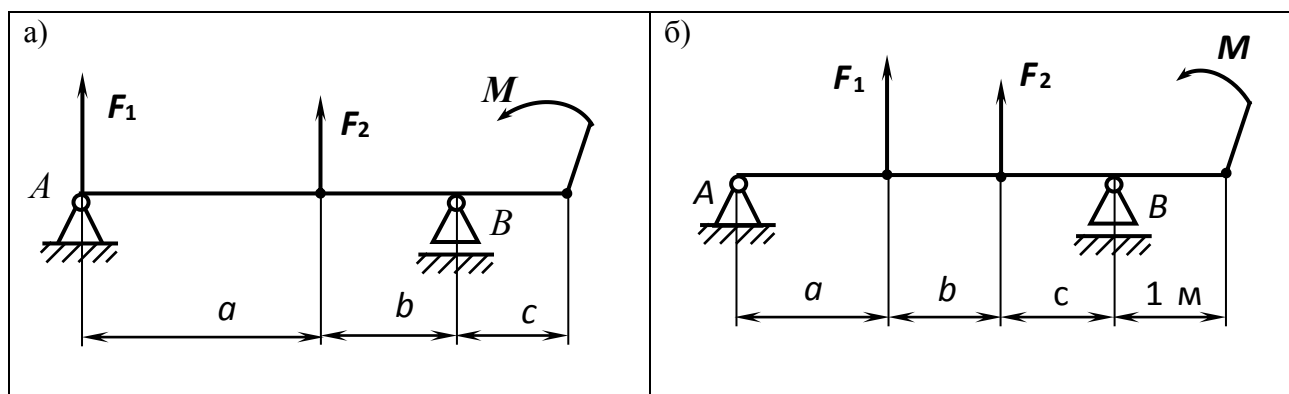
Таблица РГР № 1

α	град	80	60	75	65	95	G_1	G_2
β		45	55	65	40	30	кН	
№ варианта и данные к задаче		01	02	03	04	05	40	50
		06	07	08	09	10	30	80
		11	12	13	14	15	60	40
		16	17	18	19	20	20	50
		21	22	23	24	25	50	80
		26	27	28	29	30	80	40
		31	32	33	34	35	40	20

РГР № 2 «РАСЧЕТ БАЛКИ НА ПРОЧНОСТЬ»

ЗАДАЧА. Для двухопорной балки, нагруженной сосредоточенными силами F_1 , F_2 и парой сил с моментом M построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов по всей длине балки, указать участок чистого изгиба. Определить:

- I) реакции опор балки;
 - II) размеры поперечного сечения балки в форме круга, приняв $[\sigma]=160$ МПа.
- Данные своего варианта взять из табл. РГР № 2



Схемы к задаче РГР № 2

Таблица РГР № 2

M	кН·м	20	-25	30	-10	15	F_1	F_2
$(a+b+c)$	см	130	100	120	140	150		
b, c	см	30	20	36	40	10	кН	
№ варианта и данные к задаче		01	02	03	04	05	40	-10
		06	07	08	09	10	-20	42
		11	12	13	14	15	18	-25
		16	17	18	19	20	-30	16
		21	22	23	24	25	12	-45
		26	27	28	29	30	-25	28
		31	32	33	34	35	-10	-0,4

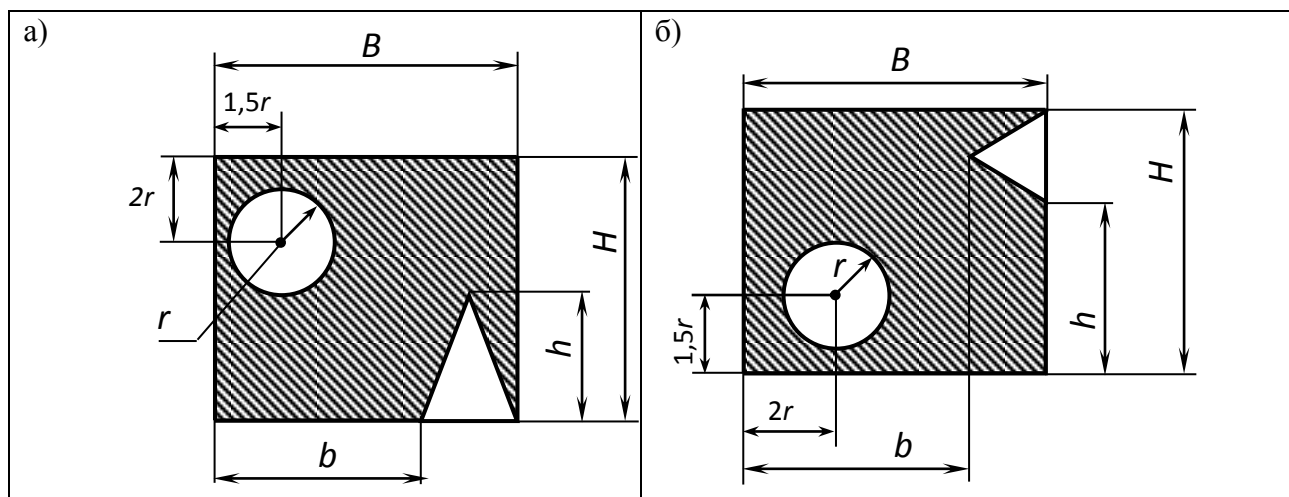
РГР № 3 «ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ»

ЗАДАЧА. Для заданной плоской однородной пластины определить:

I) Положение центра тяжести;

II) Главные центральные моменты инерции.

Данные своего варианта взять из табл. РГР № 3



Схемы к задаче РГР № 3

Таблица РГР № 3

B , мм	100	110	120	130	140	r	H	h
b , мм	60	74	82	70	100			
№ варианта и данные к задаче	01	02	03	04	05	20	180	50
	06	07	08	09	10	18	190	60
	11	12	13	14	15	16	170	70
	16	17	18	19	20	14	160	80
	21	22	23	24	25	12	175	85
	26	27	28	29	30	15	185	45
	31	32	33	34	35	10	165	55

РГР № 4 «РАСЧЕТ СТУПЕНЧАТОГО СТЕРЖНЯ»

ЗАДАЧА. Защемленный в стене двухступенчатый брус нагружен осевыми силами, как показано на схеме. Массой бруса пренебречь. Необходимо:

- I) Определить нормальные силы и напряжения в поперечных сечениях по всей длине бруса;
 - II) Построить эпюры нормальных сил и напряжений по длине бруса;
 - III) Определить продольную деформацию бруса, если $E=2 \cdot 10^5$ МПа.
- Данные своего варианта взять из табл. РГР № 4

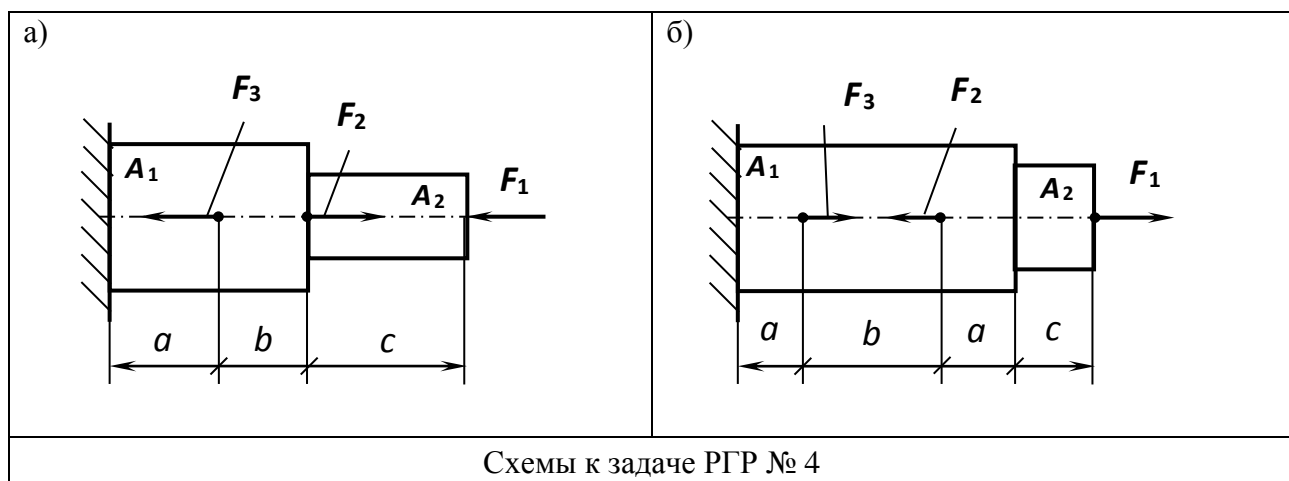


Таблица РГР № 4

F_2 , кН		20	-25	30	10	-15	A_1	A_2	F_1
F_3 , кН		-13	100	120	-40	150			
a, b, c	м	0,3	0,2	0,6	0,4	0,1			
№ варианта и задачи		01	02	03	04	05	4,0	1,0	45
		06	07	08	09	10	2,0	4,2	-50
		11	12	13	14	15	1,8	2,5	-60
		16	17	18	19	20	1,6	3,0	30
		21	22	23	24	25	5,6	2,8	-55
		26	27	28	29	30	3,5	4,8	10
		31	32	33	34	35	1,7	2,2	-20

РГР № 5 «РАСЧЕТ ВАЛА НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ»

ЗАДАЧА. Стальной вал вращается с угловой скоростью ω (рад/с), передавая на шкивы мощности P_i , как показано на схеме. Необходимо:

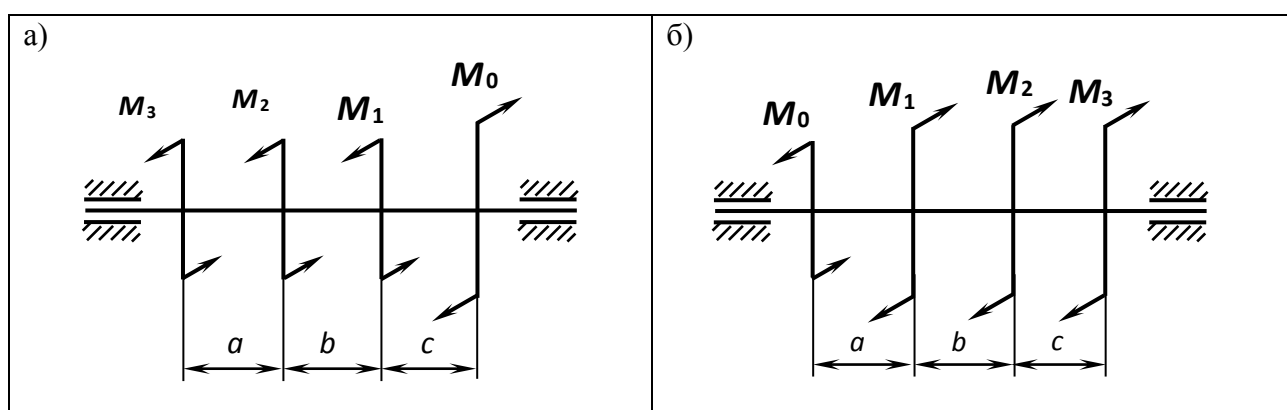
I) Определить значения скручивающих моментов, соответствующих передаваемым мощностям, и уравновешенный момент, если $M_i = 0$;

II) Выбрать рациональное расположение шкивов на валу, построить эпюры крутящих моментов для каждой схемы по длине вала. Дальнейшие расчеты проводить для вала с рационально расположенными шкивами;

III) Определить размеры сплошного вала круглого и кольцевого сечений из расчетов на прочность и жесткость, приняв $[\tau] = 30$ МПа; $[\varphi_0] = 0,02$ рад/м; $c = 0,9$;

IV) Сравнить валы круглого и кольцевого сечения в зависимости от массы и габаритов.

Данные своего варианта взять из табл. РГР № 5



Схемы к задаче РГР № 5

Таблица РГР № 5

ω , рад/с		20	25	30	10	15	P_1	P_2
P_3 , кВт		130	100	120	140	150		
a, b, c	м	30	20	60	40	10	кВт	
№ варианта и задачи		01	02	03	04	05	40	10
		06	07	08	09	10	20	42
		11	12	13	14	15	18	25
		16	17	18	19	20	30	16
		21	22	23	24	25	56	28
		26	27	28	29	30	35	48
		31	32	33	34	35	17	22

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ РГЗ

ЗАДАЧА РГР № 1

При помощи стержневого устройства ABC (в точках A , B и C соединения шарнирные) удерживаются в равновесии два груза. Определить:

I) реакции стержней, удерживающих грузы. Массой стержней пренебречь;

II) из условия прочности размеры поперечного сечения стержней кронштейна в форме: круга и уголка по ГОСТ 8509-86 г., если $[\sigma]=140$ МПа.

ДАНО: $G_1=80$ кН; $G_2=60$ кН. **НАЙТИ:** R_A , R_C ; A .

РЕШЕНИЕ I:

1. Рассматриваем равновесие шарнира B .
2. Освобождаем шарнир B от связей и изображаем действующие на него активные силы и реакции связей.
3. Выбираем систему координат и составляем уравнения равновесия для системы сил, действующих на шарнир B :

$$\sum F_{kx}=0; \sum F_{kx}=-F_1 \cos 70^\circ + R_C \cos 20^\circ + R_A=0;$$

$$\sum F_{ky}=0; \sum F_{ky}=-F_1 \sin 70^\circ + F_2 + R_C \sin 20^\circ=0;$$

$$R_C=(F_1 \sin 70^\circ - F_2) \cdot \sin 20^\circ = (80 \cdot 0,9397 - 60) \cdot 0,3420 = 44 \text{ кН};$$

$$R_A=F_1 \cos 70^\circ - R_C \cos 20^\circ = 80 \cdot 0,3420 - 44 \cdot 0,9397 = -14 \text{ кН}.$$

4. Проверяем правильность полученных результатов, решая задачу графически.

Для построения силового многоугольника выбираем масштаб $\mu_F = \frac{1 \text{ см}}{10 \text{ кН}}$.

Из произвольной точки B строим в следующем порядке:

- $BD=F_1$; $DC=F_2$

- Из точек B и C проводим прямые, параллельные положениям стержней A и C . Эти прямые пересекаются в точке A так, что $CA=R_C$, $AB=R_A$;
отсюда $R_C=CA \cdot \mu_F=4,4 \cdot 1=44$ кН; $R_A=AB \cdot \mu_F=1,4 \cdot 1=14$ кН.

РЕШЕНИЕ II:

1. Стержень – прямой брус, работающий на растяжение или сжатие.

$N_A=R_A=-14$ кН - сжатие; $N_C=R_C=44$ кН – растяжение.

2. Из условия прочности находим площади поперечных сечений стержней:

$$N_{max}=|N_C|=44 \text{ кН}=44000 \text{ Н}; N_{min}=|N_A|=14 \text{ кН}=14000 \text{ Н};$$

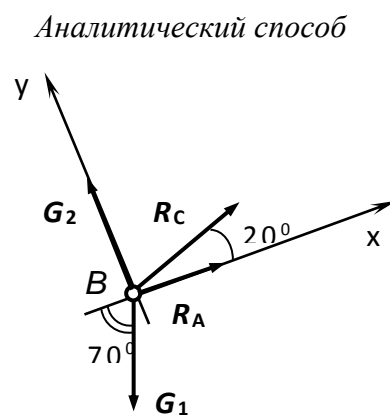
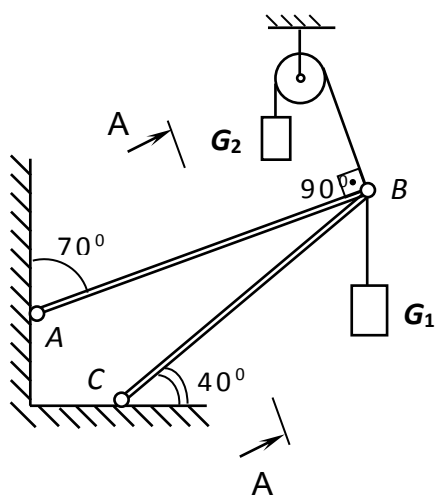
$$A_C=N_C/[\sigma]=44000/140=314,3 \text{ мм}^2=3,14 \text{ см}^2;$$

$$A_A=N_A/[\sigma]=14000/140=100 \text{ мм}^2.$$

3. Определяем диаметр стержня AB $d = \sqrt{\frac{4A_A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100}{3,14}} = 11,3 \text{ мм}; d=12 \text{ мм};$

выбираем для стержня CB по ГОСТ 8509-86 уголок № 4,5; $A=3,48 \text{ см}^2$.

ОТВЕТ: $R_A=-14$ кН; $R_C=44$ кН; $d_A=12$ мм; стержня C - уголок № 4,5.



Графический способ

$\mu_F = 1 \text{ см/10 кН}$

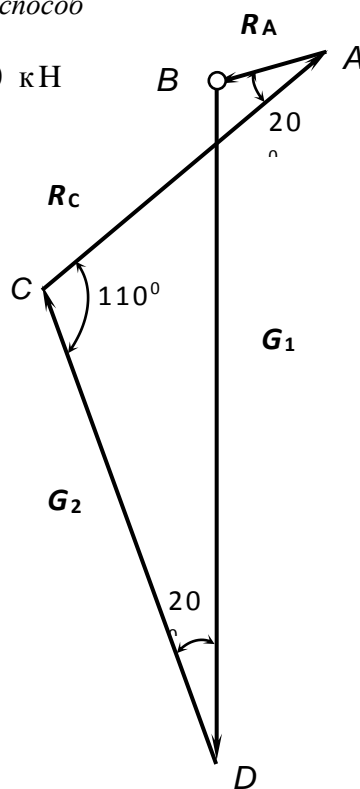
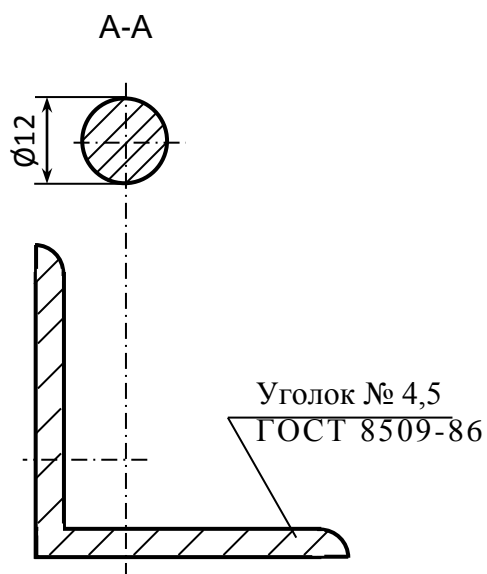


Рисунок РГР № 1 «Определение сил в стержнях»

ЗАДАЧА РГР № 2

Для двухопорной балки, нагруженной сосредоточенными силами F_1 , F_2 и парой сил с моментом M определить:

I) реакции опор балки;

II) размеры поперечного сечения балки в форме круга, приняв $[\sigma]=160$ МПа.

ДАНО: $F_1=15$ кН; $F_2=4$ кН; $M=2$ кН·м. НАЙТИ: R_A , R_B ; A .

РЕШЕНИЕ I:

1. Изобразим балку с действующими на нее нагрузками. Строим расчетную схему балки.

2. Составляем уравнения равновесия и определяем неизвестные реакции опор:

$$\sum M_A(F_k)=0, F_2 \cdot AC + R_{By} \cdot AB + M = 0;$$

$$R_{By} = (F_2 \cdot 3 - M) / 4; R_{By} = (-4 \cdot 3 - 2) / 4 = -14 / 4 = -3,5 \text{ кН.}$$

$$\sum F_{ky} = 0, R_{Ay} + F_1 + F_2 + R_{By} = 0, R_{Ay} = -F_1 - F_2 - R_{By} = -15 - 4 + 3,5 = -15,5 \text{ кН.}$$

3. Проверяем правильность найденных результатов:

$$\sum M_B(F_k) = -R_{Ay} \cdot AB - F_1 \cdot AB + M - F_2 \cdot BD = 15,5 \cdot 4 - 15 \cdot 4 + 2 - 4 \cdot 1 = 0.$$

РЕШЕНИЕ II:

1. Делим балку на участки по характерным точкам: AC , CB , DB .

2. Определяем ординаты и строим эпюру Q_y :

$$AC, \text{ сечение I-I, справа } Q_{y1} = R_{Ay} + F_1 = -15,5 + 15 = -0,5 \text{ кН.}$$

$$CB, \text{ сечение II-II, справа } Q_{y2} = R_{Ay} + F_1 + F_2 = -15,5 + 15 + 4 = -3,5 \text{ кН.}$$

$$DB, \text{ сечение III-III, слева, } Q_{y3} = 0 \text{ кН.}$$

3. Определяем ординаты и строим эпюру M_x :

$$AC, \text{ сечение I-I, справа, } 0 \leq z_1 \leq 3 \text{ м, } M_{x1} = R_{Ay} \cdot z_1 + F_1 \cdot z_1,$$

$$\text{при } z_1 = 0 \text{ } M_{x1} = 0; \text{ при } z_1 = 3 \text{ м } M_{x1} = -15,5 \cdot 3 + 15 \cdot 3 = -1,5 \text{ кН·м.}$$

$$CB, \text{ сечение II-II, справа, } 0 \leq z_2 \leq 1 \text{ м,}$$

$$M_{x2} = R_{Ay} \cdot (3 + z_2) + F_1 \cdot (3 + z_2) + F_2 \cdot z_2,$$

$$\text{при } z_2 = 0 \text{ } M_{x2} = -1,5 \text{ кН·м; при } z_2 = 1 \text{ м } M_{x2} = -15,5 \cdot 4 + 15 \cdot 4 + 4 \cdot 1 = 2 \text{ кН·м.}$$

$$DB, \text{ сечение III-III, слева, } 0 \leq z_3 \leq 1 \text{ м, } M_{x3} = M = 2 \text{ кН.}$$

4. Проверяем правильность построения эпюр на участке AC :

$$dM_{x1}/dz = d(R_{Ay} \cdot z_1 + F_1 \cdot z_1)/dz = R_{Ay} + F_1 = Q_{y1} = -0,5 \text{ кН.}$$

$$5. \text{ Исходя из эпюры } M_x: |M_{x \max}| = 2,0 \text{ кН·м} = 2,0 \cdot 10^6 \text{ Н·мм.}$$

6. Определяем осевой момент сопротивления сечения:

$$W_x \geq |M_{x \max}| / [\sigma] \geq 2000000 / 160 \geq 12500 \text{ мм}^3.$$

7. Находим диаметр поперечного сечения балки:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 12500}{3,14}} = 50 \text{ мм. Принимаем } d = 50 \text{ мм.}$$

ОТВЕТ: $R_B = -3,5$ кН; $R_A = -15,5$ кН; $d = 50$ мм.

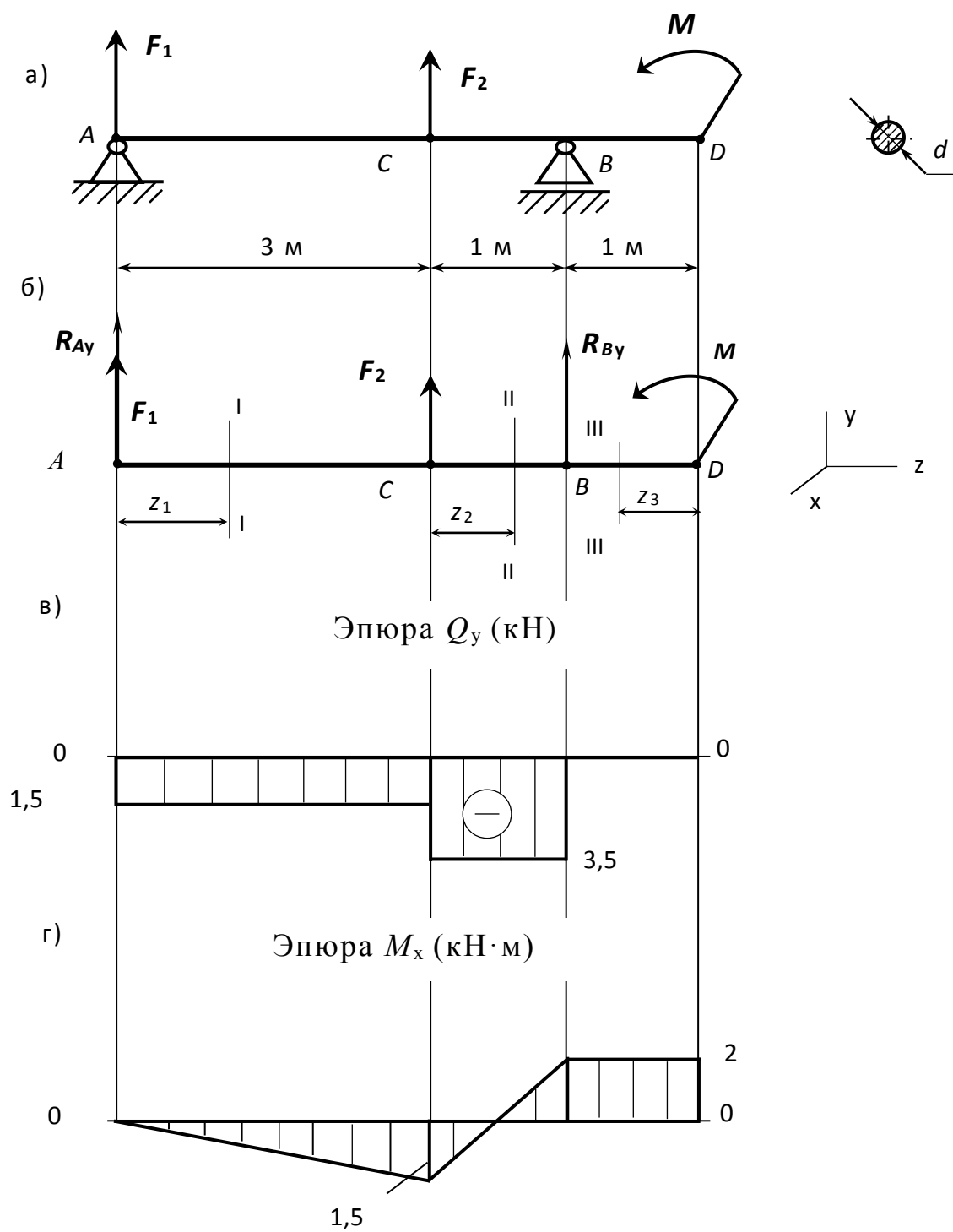


Рисунок РГР № 2 «Расчет балки на прочность»

ЗАДАЧА РГР № 3

Для заданной плоской однородной пластины $ABCDE$ определить

I) Положение центра тяжести;

II) Главные центральные моменты инерции.

ДАНО: $B=180$ мм; $b=140$ мм; $R=10$ мм; $H=160$ мм; $h=100$ мм

НАЙТИ: $C(x_C; y_C)$; J_{xC} ; J_{yC}

РЕШЕНИЕ I:

1. Разбиваем сложное сечение пластины на 3 простых сечения:

прямоугольник - $ABDK$; полукруг - BC ; треугольник - DKE

2. Определяем необходимые данные для простых сечений:

$\square ABDK$: 180×160 ; $A_1 = 180 \cdot 160 = 28800$ мм² = 288 см²; $C_1(9; 8)$

круг: $A_2 = \pi R^2 = 3,14 \cdot 10^2 = 314$ мм² = 3,14 см²; $C_2(1,5; 14)$

$\triangle DKE$: $A_3 = 100 \cdot 40 / 2 = 2000$ мм² = 20 см²; $C_3(16; 3,3)$.

3. Определяем положение центра тяжести сложного сечения пластины:

$X_C = \sum(A_k \cdot x_k) / \sum A_k$; $Y_C = \sum(A_k \cdot y_k) / \sum A_k$;

$$x_C = \frac{A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2 - A_3 \cdot x_3}{A_1 + A_2 - A_3} = \frac{288 \cdot 9 - 3,14 \cdot 1,5 - 20 \cdot 16}{288 - 3,14 - 20} = \frac{2267,29}{264,86} = 8,6 \text{ см};$$

$$y_C = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 - A_3 \cdot y_3}{A_1 + A_2 - A_3} = \frac{288 \cdot 8 - 3,14 \cdot 14 - 20 \cdot 3,3}{288 - 3,14 - 20} = \frac{2844,65}{264,86} = 8,3 \text{ см};$$

$X_C = 8,6$ см; $Y_C = 8,3$ см.

РЕШЕНИЕ II:

1. Провести оси координат и центральные оси простых сечений.

2. Определяем центральные моменты инерции для простых сечений:

$$\square ABDK: J_{x1} = \frac{B \cdot H^3}{12} = \frac{18 \cdot 16^3}{12} = 6144 \text{ см}^4; J_{y1} = \frac{B^3 \cdot H}{12} = \frac{18^3 \cdot 16}{12} = 7776 \text{ см}^4;$$

круг: $J_{x2} = J_{y2} = \pi(2R)^4 / 64 = 3,14 \cdot 2^4 / 64 = 0,785 \text{ см}^4$;

$\triangle DKE$: $J_{x3} = KE \cdot KD^3 / 36 = 4 \cdot 10^3 / 36 = 111,1 \text{ см}^4$;

$J_{y3} = KE^3 \cdot KD / 48 = 4^3 \cdot 10 / 48 = 13,3 \text{ см}^4$.

3. Определяем расстояния между главной центральной осью сложного сечения и центральными осями простых сечений:

$a_1 = |y_C - y_1| = 8,3 - 8 = 0,3$ см; $a_2 = |y_C - y_2| = |8,3 - 14| = 5,7$ см;

$a_3 = |y_C - y_3| = 8,3 - 3,3 = 5$ см; $e_1 = |x_C - x_1| = |8,6 - 9| = 0,4$ см;

$e_2 = |x_C - x_2| = 8,6 - 1,5 = 7,1$ см; $e_3 = |x_C - x_3| = |8,6 - 16| = 7,4$ см.

4. Определяем главный центральный момент инерции сложного сечения относительно оси y :

$J_{yC} = \sum(J_{yi} + a_i^2 \cdot A_i) = (J_{y1} + a_1^2 \cdot A_1) - (J_{y2} + a_2^2 \cdot A_2) - (J_{y3} + a_3^2 \cdot A_3)$;

$J_{yC} = (7776 + 0,3^2 \cdot 288) - (0,785 + 5,7^2 \cdot 3,14) - (13,3 + 5^2 \cdot 20) = 7185,8 \text{ см}^4$.

5. Определяем главный центральный момент инерции сложного сечения относительно оси x :

$J_{xC} = \sum(J_{xi} + e_i^2 \cdot A_i) = (6144 + 0,4^2 \cdot 288) - (0,785 + 7,1^2 \cdot 3,14) - (111,1 + 7,4^2 \cdot 20)$;

$J_{xC} = 4824,7 \text{ см}^4$.

ОТВЕТ: $X_C = 8,6$ см; $Y_C = 8,3$ см; $J_{yC} = 7185,8 \text{ см}^4$; $J_{xC} = 4824,7 \text{ см}^4$.

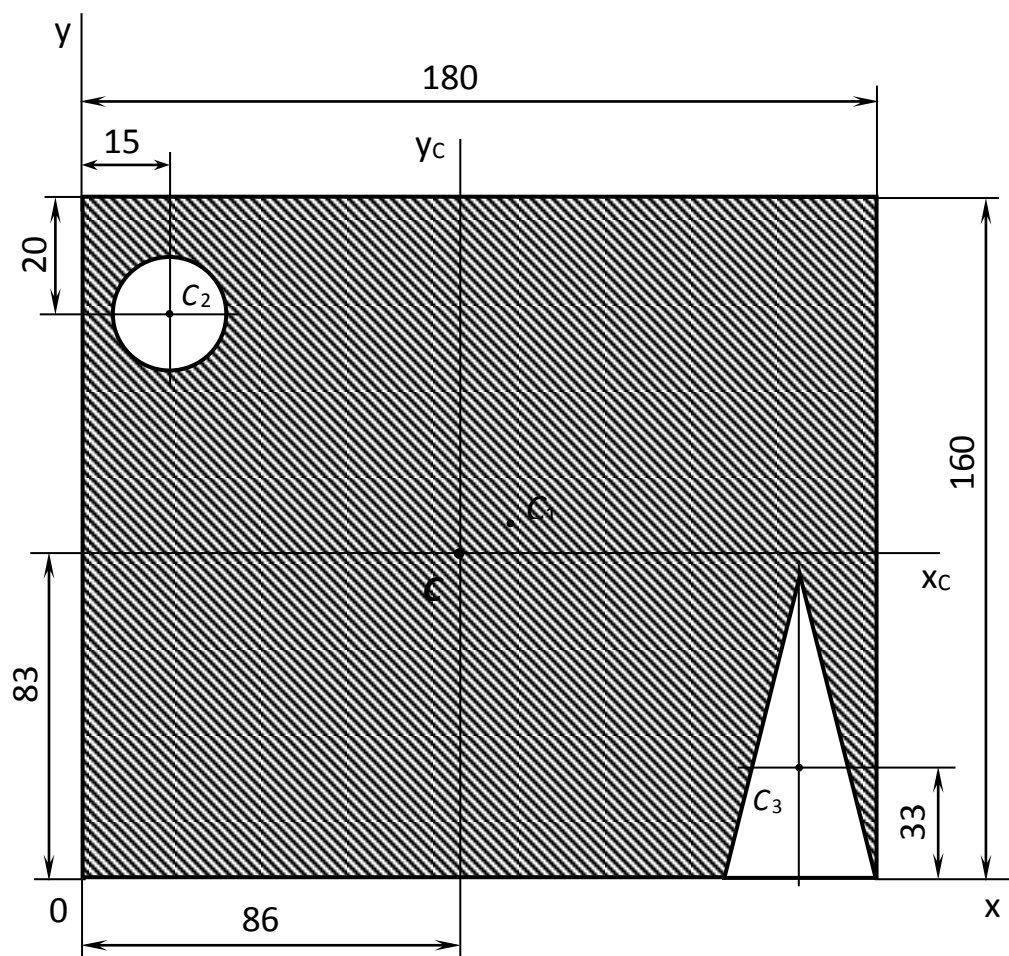


Рисунок РГР № 3 «Геометрические характеристики плоских сечений»

ЗАДАЧА РГР № 4

Зашемленный в стене двухступенчатый брус нагружен осевыми силами. Массой бруса пренебречь.

I) Определить нормальные силы и напряжения в поперечных сечениях по всей длине бруса;

II) Построить эпюры нормальных сил и напряжений по длине бруса;

III) Определить перемещение свободного конца бруса, если $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

ДАНО: $F_1 = 30$ кН; $F_2 = 38$ кН; $F_3 = 42$ кН; $A_1 = 1,9$ см²; $A_2 = 3,1$ см²;

$a = 0,2$ м; $b = 0,1$ м; $c = 0,5$ м.

НАЙТИ: N_i ; σ_i ; Δl .

РЕШЕНИЕ:

1. Разбиваем брус на участки: AB ; BC ; CD .

2. Определяем значения нормальной силы N на участках бруса:

Участок AB , сечение I-I, $N_1 = F_1 = 30$ кН;

Участок BC , сечение II-II, $N_2 = F_1 + F_2 = 30 + 38 = 68$ кН;

Участок CD , сечение III-III, $N_3 = F_1 + F_2 - F_3 = 30 + 38 - 42 = 26$ кН.

Строим эпюру нормальных сил.

3. Вычисляем значения нормальных напряжений на участках бруса:

Участок AB , сечение I-I, $\sigma_1 = N_1 / A_1 = \frac{30 \cdot 10^3}{1,9 \cdot 10^2} = 158$ Н/мм²; $\sigma_1 = 158$ МПа;

Участок BC , сечение II-II, $\sigma_2 = N_2 / A_1 = \frac{68 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^2} = 219,4$ Н/мм²; $\sigma_2 = 219,4$ МПа;

Участок CD , сечение III-III, $\sigma_3 = N_3 / A_1 = \frac{26 \cdot 10^3}{3,1 \cdot 10^2} = 84$ Н/мм²; $\sigma_3 = 84$ МПа.

Строим эпюру нормальных напряжений.

4. Определяем продольную деформацию бруса:

Участок AB , сечение I-I,

$\Delta l_1 = N_1 \cdot l_1 / A_1 \cdot E = 30 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 10^3 / 1,9 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5 = 4 \cdot 10^{-1}$ мм ; $\Delta l_1 = 0,4$ мм;

Участок BC , сечение II-II,

$\Delta l_2 = N_2 \cdot l_2 / A_2 \cdot E = 68 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^3 / 3,1 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5 = 1 \cdot 10^{-1}$ мм; $\Delta l_2 = 0,1$ мм;

Участок CD , сечение III-III,

$\Delta l_3 = N_3 \cdot l_3 / A_2 \cdot E = 26 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^3 / 3,1 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5 = 0,8 \cdot 10^{-1}$ мм; $\Delta l_3 = 0,08$ мм;

$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 = 0,4 + 0,1 + 0,08 = 0,58$ мм.

ОТВЕТ: $\Delta l = 0,58$ мм. Стержень растянут.

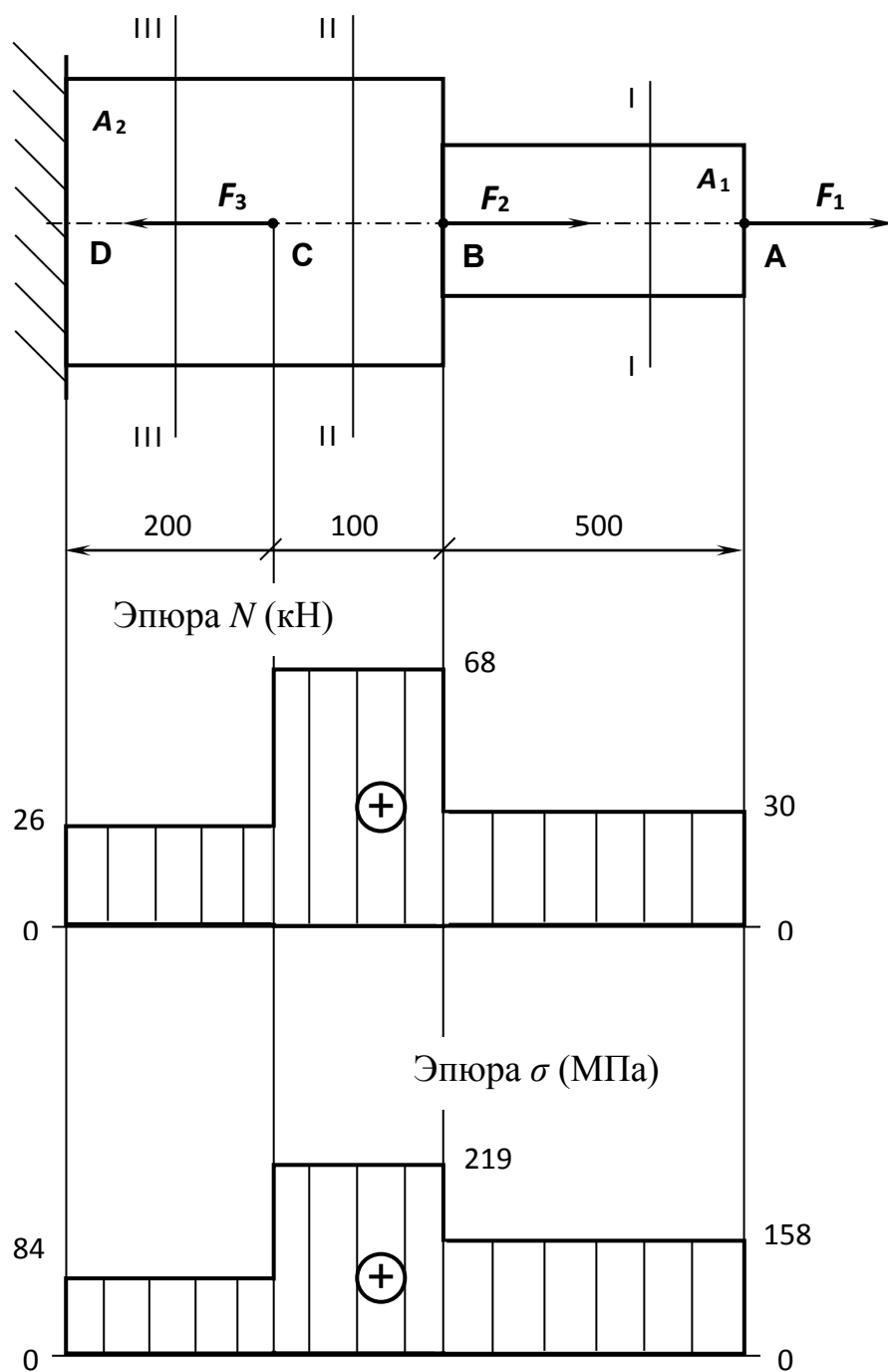


Рисунок РГР № 4 «Расчет ступенчатого стержня»

ЗАДАЧА РГР № 5

Стальной вал вращается, передавая на шкивы моменты M_i . Необходимо:

- I) Определить значение уравновешенного момента M_0 , если $\sum M_i = 0$;
- II) Выбрать рациональное расположение шкивов на валу, построить эпюры крутящих моментов по длине вала. Дальнейшие расчеты проводить для вала с рационально расположенными шкивами;
- III) Определить размеры сплошного вала круглого и кольцевого сечений из расчетов на прочность, приняв $[\tau_{кр}] = 30$ МПа; и $c = 0,9$. Проверить жесткость вала, если $[\varphi_0] = 0,02$ рад/м; $G = 8 \cdot 10^4$ МПа;
- IV) Выбираем рациональное сечение для вала.

ДАНО: $P_3 = 150$ кВт; $P_1 = 50$ кВт; $P_2 = 40$ кВт; $\omega = 5$ рад/с; **НАЙТИ:** d ; D , d_0

РЕШЕНИЕ:

1. Определяем вращающие моменты на валу:

$$M_1 = P_1 / \omega = 50 / 5 = 10 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_2 = P_2 / \omega = 40 / 5 = 8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = P_3 / \omega = 150 / 5 = 30 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\sum M_i = 0; \quad M_0 = M_1 + M_2 + M_3 = 10 + 8 + 30 = 48 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2. Определяем крутящие моменты на участках заданной схемы вала (**схема а**):

Участок АВ, сечение I-I; $M_{кр1} = -M_3 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м};$

Участок ВС, сечение II-II; $M_{кр2} = -M_3 - M_2 = -30 - 8 = -38 \text{ кН} \cdot \text{м};$

Участок CD, сечение III-III; $M_{кр3} = -M_3 - M_2 - M_1 = -30 - 8 - 10 = -48 \text{ кН} \cdot \text{м};$
 $|M_{кр_{\max}}| = 48 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

3. Выбираем рациональное расположение шкивов на валу:

схема б – переставляем в заданной схеме точки D и C:

Участок АВ, сечение I-I; $M_{кр1} = -M_3 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м};$

Участок BD, сечение II-II; $M_{кр2} = -M_3 - M_2 = -30 - 8 = -38 \text{ кН} \cdot \text{м};$

Участок DC, сечение III-III; $M_{кр3} = -M_3 - M_2 + M_0 = -30 - 8 + 48 = 10 \text{ кН} \cdot \text{м};$
 $|M_{кр_{\max}}| = 38 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

схема в – переставляем в заданной схеме точки D и B:

Участок AD, сечение I-I; $M_{кр1} = -M_3 = -30 \text{ кН} \cdot \text{м};$

Участок DC, сечение II-II; $M_{кр2} = -M_3 + M_0 = -30 + 48 = 18 \text{ кН} \cdot \text{м};$

Участок CB, сечение III-III; $M_{кр3} = -M_3 + M_0 - M_1 = -30 + 48 - 10 = 8 \text{ кН} \cdot \text{м};$
 $|M_{кр_{\max}}| = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

Рациональное расположение шкивов на схеме в - $|M_{кр_{\max}}| = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

4. Определяем диаметр вала из расчета на прочность:

$$\text{Момент сопротивления кручению: } W_x = \frac{M_{кр}}{[\tau_{кр}]} = \frac{30 \cdot 10^6}{30} = 10^6 \text{ мм}^3;$$

$$\text{Сплошное сечение: } d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10^6}{3,14}} = 1,72 \cdot 10^2 \text{ мм}; \quad d = 180 \text{ мм};$$

$$\text{Кольцевое сечение: } D = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi(1 - 0,9^4)}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 10^6}{3,14(1 - 0,9^4)}} = 2,46 \cdot 10^2 \text{ мм};$$

$$D = 250 \text{ мм}; \text{ тогда } d_0 = 250 \cdot 0,9 = 220 \text{ мм}.$$

5. Проверяем жесткость вала:

Полярный момент инерции вала: $J_p = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 180^4}{32} = 103008 \cdot 10^3 \text{ мм}^4$

Угол закручивания $\varphi_0 = \frac{M_{кр}}{G \cdot J_p} = \frac{30 \cdot 10^6}{8 \cdot 10^4 \cdot 103008 \cdot 10^3} = 3,64 \cdot 10^{-6} \text{ рад/мм};$

$\varphi_0 = 3,64 \cdot 10^{-6} \text{ рад/мм} = 3,64 \cdot 10^{-3} \text{ рад/м} = 0,004 \text{ рад/м}; \varphi_0 < [\varphi_0]; 0,004 < 0,02;$

Условие жесткости выполняется.

6. Выбираем рациональное сечение для вала - сравниваем массы и габариты сечений:

$$\frac{m}{m_k} = \frac{A}{A_k} = \frac{d^2}{D^2 - (d_0)^2} = \frac{180^2}{250^2 - 220^2} = 2,3; \quad \frac{D}{d_0} = \frac{250}{180} = 1,4$$

Вал кольцевого сечения легче сплошного вала в 2,3 раза; а габариты сечений отличаются на 40 %. Выбираем для вала кольцевое сечение.

ОТВЕТ: $d=180 \text{ мм}; D=250 \text{ мм}, d_0=220 \text{ мм}.$

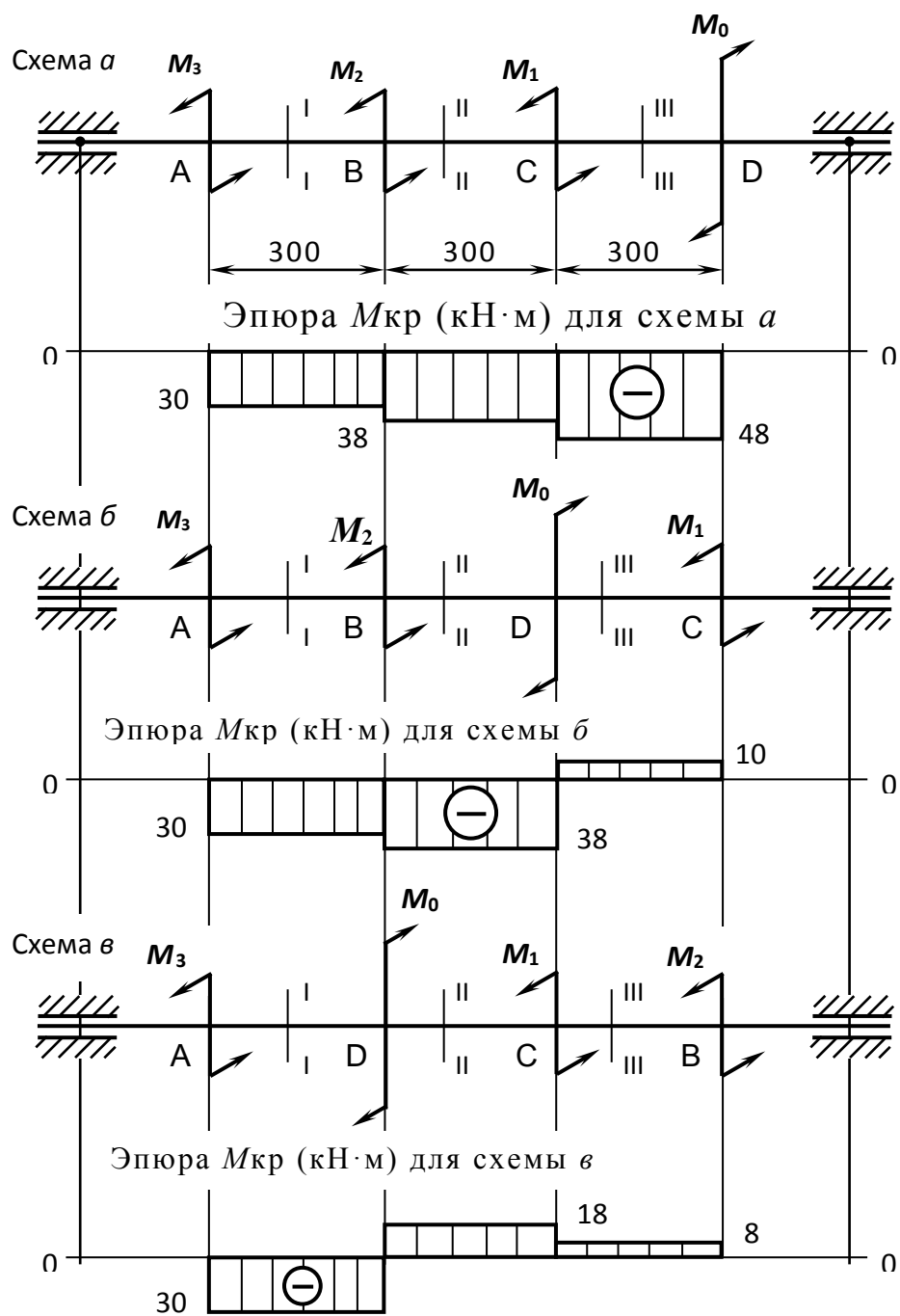


Рисунок РГР № 5 «Расчет вала на прочность и жесткость»

“ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА”

раздел: «Детали машин»

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое машина?
2. Из каких механизмов состоит привод конвейера?
3. Назовите критерии работоспособности машин?
4. Назовите виды материалов применяемых для изготовления деталей машин?
5. Назовите основные характеристики механических передач?
6. Что такое передаточное число?
7. По каким параметрам классифицируются зубчатые передачи?
8. Назовите достоинства и недостатки зубчатых передач?
9. Каковы преимущества косозубых цилиндрических передач по сравнению с прямозубыми? Каковы недостатки косозубых передач?
10. Ременные передачи – их достоинства и недостатки?
11. Почему в приводах машин ременная передача является обычно быстроходной ступенью?
12. Какие виды ременных передач различают по форме поперечного сечения ремня?
13. Для чего в ременной передаче создают предварительное натяжение ремня?
14. Цепные передачи - их достоинства и недостатки?
15. Чем отличается вал от оси?
16. Что называют цапфой, буртиком, заплечиком и галтелью?
17. Каковы основные критерии работоспособности валов?
18. Какова цель проектировочного расчета вала?
19. Каковы достоинства и недостатки подшипников скольжения (П.С.)?
20. Из каких деталей состоят подшипники качения (П.К.)?
21. Каковы достоинства и недостатки П. К. по сравнению с П.С.?
22. Как подбирают подшипники качения по таблицам ГОСТа
23. Для чего применяют смазывание П.К., какими способами его осуществляют?
24. Перечислите назначения механических муфт приводов?
25. Какие соединения деталей машин относятся к неразъемным?
26. Какие основные виды резьбовых соединений применяют в машиностроении?
27. На каких принципах основаны способы стопорения резьбовых деталей от самоотвинчивания?

ЗАДАЧА: КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА

Подобрать электродвигатель для привода конвейера и рассчитать его основные кинематические параметры

1. Определяем требуемую мощность электродвигателя, $P_{дв}$, кВт:

$$P_{дв} = (F_t \cdot v) / \eta_{общ}$$

$$\eta_{общ} = \eta_{рем} \cdot \eta_{зуб} \cdot \eta_{пк}^2 \cdot \eta_{цеп} \cdot \eta_m \cdot \eta_{пк}^2,$$

где η_i — КПД каждой кинематической пары, выбираем по табл. 5.3

Таблица 5.3 Некоторые характеристики кинематических пар

Тип передачи	Коэффициент полезного действия (КПД), η
Закрытая зубчатая цилиндрическая	0,96...0,98
Ременная (все типы)	0,94...0,96
Цепная (все типы)	0,92...0,95
Муфта соединительная	0,98
Подшипники качения (одна пара)	0,99...0,995

2. Определяем частоту вращения ведомого вала привода конвейера, n_B , об/мин:

$$n_B = 60000 \cdot v / (\pi \cdot D_B)$$

3. Подбираем электродвигатель из соотношения $P_{дв} \leq P_{д}^1$

где $P_{д}$ — табличное значение мощности двигателя, кВт, выбираем табл.

5.4

Таблица 5.4 Электродвигатели асинхронные серии 4А, (см. рис. 5.2).

Синхронная частота вращения вала двигателя — $n_{дс}=1000$ об/мин

Тип двигателя	Мощность $P_{д}$, кВт	Основные размеры двигателя, мм				
		l_{30}	h_{30}	d_{30}	d_1	l_1
4А112МА6У3	3	452	310	260	32	80
4А112МВ6У3	4					
4А132S6У3	5,5	480	350	302	38	80
4А132М6У3	7,5	530				
4А160S6У3	11	624	430	358	48	110
4А160М6У3	15	667				
4А180М6У3	18,5	702	470	410	55	140
4А200М6У3	22	790				
4А200L6У3	30	830	535	450	60	140

¹ Выбранный двигатель подчеркнуть в табл. 5.4 и занести его параметры в табл. 5.5

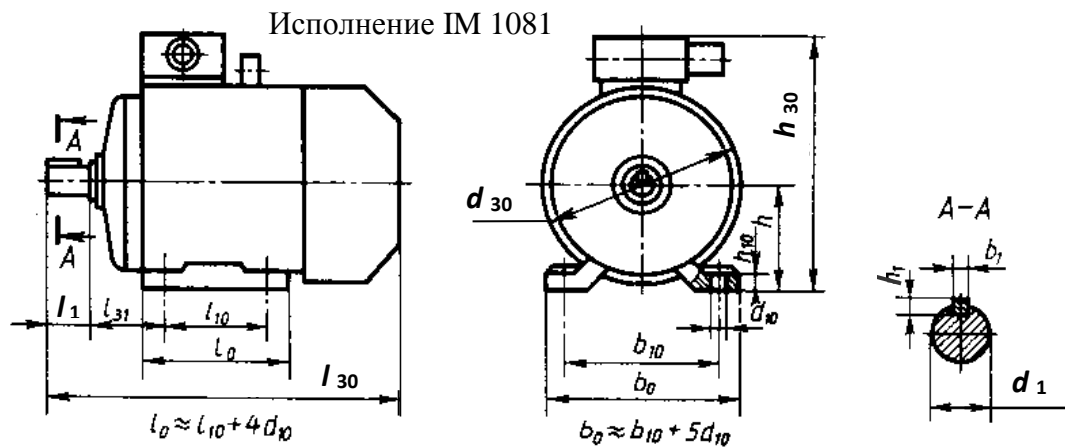


Рисунок 5.2 Электродвигатель асинхронный серии 4А ГОСТ 19523-81 г.

Таблица 5.5 Параметры выбранного электродвигателя

Тип двигателя	Мощность, P_d , кВт	Синхронная частота вращения, n_d , об/мин	Диаметр вала двигателя, d_1 , мм	Габаритные размеры, мм		
				l 30	h 30	d_{30}

4. Определяем общее передаточное число привода, $u_{общ}$:

$$u_{общ} = n_d / n_B$$

5. Определяем передаточное число ременной передачи привода конвейера, $u_{рем}$:

$$u_{рем} = u_{общ} / (u_{зуб} \cdot u_{цеп}),$$

где $u_{зуб}$ и $u_{цеп}$ — передаточные числа зубчатой и цепной передач (см. табл. 5.2).

6. Определяем частоту вращения быстроходного вала редуктора, n_1 , об/мин:

$$n_1 = n_d / u_{рем}$$

7. Определяем частоту вращения тихоходного вала редуктора, n_2 , об/мин:

$$n_2 = n_1 / u_{зуб}$$

8. Определяем вращающий момент на валу двигателя привода, M_d , Н·м:

$$M_d = 9550 \cdot P_d / n_d$$

9. Определяем вращающий момент на быстроходном валу редуктора, M_1 , Н·м:

$$M_1 = M_d \cdot u_{рем} \cdot \eta_{рем}$$

10. Определяем вращающий момент на тихоходном валу редуктора, M_2 , Н·м:

$$M_2 = M_1 \cdot u_{зуб} \cdot \eta_{зуб} \cdot \eta_{пк}^2$$

11. Определяем вращающий момент на ведомом валу привода, M_B , Н·м:

$$M_B = M_2 \cdot u_{\text{цеп}} \cdot \eta_{\text{цеп}} \cdot \eta_m \cdot \eta_{\text{пк}}^2$$

Рассчитанные параметры привода заносим в контрольную таблицу 5.6

Таблица 5.6 Кинематические параметры привода конвейера

Кинематическая пара	Мощность, P_i , кВт	Передаточное число, u_i	КПД, η	Частота вращения, n_i , об/мин	Вращающий момент, M_i , Н·м
Двигатель	P_d	—	—	n_d	M_d
Ременная передача	P_d	$u_{\text{рем}}$	$\eta_{\text{рем}}$	n_d	M_d
Зубчатая передача	$P_1 = P_d \cdot \eta_{\text{рем}}$	$u_{\text{зуб}}$		n_1	M_1
Цепная передача	$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{зуб}}$	$u_{\text{цеп}}$		n_2	M_2
Барaban конвейера	$P_B = P_2 \cdot \eta_{\text{цеп}}$	$u_{\text{общ}}$	$\eta_{\text{общ}}$	n_B	M_B

Примечания:

1. Определить мощность отдельных последовательно соединенных передач можно по формуле:

$$P_{\text{ведом}} = P_{\text{ведущ}} \cdot \eta_i$$

где $P_{\text{ведом}}$ — мощность на ведомом валу передачи, кВт; $P_{\text{ведущ}}$ — мощность на ведущем валу передачи, кВт; η_i — КПД передачи (см. табл. 5.3).

Например: быстроходный вал редуктора является для зубчатой передачи ведущим валом, а для ременной — ведомым.

2. Чертеж схемы привода конвейера вычерчивается в соответствии с рис. 5.3. Для вычерчивания элементов кинематических пар привода используется ГОСТ 2.770-68 «ЕСКД. Элементы кинематики».

3. На чертеже схемы привода конвейера указать наименование кинематических пар.

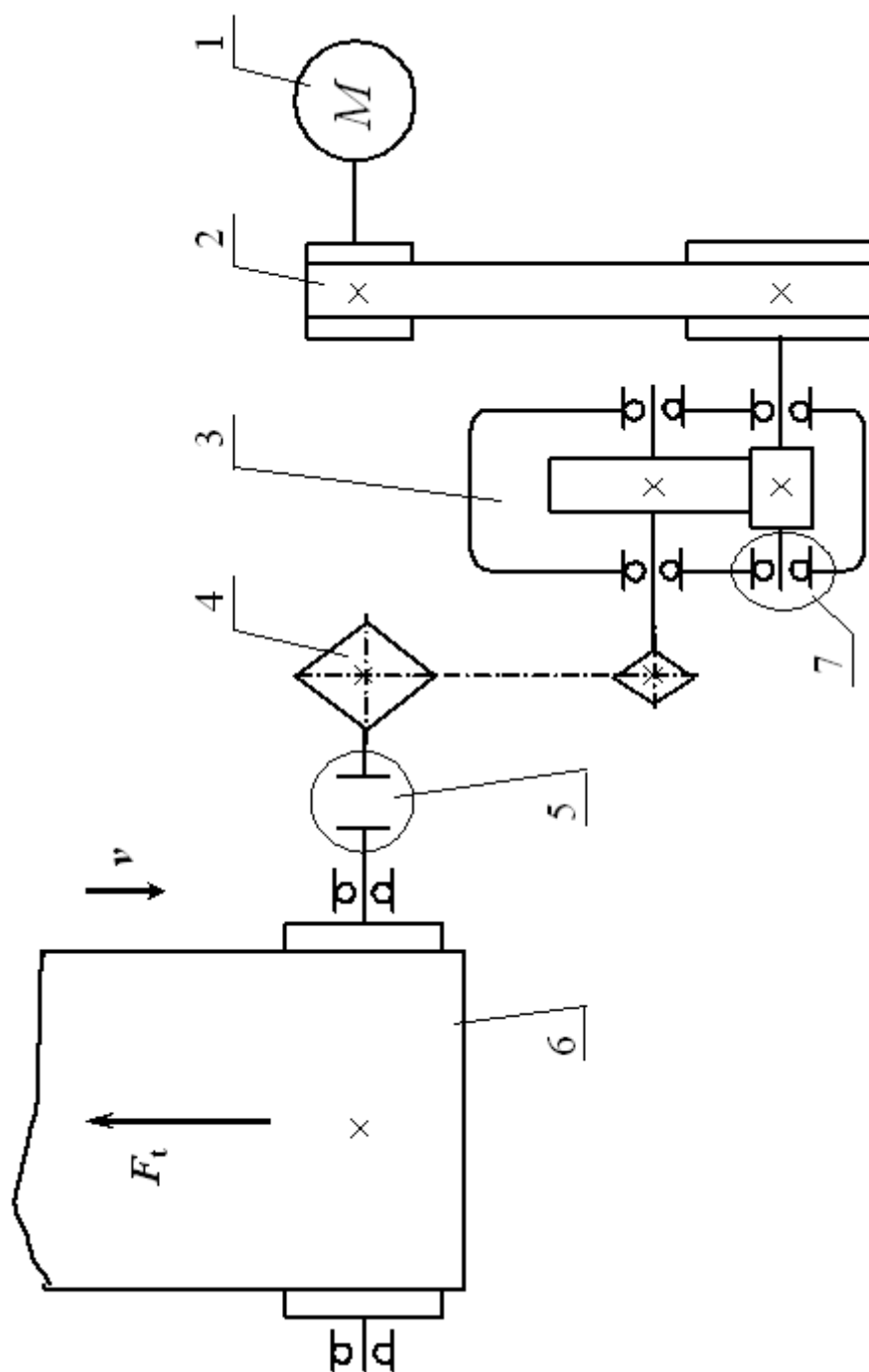


Рисунок 5.3 Схема привода конвейера:

1 — электродвигатель; 2 — ременная передача;

3 — зубчатый цилиндрический редуктор;

4 — цепная передача; 5 — муфта; 6 — барабан с лентой;

7 — подшипниковый радиальный шариковый

ЗАДАЧА: РАСЧЕТ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Рассчитать основные параметры, размеры и силы в зацеплении закрытой косозубой передачи одноступенчатого цилиндрического редуктора с прирабатывающимися зубьями привода конвейера

Данные для расчета взять в табл. 5.6 и занести в табл. 5.7

Таблица 5.7 Исходные данные зубчатой передачи

Передача	Мощность на быстроходном валу (б/х), P_1 , кВт	Передаточное число, $u_{зуб}$	КПД, $\eta_{зуб}$	Частота вращения б/х вала, n_1 , об/мин	Вращающий момент на б/х валу, M_1 , Н·м
Зубчатая					

1 Предварительный расчет

1.1 Выбираем материал шестерни и колеса:

для изготовления зубчатых колес выбираем сталь 40ХН с различной термообработкой, а именно:

для шестерни — улучшение, твердость сердцевины $H_1 = 269...302$ НВ и закалка зуба ТВЧ до твердости на поверхности зубьев $H_1 = 48...53$ HRC_Э при диаметре заготовки $D \leq 200$ мм;

для колеса — улучшение, средняя твердость сердцевины $H_2 = 269...302$ НВ

1.2 Определяем базовый предел контактной выносливости, σ_{Hlimb} , МПа:

$$\sigma_{Hlimb1} = 17H_{1cp} + 200; \sigma_{Hlimb2} = 2H_{2cp} + 70$$

1.3 Определяем допускаемые контактные напряжения, $[\sigma_{Hi}]$, МПа:

$$[\sigma_{H1}] = \sigma_{Hlimb1} Z_N / S_H; [\sigma_{H2}] = \sigma_{Hlimb2} Z_N / S_H,$$

где Z_N — коэффициент долговечности, для учебных расчетов примем $Z_N \approx 1$;

S_H — коэффициент запаса прочности, $S_H = 1,1$ (улучшенные, объемно-закаленные колеса с однородной структурой материала).

1.4 Определяем условное допускаемое контактное напряжение, $[\sigma_H]$, МПа:

$$[\sigma_H] = 0,45([\sigma_{H1}] + [\sigma_{H2}])$$

при этом должно выполняться условие $[\sigma_H] \leq 1,23[\sigma_{H2}]^2$

1.5 Определяем базовый предел выносливости зубьев при изгибе, σ_{Flimb} , МПа:

$$\sigma_{Flimb1} = 550 \text{ МПа}; \sigma_{Flimb2} = 1,75H_{2cp}$$

1.6 Определяем допускаемое напряжение изгиба зубьев, $[\sigma_{Fi}]$ МПа:

$$[\sigma_{F1}] = \sigma_{Flimb1} Y_N \cdot Y_A / S_F; [\sigma_{F2}] = \sigma_{Flimb2} Y_N \cdot Y_A / S_F,$$

² При невыполнении условия прочности более чем на 5% необходимо заменить марку материала или вид термообработки зубчатых колес.

где Y_N — коэффициент долговечности, для учебных расчетов примем $Y_N \approx 1$;

Y_A — коэффициент реверсивности нагрузки, $Y_A = 1$ — при нереверсивной работе;

S_F — коэффициент запаса прочности, $S_F = 1,7$ (улучшенные, объемно-закаленные колеса с однородной структурой материала).

2 Проектировочный расчет

2.1 Определяем межосевое расстояние, a_w , мм:

$$a_w \geq K_a (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_1 \cdot K_{H\beta}}{\Psi_{ba} \cdot u \cdot [\sigma_H]^2}}$$

где M_1 — вращающий момент, действующий на валу шестерни, Н·м;

Ψ_{ba} — коэффициент ширины зубчатого колеса по межцентровому расстоянию, выбирается из стандартного ряда: $\Psi_{ba} = 0,2; 0,25; 0,315; 0,4$

$K_{H\beta}$ — коэффициент учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактной линии, $K_{H\beta} = 1,022$;

K_a — вспомогательный коэффициент, для косозубых передач $K_a = 410 \text{ КПа}^{1/3}$;

$u_{зуб}$ — передаточное число зубчатой передачи.

Полученное значение a_w округляют до ближайшего большего стандартного значения: 100, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500.

2.2 Определяем ширину зубчатого венца, b_i , мм:

$$b_2 = \Psi_{ba} \cdot a_w; b_1 = b_2 + 5$$

2.3 Определяем нормальный модуль зубьев колес, m_n , мм:

$$m_n \geq K_m \frac{M_1 \cdot K_{F\beta} (u + 1)}{a_w \cdot b_2 \cdot [\sigma_{F2}]},$$

где K_m — вспомогательный коэффициент, для косозубых колес $K_m = 2,8 \cdot 10^3$;

$K_{F\beta}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий, $K_{F\beta} = 1,017$.

Полученное значение модуля округляют до ближайшего большего стандартного значения: 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,25; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 8,0; 9,0; 10.

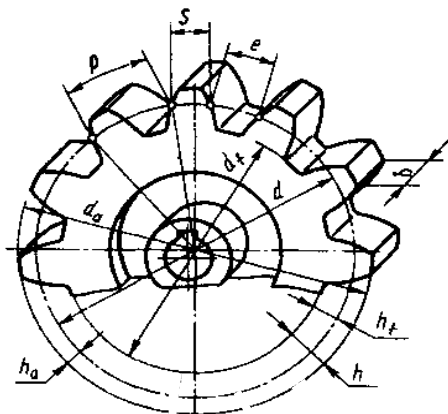


Рис. 5.4 Геометрические параметры

2.4 Определяем угол наклона зубьев, β_{min} , градус:

$$\beta_{min} = \arcsin(4 \cdot m_n / b_2)$$

2.5 Определяем суммарное число зубьев:

$$z_{\Sigma} = 2a_w \cos \beta_{min} / m_n$$

2.6 Определяем числа зубьев колес:

$$z_1 = z_{\Sigma} / (u_{зуб} + 1); z_2 = z_{\Sigma} - z_1$$

2.7 Определяем фактический угол наклона зуба, β , градус

$$\beta = \arccos(0,5z_{\Sigma} \cdot m_n / a_w)$$

3. Расчет геометрических, кинематических и силовых параметров передачи

Изобразить рис. 5.4 и написать название всех параметров цилиндрического эвольвентного колеса.

3.1 Определяем делительный диаметр зубьев колес, d_i , мм:

$$d_1 = m_n \cdot z_1 / \cos\beta ; d_2 = m_n \cdot z_2 / \cos\beta$$

3.2 Определяем диаметр вершин зубьев колес, d_{ai} , мм:

$$d_{a1} = d_1 + 2m_n ; d_{a2} = d_2 + 2m_n.$$

3.3 Определяем диаметр впадин зубьев колес, d_{fi} , мм:

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m_n ; d_{f2} = d_2 - 2,5m_n.$$

3.4 Определяем окружную скорость колес, v , м/с:

$$v = \pi d_1 \cdot n_1 / 60000$$

Назначаем степень точности передачи :

Степень точности передачи 6 7 8 9

Окружная скорость колес (max), м/с 30 15 10 4

3.5 Определяем усилия в зубчатом зацеплении (рисунок 5.5):

Окружная сила (Н): $F_{t1} = 2000 \cdot M_1 / d_1$

Радиальная сила (Н): $F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan\alpha / \cos\beta$

Осевая сила (Н): $F_{a1} = F_{t1} \cdot \tan\beta$,

где α — угол зацепления, $\alpha = 20^\circ$.

Рассчитанные параметры зубчатой передачи заносят в контрольную таблицу 5.8

Таблица 5.8 Параметры зубчатой передачи

Параметры	Значения
Делительный диаметр колеса; d_2 , мм	
Диаметры вершин зубьев колес, мм	d_{a1}, d_{a2}
Ширины венцов зубчатых колес; мм	b_1, b_2
Нормальный модуль зубьев колес; m_n , мм	
Число зубьев колес	z_1, z_2
Угол наклона зубьев колес, β , градус	
Межосевое расстояние передачи; a_w , мм	
Силы, действующие в зацеплении, Н	$F_{t1} = F_{t2}; F_{r1} = F_{r2}; F_{a1} = F_{a2}$

Примечание. Чертеж схемы зубчатой передачи должен иметь два вида передачи: сверху и сбоку. На чертеже должны быть проставлены габаритные размеры передачи, межосевое расстояние, числа и нормальный модуль зубьев колес, значение и направление угла наклона зубьев колес, направление и значение скорости вращения шестерни (см. рис. 5.6)

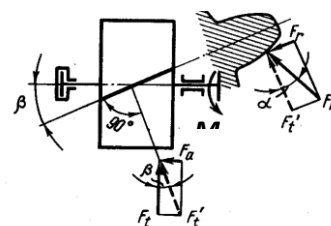


Рис. 5.5 Схема сил, действующих в косозубой

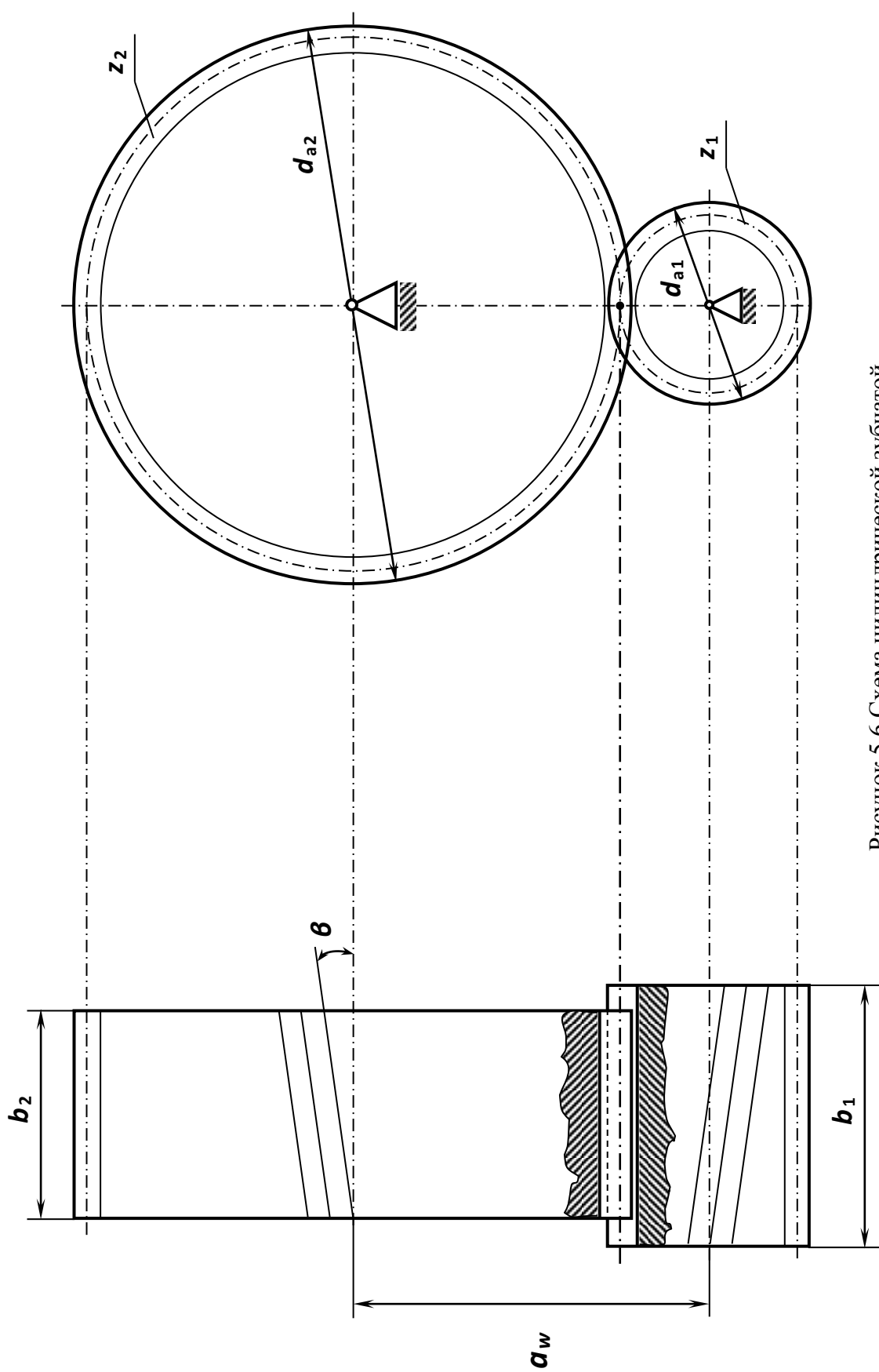


Рисунок 5.6 Схема цилиндрической зубчатой

ЗАДАЧА: ПОДБОР ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ ВАЛА ПЕРЕДАЧИ

Подобрать подшипники качения для ведомого вала цилиндрической косозубой передачи

Требуемая долговечность подшипников $[L_{10h}] = 12 \cdot 10^3$ часов, надежность работы – 90 %. Условия применения подшипников – обычные. Данные для расчета взять в табл. 5.6, 5.8, 5.15 и занести в табл. 5.16

Таблица 5.16 Исходные данные

Нагрузки, действующие на подшипники; Н					Диаметр вала под подшипник; d_{Π} , мм	Частота вращения ведомого вала; n_2 , об/мин
$R_{Бх}$	$R_{Бы}$	$R_{Гх}$	$R_{Гy}$	F_a		

1. Выбор типа подшипников

По условиям компоновки и работы подшипниковых узлов и с учетом небольшой величины осевой нагрузки назначаем для обеих опор шариковый радиальный однорядный подшипник (см. табл. 5.17)

Таблица 5.17 Основные параметры подшипников по ГОСТ 8338-75 (выборка)

Обоз-на-чение	Размеры, мм				Грузоподъемность, кН		Обоз-на-чение	Размеры, мм				Грузоподъемность, кН	
	d	D	B	r	C_r	$C_{ог}$		d	D	B	r	C_r	$C_{ог}$
204	20	47	14	1,5	12,7	6,2	210	50	90	20	2	35,1	19,8
205	25	52	15	1,5	14,0	6,95	211	55	100	21	2,5	43,6	25,0
206	30	62	16	1,5	19,5	10,0	212	60	110	22	2,5	52,0	31,0
207	35	72	17	2	25,5	13,7	213	65	120	23	2,5	56,0	34,0
208	40	80	18	2	32,0	17,8	214	70	125	24	2,5	61,8	37,5
209	45	85	19	2	33,2	18,6	215	75	130	25	2,5	66,3	41,0

По таблице 5.17 в соответствии с посадочным диаметром на вал, где $d = d_{\Pi}$, выбираем подшипник и выписываем все характеристики. В соответствии с условиями работы и типом подшипника принимаем коэффициенты для расчета: $V = 1$; $K_B = 1,3$; $K_T = 1$; $X = 1$; $Y = 0$; $a_1 = 1$; $a_{23} = 0,7$.

Все полученные значения параметров, без указаний, округляют до ближайшего большего стандартного числа по ГОСТ 6636-69 (целого четного или кратного 5)

2. Определяем суммарные реакции опор вала, R_i , Н (см. задача IV, рис. 5.9):

$$R_B = \sqrt{R_{Бх}^2 + R_{Бы}^2}; R_G = \sqrt{R_{Гх}^2 + R_{Гy}^2}$$

Далее расчет ведем по наиболее нагруженной опоре, $R_{i \max}$, Н.

3. Определяем эквивалентную динамическую нагрузку на подшипник, P_r , Н:

$$P_r = (VXR_{i \max} + YF_a) \cdot K_B \cdot K_T$$

4. Определяем скорректированную расчетную долговечность подшипника, L_{10ah} , час:

$$L_{10ah} = a_1 \cdot a_{23} \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_2}$$

5. Оцениваем пригодность выбранного подшипника по соотношению $L_{10ah} \geq [L_{10h}]$; и делаем вывод³.

Конструирование подшипникового узла (см. рис. 5.11)

Схема установки подшипников — «враспор» — вал зафиксирован в двух опорах, причем в каждой опоре в одном направлении.

В конструкции редуктора (см. рис. 5.11) применены закладные крышки, регулирование радиальных подшипников выполнено установкой компенсаторного кольца, установленного между торцами наружного кольца подшипника и крышки.

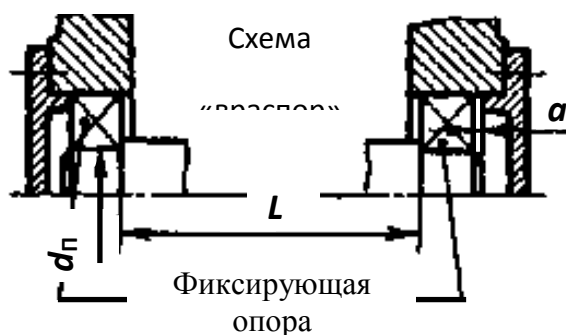


Рис. 5.10 Схема осевого фиксирования вала

Для удобства сборки компенсаторное кольцо нужно устанавливать со стороны глухой крышки подшипника. При установке радиальных шарикоподшипников между торцом наружного кольца подшипника и торцом крышки подшипника оставляют зазор $a=0,2 \dots 0,5$ мм для компенсации тепловых деформаций (рис. 5.10).

Зазор оставляют со стороны крышки имеющей отверстие для выходного конца вала. Этот зазор на чертежах сборочных единиц не показывают. Для смазывания зубчатой передачи предусмотрена

картерная смазка. При картерном смазывании зубчатой передачи подшипники смазывают брызгами масла, стекающими с колес, валов и со стенок корпуса. Для смазывания выбираем промышленное масло по таблицам 5.18 и 5.19

Таблица 5.18

Контактное напряжение $\sigma_H = [\sigma_H]$, МПа	Рекомендуемая кинематическая вязкость масла, мм ² /с; при окружной скорости колес, м/с		
	До 2	2...5	Свыше 5
Для зубчатых передач работающих при 40 °С			
До 600	34	28	22
600...1000	60	50	40

³ В выводе необходимо написать соблюдается ли условие пригодности. При несоответствии перерасчет не проводить.

Таблица 5.19

Марка масла	Кинематическая вязкость, мм ² /с (см. табл. 19)
Для зубчатых передач работающих при 40 °С	
И-Л-А-22	19...25
И-Г-А-32	29...35
И-Г-А-46	41...51
И-Г-А-68	61...75

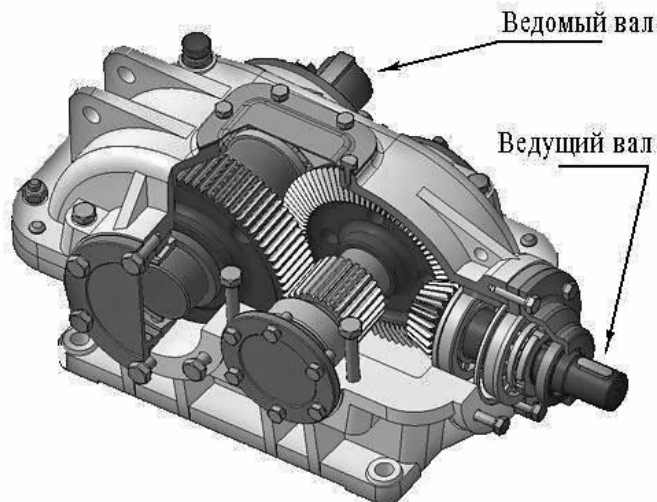
Для предупреждения вытекания смазочного масла, а также для защиты от загрязнения извне, подшипниковые узлы снабжают уплотнительными устройствами — манжетами.

Примечания:

Чертеж схемы подшипникового узла ведомого вала зубчатой передачи вычерчивается в соответствии с рис. 5.9. Общий вид редуктора представлен на рис. 5.11. На чертеже указать наименование деталей, входящих в конструкцию подшипникового узла ведомого вала зубчатой передачи. К стандартным деталям относятся: подшипник, компенсаторное кольцо, гайка, шайба, манжета, шпонка.

Вопросы для проверки усвоения материала при промежуточной аттестации по разделу «Детали машин»

1 Перечислите достоинства и недостатки зубчатых передач, входящих в изображенный на рисунке редуктор, и определите передаточное число редуктора, если частота вращения ведомого вала $\omega_2 = 7 \text{ рад/сек}$, частота вращения ведущего вала $\omega_1 = 140 \text{ рад/сек}$.



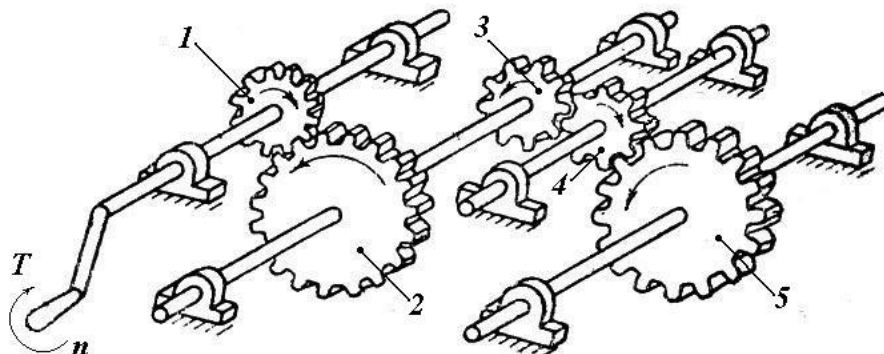
2 Определите величину окружной силы $F_{окр}$, действующей на ремень со стороны ведущего шкива ременной передачи, если известны:

диаметр ведущего шкива $d = 20 \text{ см}$;

вращающий момент на валу шкива $T = 120 \text{ Нм}$.

3 Определите КПД редуктора, если мощность на его ведомом валу $N_2 = 12 \text{ кВт}$, крутящий момент на ведущем валу $T_1 = 100 \text{ Нм}$, частота вращения ведущего вала $\omega_1 = 140 \text{ рад/сек}$.

4 Подсчитайте передаточное число привода, представленного на схеме, если диаметры 1, 3 и 4 зубчатых колес равны 10 см, а диаметры 2 и 5 колес – 200 мм.

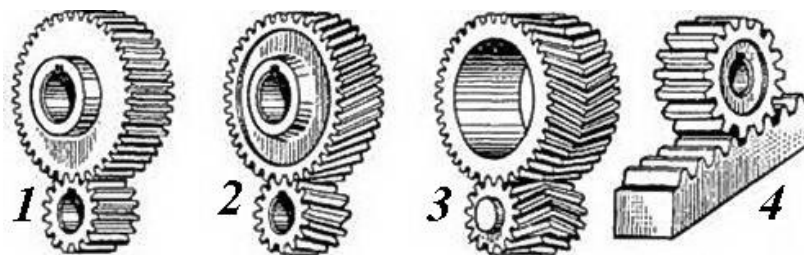


5 Какие различают типы резьб по профилю и назначению?

6 Выберите правильный ответ на вопрос: к какому типу относится передача, если ее передаточное отношение $u = 0,5$? Обоснуйте ответ.

1. Редуктор
2. Мультипликатор
3. Вариатор

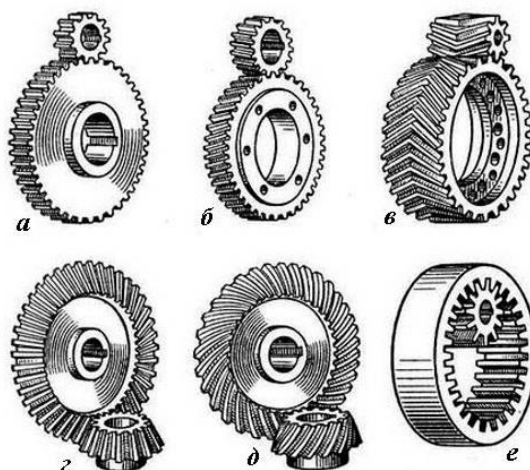
7 Назовите изображенные на рисунке типы зубчатых передач. Перечислите их основные достоинства и недостатки.



8 Какова будет мощность на ведомом валу привода, если известны: мощность двигателя $N_{дв} = 2,4 \text{ кВт}$; обороты двигателя $\omega_1 = 300 \text{ рад/сек}$; крутящий момент на ведомом валу $T_2 = 40 \text{ Нм}$; передаточное число привода $u = 6$.

Определите КПД данного привода.

9 Перечислите изображенные на рисунке типы зубчатых передач, укажите их основные достоинства и недостатки в сравнении с другими зубчатыми передачами.

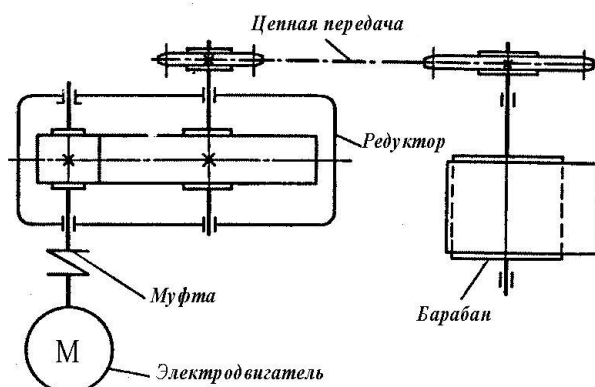


10 Определить, сколько зубьев на зубчатом колесе, если диаметр основной окружности колеса $D_1 = 240 \text{ мм}$, а модуль зубьев $m = 4$.

11 Какие устройства называются вариаторами и где они применяются?

12 Перечислите достоинства и недостатки резьбовых соединений.

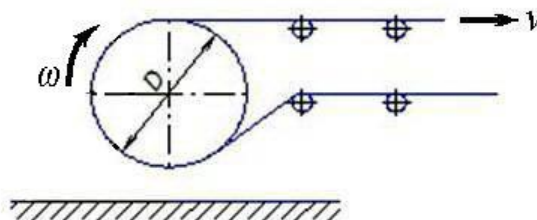
13 Определите КПД ($\eta_{\text{общ}}$) изображенного на рисунке привода, если известны КПД входящих в него передач: $\eta_{\text{муфты}} = 0,98$, $\eta_{\text{редуктора}} = 0,96$, $\eta_{\text{цепной передачи}} = 0,97$, $\eta_{\text{барабана}} = 0,98$. Какова будет мощность на валу барабана, если мощность электродвигателя $N = 4$ кВт?



14 Как классифицируются зубчатые передачи в зависимости от расположения осей валов? Приведите примеры. Перечислите основные достоинства и недостатки червячной передачи. Передаточное число червячной передачи.

15 В каких случаях чаще всего имеет место самооткручивание резьбовых соединений? Какими способами достигается предотвращение самооткручивания резьбовых соединений?

16 Определите скорость v движения ленты транспортера, если известно, что его барабан имеет диаметр $D = 60$ см, а частота вращения барабана $n = 100$ об/мин.



17 Перечислите достоинства и недостатки штифтовых соединений.

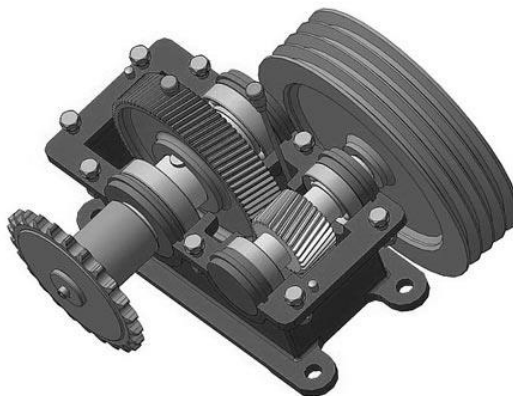
18 К какому типу соединений относятся шлицевые соединения? Перечислите их достоинства и недостатки.

19 Конструктивные различия применяемых в машиностроении шпонок. По каким критериям производят расчет шпоночных соединений на прочность? Какие параметры шпонок при этом учитывают?

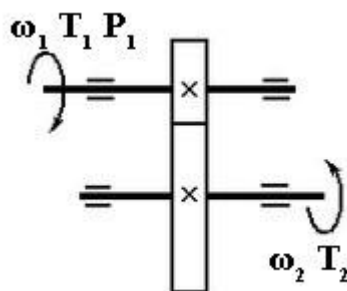
20 К какому типу соединений относятся шпоночные соединения? Перечислите их достоинства и недостатки.

21 Перечислите достоинства и недостатки клепаных соединений. По каким критериям производится расчет на прочность клепаного соединения?

22 Какие передачи входят в состав изображенного здесь привода? Какой из валов, по вашему мнению, является ведущим, а какой ведомым? Ответ обоснуйте.

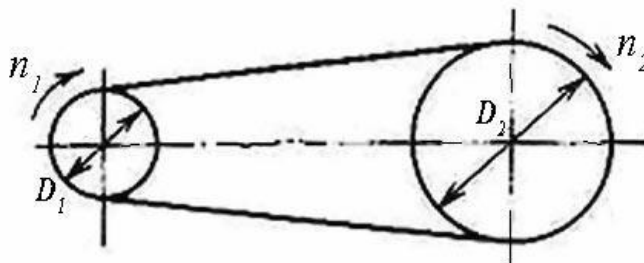


23 Определите мощность P_1 и крутящий момент T_1 на ведущем валу изображенной на схеме передачи, если известно, что $\omega_1 = 10\pi$ рад/сек, $\omega_2 = 4\pi$ рад/сек, вращающий момент на ведомом валу $T_2 = 100$ Нм, КПД передачи $\eta = 0,94$.



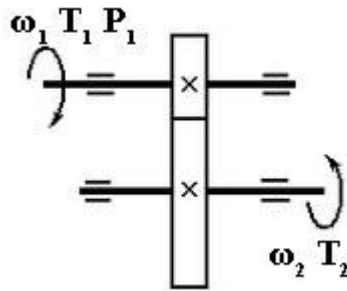
24 Какую зубчатую передачу называют планетарной? Ее устройство и принцип работы, основные достоинства и недостатки.

25 Определите число оборотов в минуту n_2 ведомого вала ременной передачи, если известно, что ведущий вал вращается со скоростью $n_1 = 5$ оборотов в секунду, а диаметры ведомого и ведущего валов находятся в соотношении: $D_2/D_1 = 2$.



26 Какие факторы влияют на величину предела выносливости деталей при динамических нагрузках? Каким образом устраняют их негативное влияние?

27 Перечислите передачи, в которых крутящий момент передается посредством сил трения. Укажите их основные достоинства и недостатки.



28 Определите количество зубьев Z_1 на ведущей шестерне изображенной здесь передачи, если известно, что передаточное число передачи $u = 3,0$, диаметр ведомого колеса $D_2 = 240$ мм, модуль зубьев $m = 4$ мм.

29 Перечислите основные достоинства и недостатки паяных соединений в сравнении со сварными соединениями

30 Приведите примеры концентраторов напряжений. Как можно снизить их негативное влияние на прочность деталей?

31 Определить вид механической передачи, указать способ передачи движения, области применения, преимущества и недостатки, условное обозначение на чертежах, формулу для определения передаточного отношения.

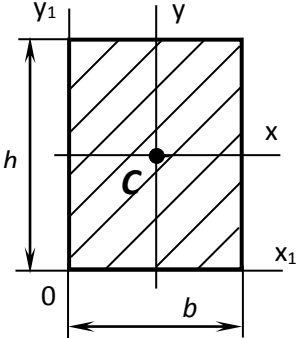
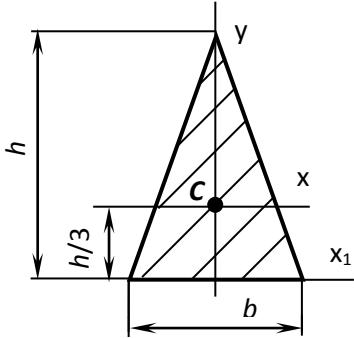
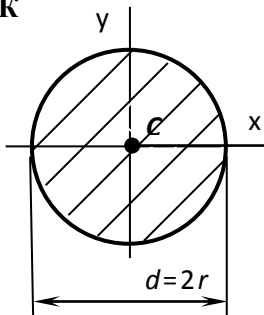
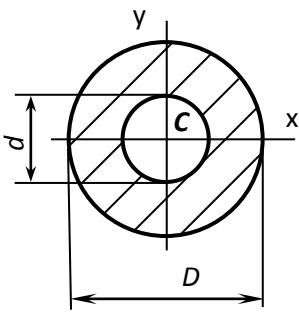


32 Назовите специальные виды муфт и укажите их назначение.

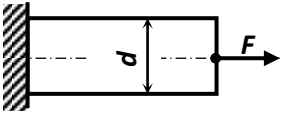
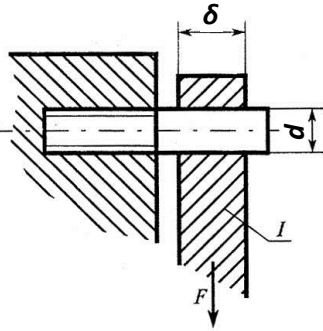
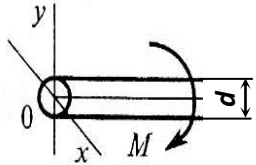
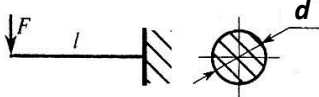
Значения тригонометрических функций некоторых углов

α^0	sin	cos	tg	ctg
0	0,0000	1,0000	0,0000	343,8
5	0,0872	0,9962	0,0875	11,43
10	0,1736	0,9848	0,1763	5,671
12	0,2079	0,9781	0,2126	4,7046
14	0,2419	0,9703	0,2493	4,0108
15	0,2588	0,9659	0,2679	3,7321
16	0,2756	0,9613	0,2868	3,4874
18	0,3090	0,9511	0,3249	3,0777
20	0,3420	0,9397	0,3640	2,7475
22	0,3746	0,9272	0,4040	2,4750
24	0,4067	0,9135	0,4452	2,2460
25	0,4226	0,9063	0,4663	2,1445
26	0,4384	0,8988	0,4877	2,0503
28	0,4695	0,8830	0,5317	1,8807
30	0,5000	0,8660	0,5774	1,7321
32	0,5299	0,8481	0,6249	1,6003
35	0,5736	0,8192	0,7002	1,4282
36	0,5878	0,8090	0,7265	1,3764
38	0,6157	0,7880	0,7813	1,2799
40	0,6428	0,7660	0,8391	1,1918
42	0,6691	0,7431	0,9004	1,1106
45	0,7071	0,7071	1,0000	1,0000
48	0,7431	0,6691	1,1106	0,9004
50	0,7660	0,6428	1,1918	0,8391
52	0,7880	0,6157	1,2799	0,7813
54	0,8090	0,5878	1,3764	0,7265
55	0,8192	0,5736	1,4281	0,7002
60	0,8660	0,5000	1,7321	0,5774
62	0,8830	0,4695	1,8807	0,5317
65	0,9063	0,4226	2,1445	0,4663
70	0,9397	0,3420	2,7475	0,3640
75	0,9659	0,2588	3,7321	0,2679
80	0,9848	0,1736	5,671	0,1763
85	0,9962	0,0872	11,43	0,0875
90	1,0000	0,0000	343,8	0,0000

Геометрические характеристики плоских сечений

Форма поперечного сечения	Осевой момент инерции - $J = [\text{см}^4]$	Момент сопротивления - $W = [\text{см}^3]$
<p>ПРЯМОУГОЛЬНИК</p> 	$J_x = \frac{bh^3}{12}, J_y = \frac{hb^3}{12};$ $J_{x1} = \frac{bh^3}{3}, J_{y1} = \frac{b^3h}{3}$	$W_x = \frac{bh^2}{6};$ $W_y = \frac{hb^2}{6}$
<p>РАВНОБЕДРЕННЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК</p> 	$J_x = \frac{bh^3}{36}; J_y = \frac{hb^3}{48};$ $J_{x1} = \frac{bh^3}{12}$	$W_x = \frac{bh^2}{24};$ $W_y = \frac{hb^2}{12}$
<p>КРУГ</p> 	$J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64};$ $J_\rho = 2J_x = \frac{\pi d^4}{32}$	$W_x = W_y = \frac{\pi d^3}{32};$ $W_\rho = \frac{\pi d^3}{16}$
<p>КОЛЬЦО</p> 	$J_x = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4);$ $J_\rho = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$	$W_x = \frac{\pi}{32} (D^3 - d^3);$ $W_\rho = \frac{\pi}{16} (D^3 - d^3)$

**Расчеты на прочность и жесткость элементов
конструкций с круглым сечением**

Вид расчета	Проектны	Расчет	Проверочны
Вид нагружения	й	допустимой нагрузки	й
<p>Растяжение</p> 	$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi [\sigma_p]}}$	$[F] \leq \frac{\pi d^2}{4} [\sigma_p]$	$\sigma_p = \frac{4F}{\pi d^2} \leq [\sigma_p]$
<p>Срез</p> 	$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi i z [\tau_{cp}]}}$	$[F] \leq \frac{\pi d^2}{4} i z [\tau_{cp}]$	$\tau_{cp} = \frac{4F}{\pi d^2 i z} \leq [\tau_{cp}]$
<p>Смятие</p>	$d \geq \frac{F}{z \delta [\sigma_{cm}]}$	$[F] \leq d \delta z [\sigma_{cm}]$	$\sigma_{cm} = \frac{F}{d \delta z} \leq [\sigma_{cm}]$
<p>где i — число плоскостей среза данного элемента; z — число элементов в данном соединении</p>			
<p>Кручение</p> 	$d \geq \sqrt[3]{\frac{P \cdot 10^6}{0,2 \omega [\tau_{kp}]}}$	$[P] \leq \frac{0,2 d^3 \omega}{10^6} [\tau_{kp}]$	$\tau_{kp} = \frac{P \cdot 10^6}{0,2 d^3 \omega} \leq [\tau_{kp}]$
	$d \geq \sqrt[4]{\frac{P \cdot 10^6}{0,1 G \omega [\varphi_0]}}$	$[P] \leq \frac{0,1 d^4 G \omega}{10^6} [\varphi_0]$	$\varphi_0 = \frac{P \cdot 10^6}{0,1 d^4 G \omega} \leq [\varphi_0]$
<p>Изгиб</p> 	$d \geq \sqrt[3]{\frac{F \cdot l}{0,2 [\sigma_u]}}$	$[F] \leq \frac{0,2 d^3}{l} [\sigma_u]$	$\sigma_u = \frac{F \cdot l}{0,2 d^3} \leq [\sigma_u]$

**Сталь прокатная угловая
равнополочная. ГОСТ 8509-86**

Обозначения:

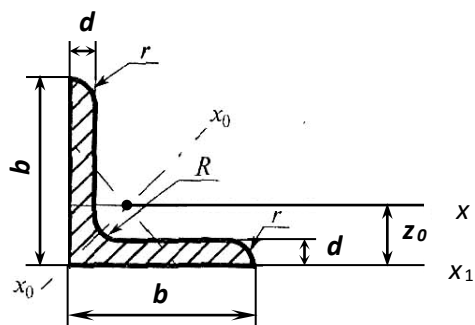
b — ширина полки; d — толщина полки;

J — момент инерции; i — радиус инерции;

W — момент сопротивления;

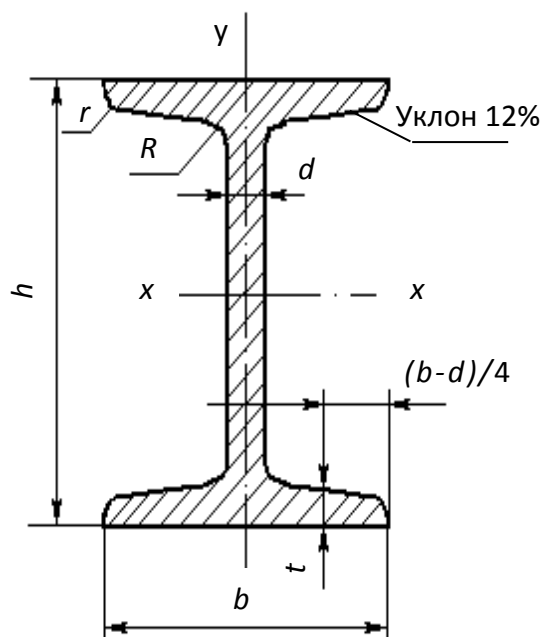
z_0 — расстояние от центра тяжести

до наружной грани полки; A — площадь уголка



Номер уголка	Размеры		Площадь профиля	Справочные величины для осей								
	b	d		A	$x — x$			$x_0 — x_0$		$y_0 - y_0$		
			J_x		W_x	i_x	J_{x0}	i_{x0}	J_{y0}	W_{y0}	i_{y0}	
			мм		мм	см ²	см ⁴	см ⁴	см	см ⁴	см ⁴	см ⁴
2,5	25	3	1,43	0,81	0,46	0,75	1,29	0,95	0,34	0,33	0,49	0,73
		4	1,86	1,03	0,59	0,74	1,62	0,93	0,44	0,41	0,48	0,76
3,0	30	3	1,74	1,45	0,67	0,91	2,30	1,15	0,60	0,53	0,59	0,85
		4	2,27	1,84	0,37	0,80	2,92	1,13	0,77	0,61	0,58	0,89
3,2	32	3	1,86	1,77	0,77	0,97	280	1,23	0,74	0,59	0,63	0,89
		4	2,43	2,26	1,00	0,96	3,58	1,21	0,94	0,71	0,62	0,94
3,5	35	3	2,04	2,35	0,93	1,07	3,72	1,35	0,97	0,71	0,69	0,97
		4	2,17	3,01	1,21	1,06	4,76	1,33	1,25	0,88	0,68	1,01
		5	3,28	3,61	1,47	1,05	5,71	1,32	1,52	1,02	0,68	1,05
4,0	40	3	2,35	3,55	1,22	1,23	5,63	1,55	1,47	0,95	0,79	1,09
		4	3,08	4,58	1,60	1,22	7,26	1,53	1,90	1,19	0,78	1,13
		5	3,79	5,53	1,95	1,21	8,75	1,52	2,30	1,39	0,78	1,17
4,5	45	3	2,65	5,13	1,56	1,39	8,13	1,75	2,12	1,24	0,89	1,21
		4	3,48	6,63	2,04	1,38	10,52	1,74	2,74	1,54	0,89	1,26
		5	4,29	8,03	2,51	1,37	12,74	1,72	3,33	1,81	0,88	1,30
5,0	50	3	2,96	7,11	1,94	1,55	11,27	1,95	2,95	1,57	1,00	1,33
		4	3,89	9,21	2,54	1,54	14,63	1,94	3,80	1,95	0,99	1,38
		5	4,80	11,20	3,13	1,53	17,77	1,92	4,63	2,30	0,98	1,42
		6	5,69	13,07	3,69	1,52	20,72	1,91	5,43	2,63	0,98	1,46
5,6	56	4	4,38	13,10	3,21	1,73	20,79	2,18	5,41	2,52	1,11	1,52
		5	5,41	15,97	3,96	1,72	25,36	2,16	6,59	2,97	1,10	1,57
6,0	60	4	4,72	16,21	3,70	1,85	25,69	2,33	6,72	2,93	1,19	1,62
		5	5,83	19,79	4,56	1,84	31,40	2,32	8,18	3,49	1,18	1,66
		6	6,92	23,21	5,40	1,83	36,81	2,31	9,60	3,99	1,18	1,70
		8	9,40	29,55	7,00	1,81	46,77	2,27	12,34	4,90	1,17	1,78
		10	11,08	35,32	8,52	1,79	55,64	2,24	15,00	5,70	1,16	1,85
6,3	63	4	4,69	18,86	4,09	1,95	29,00	2,45	7,81	3,26	1,25	1,69
		5	6,13	23,10	5,05	1,94	36,80	2,44	9,52	3,87	1,25	1,74
		6	7,28	27,06	5,98	1,93	42,91	2,43	11,18	4,44	1,24	1,78

Балки двутавровые. ГОСТ 8239-89

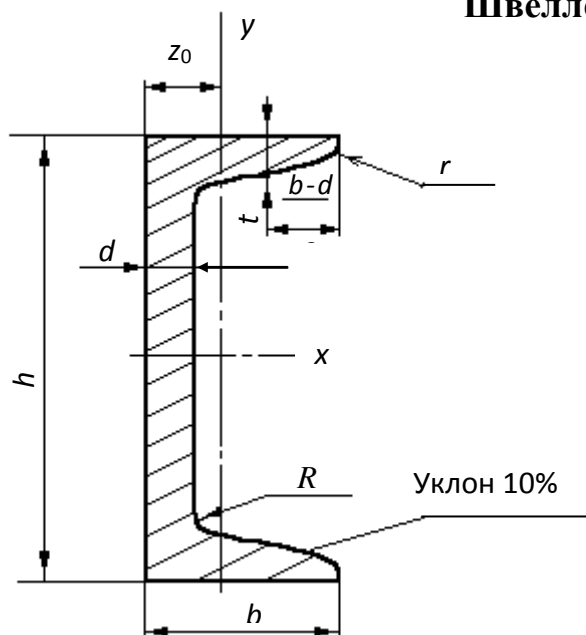


Номер балки	h	b	d	t	R	r	Площадь сечения, A	Справочные величины для осей				
								x - x			y - y	
								J_x ,	W_x ,	S_x	J_y ,	W_y ,
								мм	мм	мм	мм	мм
							см ²	см ⁴	см ³	см ³	см ⁴	см ³
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	572	81,7	46,8	41,9	11,5
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	873	109	58,6	58,6	14,5
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	1290	143	81,6	82,6	18,4
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	1840	184	104	115	23,1
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	2550	232	131	157	28,6
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	3460	289	163	198	34,5
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	5010	371	210	260	41,5
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	7080	472	268	337	49,9
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	9840	597	339	419	59,9
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	13380	743	423	516	71,1
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	19062	953	545	667	86,1
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	27696	1231	708	808	101
50	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	76806	2560	919	1725	182

Обозначения:

h — высота балки; b — ширина полки; d — толщина стенки; J - момент инерции; W - момент сопротивления; A — площадь сечения; S_x — статический момент полусечения

Швеллеры. ГОСТ 8240-89



Номер балки	h	b	d	t	R	r	Площадь сечения, A	Справочные величины для осей				
								$x-x$		$y-y$		z_0
								J_x	W_x	J_y	W_y	
								мм	мм	мм	мм	
							см ²	см ⁴	см ³	см ⁴	см ³	см
8	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	89,4	22,4	12,8	4,75	1,31
10	100	46	4,5	7,6	7	3	10,9	174	34,8	20,4	6,46	1,44
12	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	13,3	304	50,6	31,2	8,52	1,54
14	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0	15,6	491	70,2	45,4	11,0	1,67
16	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,1	547	93,4	63,3	13,8	1,80
18	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	20,7	1090	121	86,0	17,0	1,94
20	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,4	1520	152	113	20,5	2,07
22	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,7	2110	192	151	25,1	2,21
24	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,6	2900	242	208	31,6	2,42
27	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,2	4160	308	262	37,3	2,47
30	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,5	5810	387	327	43,6	2,52
33	330	105	7,0	11,7	13,0	5,0	46,5	7980	484	410	51,8	2,59
36	360	110	7,5	12,6	14	6,0	53,4	10820	601	513	61,7	2,68
40	400	115	8,0	13,5	15,0	6,0	61,5	15220	761	642	73,4	2,75

Обозначения:

h — высота швеллера; b — ширина полки; d — толщина стенки;

J - момент инерции; W - момент сопротивления; A — площадь сечения;

z_0 — расстояние от оси $y-y$ до наружной грани стенки.